

ESTIMATION OF ALTERNATIVE WALL INSULATING SOLUTIONS USING THE METHOD OF TECHNOLOGICAL NETWORK MODEL "CUTTING OUT" JUNCTIONS

R. Janušaitis

To cite this article: R. Janušaitis (1998) ESTIMATION OF ALTERNATIVE WALL INSULATING SOLUTIONS USING THE METHOD OF TECHNOLOGICAL NETWORK MODEL "CUTTING OUT" JUNCTIONS, *Statyba*, 4:2, 161-170, DOI: [10.1080/13921525.1998.10531397](https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531397)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531397>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 44



Citing articles: 1 View citing articles [↗](#)

SIENŲ ŠILTINIMO ALTERNATYVIŲ SPRENDIMŲ ĮVERTINIMAS, TAIKANT TECHNOLOGINIO TINKLINIO MODELIO MAZGŲ "IŠPJOVIMO" METODĄ

R. Janušaitis

1. Įvadas

Vakarų Europos šalyse ir kitur pastatytų gyvenamųjų namų sienos ir kitos atitvarinės konstrukcijos jau apie 20 metų papildomai šiltinamos, vykdant pastatų šiluminės renovacijos darbus [1, 2, 3]. Pastatų sienų šiltinimas yra kompleksinis technologinis procesas, susidedantis iš atskirų dalinių procesų, kuriuos nulemia darbo objekto charakteristikos, naudojamos medžiagos ir gaminiai, darbų vykdymo metodai, mechanizavimo priemonės, darbininkų kvalifikacija, lėšos, informacinė bazė ir kt.

Šiuo metu Lietuvoje statybos bei projektavimo firmos siūlo taikyti įvairias sienų šiltinimo technologines sistemas, atskiras sienų šiltinimo konstrukcijas bei darbų vykdymo technologijas, neatsižvelgiant į daugumą veiksnių, lemiančių efektyvaus sienų šiltinimo sprendimo pasirinkimą [4]. Vykdant pastatytų gyvenamųjų namų šiluminę renovaciją taikomi projektavimo metodai neatitinka visų efektyviems sprendimams keliamų reikalavimų. Vienas iš pagrindinių trūkumų — sprendimai priimami vienareikšmiškai, neatliekamas sienų šiltinimo technologinis modeliavimas ir sprendimų kompleksinis įvertinimas. Sprendžiant šiuos uždavinius, tikslinga atlikti atskirų procesų, sprendimų ir viso pastato egzistavimo proceso sistemotechninę analizę, siekiant maksimaliai suderinti visų suinteresuotų grupių (užsakovo, projektuotojo, rangovo) tikslus [5, 6].

Vertinant sienų šiltinimo alternatyvius sprendimus siūloma taikyti technologinio tinklinio modelio mazgų "išpjovimo" metodą.

2. Sienų šiltinimo iš išorės technologinio tinklinio modelio charakteristika

Sienų šiltinimo iš išorės technologinio tinklinio modelio pagrindu yra nustatomi galimi kompleksinio proceso variantai ir atliekami tolesni šių variantų įvertinimo apskaičiavimai. Gyvenamųjų namų sienų

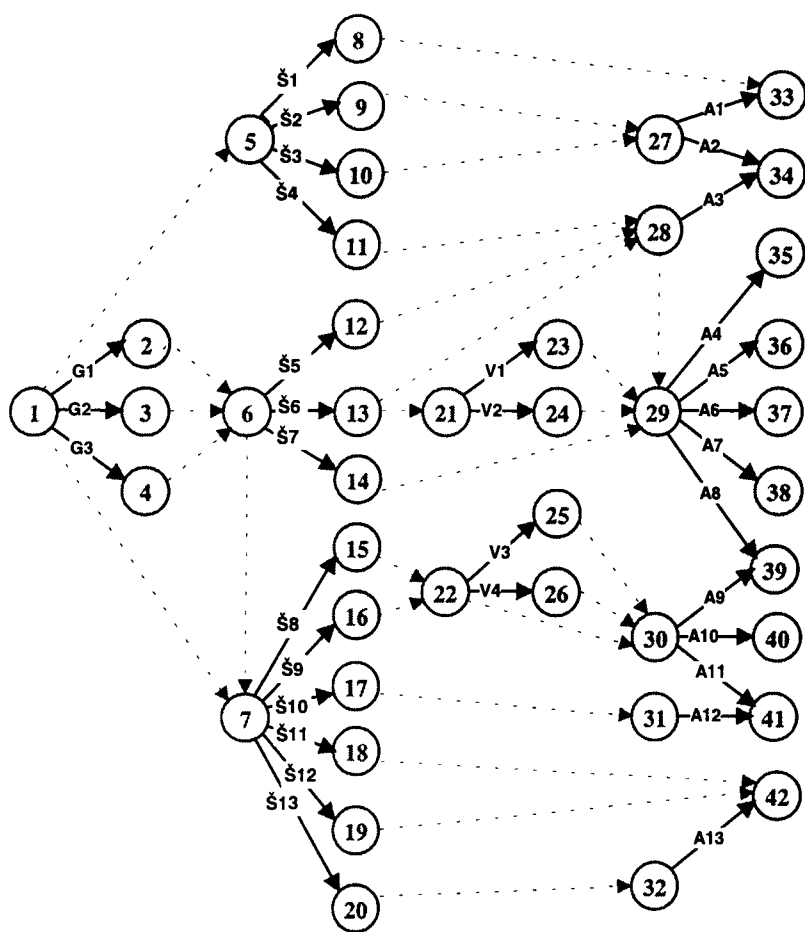
šiltinimo iš išorės sprendimų struktūrizavimo dėka yra sudarytas kompleksinio proceso technologinis tinklinis modelis (1 pav.).

Sienų šiltinimo iš išorės kompleksinio proceso TTM sudarytas iš atskirų dalinių procesų: garo izoliacijos įrengimo (G), šilumos izoliacijos įrengimo (Š), vėjo izoliacijos įrengimo (V) ir apdailos įrengimo (A). Iš 1 paveikslą matyti, kad kiekvienas sienų šiltinimo dalinis procesas gali būti įvairių variantų. Pavyzdžiui, garo izoliacijos įrengimo procesą (G) galima atlikti šiais variantais:

1. Garo izoliacijos įrengimas klijuojant rulonines medžiagas prie izoliuojamojo paviršiaus.
2. Garo izoliacijos įrengimas tinkuojant specialiu skiediniu.
3. Garo izoliacijos įrengimas naudojant mastikas.

Pirmojo varianto atveju taikomas klijavimo metodas, antrojo varianto atveju — tinkavimo metodas ir trečiojo — užpurškimo metodas. Visais trimis variantais taikomi skirtingi darbų atlikimo metodai, naudojamos skirtingos izoliuojamosios medžiagos. Sienų šiltinimo kompleksinio proceso technologinis tinklinis modelis yra sudarytas iš įvairių dalinių procesų derinių. Todėl šis modelis parodo alternatyvius gyvenamųjų namų sienų šiltinimo sprendimus.

Technologiniame tinkliniame modelyje pavaizduoti alternatyvių sprendimų mazgai (1, 5, 6, 7 ir kt.), nevariantiniai mazgai (2, 3, 4, 8 ir kt.) ir technologiniai variantai (G1, G2, G3, Š1, Š2, Š3 ir kt.). Alternatyvių sprendimų mazgai — tai tokie mazgai, į kuriuos įeina arba išeina vieno bet kurio dalinio proceso ne mažiau kaip du variantai arba priklausomybės. Šiuo atveju laikomasi sąlygos, kad nagrinėjami variantai yra tarpusavyje nepriklausomi. Optimalus sprendimas gali būti nustatytas taikant daugiakriterinio įvertinimo metodus [5]. Šie metodai numato formalizuotą galutinio efektyvaus sprendimo atrinkimo algoritmą.



1 pav. Sienų šiltinimo iš išorės kompleksinio proceso technologinis tinklinis modelis (TTM)
 Fig 1. Technological network model of wall insulation from outside complex process (TTM)

Tačiau optimizuojant sprendimus tikslinga analizuoti tarpinių sprendimų efektyvumą ir jų įtaką galutiniam rezultatui. Todėl autorius siūlo taikyti technologinio tinklinio modelio mazgų "išpjovimo" metodą.

1 paveiksle yra naudojami tokie sutartiniai žymėjimai:

- ①, ⑥ — tinklinio modelio mazgai (įvykiai);
-→ — priklausomybės (fiktyvus darbas);
- G1→ — technologiniai dalinių procesų variantai.
- Š6→

3. Mazgų "išpjovimo" metodas

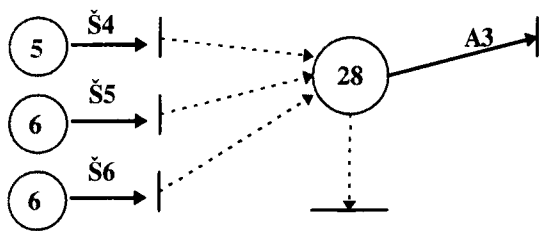
Mazgų "išpjovimo" metodo esmė:

- sienų šiltinimo technologiniame tinkliniame modelyje santykinai "išpjauamas" tam tikras alternatyvių sprendimų mazgas, į kurį įeina vieno

bet kurio dalinio proceso ne mažiau kaip du galimi atlikimo variantai;

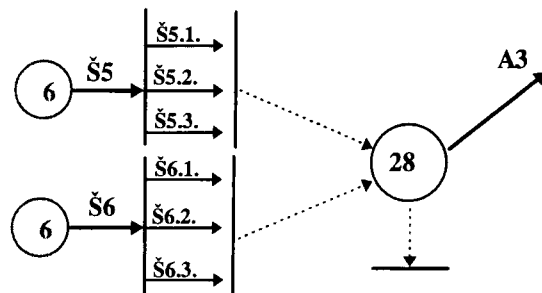
- nustatomi šiam mazgui priklausantys lyginamieji dalinių procesų variantai;
- atliekamas daugiakriterinis lyginamųjų variantų įvertinimas;
- neracionalūs variantai atmetami iš tolesnių apskaičiavimų, kurie eina už "išpjauto" mazgo;
- tolesniems apskaičiavimams atrenkamas efektyviausias nagrinėjamo mazgo sprendimas.

Taikant šį metodą buvo atlikti praktiniai apskaičiavimai, nustatant pastatyto gyvenamojo namo sienų šiltinimo iš išorės įvairių technologinių sprendimų efektyvumą. Buvo išnagrinėti 8 variantiniai mazgai (1 pav., mazgai: 6, 7, 22, 27, 28, 29, 30, 42). Pavyzdžiui, 2 paveiksle pateiktas santykinai "išpjautas" 28 mazgas. Taikant mazgų "išpjovimo" metodą gali būti lyginami tik Š5 ir Š6 variantai, nes jie išeina iš to paties 6-jo mazgo. Š4 variantas išeina iš 5-jo mazgo, todėl negali



2 pav. Santykinai išpjauto iš technologinio tinklinio modelio 28 mazgo schema

Fig 2. The scheme of 28 junctions cut out from technological network model



3 pav. 28 mazgo lyginamųjų dalinių procesų variantai

Fig 3. Comparable partial process variants of 28 junctions

Variantinio mazgo žymėjimas	Tiksłai					
	x_1	x_2	...	x_j	...	x_n
Lyginamieji variantai	Kriterijai					
	x_1	x_2	...	x_j	...	x_n
a_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
a_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2n}
...
a_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{in}
...
a_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mj}	...	x_{mn}

4 pav. Galimų alternatyvių sprendimų matrica P

Fig 4. Matrix P of possible alternative decisions

būti lyginamas su jau minėtais dalinių procesų variantais. Lyginamieji dalinių procesų sprendimai Š5 ir Š6 gali būti papildyti didesniu variantų skaičiumi, įvertinant kitas proceso atlikimo galimybes, pavyzdžiui: naudojant įvairias medžiagas, mechanizavimo priemones, darbų organizavimo metodus ir kt. (3 pav.). Taigi 28-asis mazgas yra papildytas Š5.1, Š5.2, Š5.3, Š6.1, Š6.2 ir Š6.3 dalinių procesų variantais.

Daugiakriterinis "išpjauto" mazgo lyginamųjų variantų įvertinimas atliekamas naudojant galimų alternatyvių sprendimų matricą. Tokia matrica P pavaizduota 4 paveiksle.

Kiekvienas a_i variantas yra tam tikra konkretaus varianto realizavimo pasekmių aibė. Šiuos variantus apibūdina rezultatų vektorius $a_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}]$. Normalizavus galimų alternatyvių sprendimų matricą, diskretinio išrinkimo uždavinys tampa įvairių variantų

įvertinimo vektorių palyginimu. Tam tikslui taikomi sprendimų daugiakriterinio įvertinimo metodai [5].

Išsprendus technologinio tinklinio modelio variantinius mazgus, surandami racionalūs sienų šiltinimo dalinių procesų variantai. Galiausiai suformuojami kompleksinio šiltinimo proceso variantai ir daugiakriterinis sprendimų įvertinimas analogiškai kartojamas.

4. Mazgų "išpjovimo" metodo praktinis taikymas įvertinant sienų šiltinimo alternatyvius sprendimus

Sienų šiltinimo alternatyvių sprendimų vertinimui pasirinktas tipinis penkių aukštų stambiaplėkštis gyvenamasis namas. Pagal Lietuvos Respublikos Statybos ir urbanistikos ministerijos priimtą sprendimą (1994 11 11 Nr. 2-25-1458 "Dėl gyvenamųjų namų, butų renovacijos ir šiltinimo darbų, finansuojamų

kredito fondo lėšomis, prioritetų nustatymo“) pirmenybė teikiama būtent tokio tipo gyvenamiesiems namams. Todėl, yra aktualu atlikti šių objektų sienų šiltinimo sprendimų įvertinimą.

Taikant galiojančių Lietuvoje normų RSN 143-92 reikalavimus, visiems sienų šiltinimo sprendimams apskaičiuoti sienų šiluminė varža buvo paimta $R_{sk(b)} = 3,33 \text{ (m}^2\text{K)/W}$. Nagrinėjamo objekto sienų šiluminė varža yra $R_e = 0,72 \text{ (m}^2\text{K)/W}$. Sienų šiltinimo termoizoliacinės medžiagos sluoksnio storis nustatomas pagal formulę:

$$\delta = \Delta R \cdot \lambda, \quad (1)$$

čia δ - termoizoliacinės medžiagos sluoksnio storis, m;

ΔR - reikalinga sienos papildoma šiluminė varža, $(\text{m}^2\text{K)/W}$;

λ - skaičiuojamasis termoizoliacinės medžiagos šilumos laidumo koeficientas, W/(mK) .

Stambiaplokščio gyvenamojo namo aukštis - $H = 14,2 \text{ m}$. Šilumos izoliacijos ir apdailos įrengimo būdų taikymo sritys pateiktos 1 lentelėje.

Taikant technologinio tinklinio modelio mazgų „išpjovimo“ metodą, buvo sudarytos nagrinėjamų mazgų schemos ir nustatyti palyginamieji sienų šiltinimo dalinių procesų variantai (2 lentelė).

Iš 2 lentelės matyti, kad 27, 29 ir 30 mazguose yra galimi du dalinių procesų variantų palyginimo atvejai. Pirmuoju atveju lyginami įeinantys į nurodytus mazgus variantai, o antruoju atveju - išeinantys iš šių mazgų apdailos įrengimo dalinio proceso variantai, kurie yra baigiamieji kompleksinio sienų šiltinimo proceso darbai. Palyginamųjų dalinių procesų variantų pradiniai įvertinimo duomenys pateikiami 3 lentelėje.

Garų izoliacijos įrengimo variantų palyginimui buvo nagrinėjamas papildomas vertinimo kriterijus R_g , kuris apibūdinamas kaip garams nelaidaus, plono izoliacinio sluoksnio garinės varžos parametras (4 lentelė).

Visų mazgų (4 lentelė) alternatyvių sprendimų vertinimui buvo taikomi žaidimų teorijos ir artumo idealiajam taškui metodai. Taikant žaidimų teoriją, sprendimų efektyvumas priklauso nuo pasirinktos optimizavimo strategijos. Optimali strategija (S_1^*) gali būti nustatoma:

a) pagal *Valdo* kriterijų :

$$K_u^{(1)} = S_1^* = \left\{ S_{1i} / S_{1i} \in S_1 \cap \max_i \min_j \bar{u}_{ij} \right\},$$

1 lentelė. Šilumos izoliacijos ir apdailos įrengimo būdų taikymo sritys

Table 1. Application area of the equipment ways for the heat isolation and decoration

Varianto kodas	Trumpas varianto apibūdinimas	Taikymo sritys
Š1	- mechanizuotai įpurškiant izoliacinę medžiagą „šlapiu“ būdu į oro tarpą	Taikoma pastatams, kurių išorinių sienų konstrukcijoje yra paliktas oro tarpas
Š7	- tik klijuojant izoliacines plokštes prie izoliuojamojo paviršiaus	Taikoma pastatams, kurių $H < 8 \text{ m}$
Š9	- įrengiant medinį karkasą ir mechanizuotai įpurškiant „šlapiu“ būdu izoliacinę medžiagą į karkaso vidų	Taikoma pastatams, kurių $H < 8 \text{ m}$
Š10	- įrengiant karkasą iš cinkuotos skardos elementų ir mechaniškai tvirtinant izoliacines plokštes	Taikoma pastatams, kurių $H < 8 \text{ m}$
Š11	- lygiagrečiai montuojant apdailos terminius blokus ir karkasą iš aliuminio specialių profilių	Netaikoma pastatams, kurių $H > 20 \text{ m}$
A2	- tinkuojant ant metalinio tinklo 38-40 mm storio „šiltu“ tinku ir dažant fasadiniais dažais	Netaikoma pastatams, kurių $H > 20 \text{ m}$
A3	- mūrijant pusės plytos sienutę iš apdailos plytų ir sudedant inkarinius kaiščius-pleištus	Gali būti taikoma pastatams iki 20 m aukščio, tačiau apskaičiavimais reikia patikrinti konstrukcinius sprendimus
A7	- klijuojant su mastika apdailos keramines (plastikines) plyteles	Netaikoma pastatams, kurių $H > 20 \text{ m}$
A9	- tvirtinant užleidžiamas medines dailylentes prie medinio karkaso ir dažant specialiais dažais	Taikoma pastatams, kurių $H < 8 \text{ m}$
A10	- tvirtinant užleidžiamas plastikines (PVC) dailylentes prie medinio karkaso	Taikoma pastatams, kurių $H < 8 \text{ m}$
A12	- užkabinant ant metalinio karkaso betonines plyteles ir užtaisant siūles mastika	Taikoma pastatams, kurių $H < 8 \text{ m}$

2 lentelė. Nagrinėjimų mazgų schemas ir palyginamieji dalinių procesų variantai

Table 2. Schemes of the examining knots and comparable variants of partial processes

Nagrinėjami mazgai ir jų schemas	Palyginamieji dalinių procesų variantai	Nagrinėjami mazgai ir jų schemas	Palyginamieji dalinių procesų variantai
<p>6</p>	<p>G2.1. G2.2. G3.1. G3.2.</p>	<p>28</p>	<p>Š5.1. Š5.2. Š5.3. Š6.1. Š6.2. Š6.3.</p>
<p>27</p>	<p>1) atveju : Š2.1. , Š2.2. , Š2.3. , Š3.1. , Š3.2. 2) atveju : A1 ; A2</p>	<p>30</p>	<p>1) atveju : V3.1. , V3.2. , V4.1. , V4.2. , V4.3. 2) atveju : A11.1. , A11.2.</p>
<p>22</p>	<p>Š8.1. Š8.2.</p>	<p>42</p>	<p>Š11 Š12.1. Š12.2.</p>
<p>29</p>	<p>1) atveju : V2.1. , V2.2. 2) atveju : A4 , A5 , A6 , A7 , A8.1. , A8.2.</p>	<p>32</p>	<p>1) atveju : Š13.1. , Š13.2. , Š13.3. 2) atveju : A13.1. , A13.2.</p>
		<p>11</p>	<p>Š4.1. Š4.2.</p>

b) pagal Sevidžo kriterijų :

$$K_u^{(2)} = S_1^* = \left\{ S_{1i} / S_{1i} \in S_1 \cap \min_i \max_j c_{ij} \cap c_{ij} = \max_i \bar{u}_{ij} - \bar{u}_{ij} \right\}, \quad (3)$$

c) pagal Gurvico rizikos faktorių :

$$K_u^{(3)} = S_1^* = \left\{ S_{1i} / S_{1i} \in S_1 \cap \max_i h_i \cap h_i = e \min_j \bar{u}_{ij} + (1-e) \max_j \bar{u}_{ij} \cap 0 \leq e \leq 1 \right\}, \quad (4)$$

kur $\forall ij; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$, o $e = 0$ - didžiausia rizika ; $e = 1$ - be rizikos.

Pradiniai įvertinimo duomenys užrašomi matricos pavidalu. Pavyzdžiui, 6 mazgo alternatyvių sprendimų matrica **P** užrašoma taip :

$$P = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \\ \begin{matrix} (G2.1.)_1 \\ (G2.2.)_2 \\ (G3.1.)_3 \\ (G3.2.)_4 \end{matrix} & \left| \begin{matrix} 8,77 & 0,30 & 6,67 & 3,35 & 0,11 \\ 8,63 & 0,30 & 6,67 & 3,35 & 0,11 \\ 9,91 & 0,10 & 10,0 & 3,40 & 0,60 \\ 10,67 & 0,10 & 10,0 & 3,40 & 1,00 \end{matrix} \right. \end{matrix}$$

kur x_1, x_2 - vertinimo kriterijai, kurių rodikliai mažinami iki minimalaus lygio;
 x_3, x_4, x_5 - vertinimo kriterijai, kurių rodikliai didinami iki maksimalaus lygio;
 $(G2.1.)_1, (G2.2.)_2, (G3.1.)_3, (G3.2.)_4$ - palyginamieji variantai.

Atliekant alternatyvių sprendimų vertinimą pagal (2-4) formules, **P** matrica normalizuojama pagal formules:

$$\bar{x}_{ij} = \left(\frac{x_{ij}}{x_j^*} \right)^2, \text{ kai } x_j^* = \max,$$

$$\bar{x}_{ij} = \left(\frac{x_j^*}{x_{ij}} \right)^3, \text{ kai } x_j^* = \min, \quad (5)$$

kur x_j^* - optimali kiekvieno rodiklio reikšmė.

5 lentelėje yra pateikti alternatyvių sprendimų įvertinimo rezultatai, taikant žaidimų teoriją.

Iš 5 lentelės matyti, kad 27 ir 29 mazguose yra du efektyviausi palyginamieji variantai: Š(3.1., 3.2.) ir A(8.1., 8.2.). Atlikus šių variantų įvertinimą, buvo nustatyta, kad Š3.1. variantas yra racionalesnis už Š3.2. ir A8.2. už A8.1. variantą.

Vėliau buvo sudaryti visi galimi sienų šiltinimo kompleksinio proceso variantai, priklausantys atitinkamam šio proceso deriniui. Jie pateikti 6 lentelėje.

3 lentelė. Palyginamųjų dalinių procesų variantų pradiniai įvertinimo duomenys

Table 3. Primary estimated data of the comparable variants of partial processes

Mazgo žymėjimas	Palyginamojo varianto kodas	Vertinimo kriterijai					
		Kaina, Lt/m ²	Darbo sąnaudos, žm.h/m ²	Darbu mechanizavimo lygis, %	Darbininkų kvalifikacijos laipsnis, balai	Ilgam - žiškumas, metai	Patogumas eksploatuoti, balai
6	G2.1.	8,77	0,30	6,67	3,35	-	-
	G2.2.	8,63	0,30	6,67	3,35	-	-
	G3.1.	9,91	0,10	10,00	3,40	-	-
	G3.2.	10,67	0,10	10,00	3,40	-	-
28	Š5.1.	52,83	0,46	73,91	3,40	-	-
	Š5.2.	55,19	0,50	76,00	3,40	-	-
	Š5.3.	45,37	0,42	71,43	3,40	-	-
	Š6.1.	84,10	0,76	50,00	3,40	-	-
	Š6.2.	88,36	0,80	52,50	3,40	-	-
	Š6.3.	78,53	0,72	47,22	3,40	-	-
27	Š2.1.	129,14	2,24	20,09	3,80	-	-
	Š2.2.	133,33	2,28	21,49	3,80	-	-
	Š2.3.	124,09	2,20	18,64	3,80	-	-
	Š3.1.	70,74	0,64	82,81	3,40	-	-
	Š3.2.	72,92	0,64	82,81	3,40	-	-
	A1	44,53	1,70	2,94	3,46	35	7
A2	57,30	2,20	3,18	3,46	35	7	
30	V3.1.	6,32	0,09	44,44	3,40	-	-
	V3.2.	6,41	0,09	44,44	3,40	-	-
	V4.1.	10,02	0,15	6,67	3,40	-	-
	V4.2.	12,84	0,35	8,57	3,40	-	-
	V4.3.	14,18	0,35	14,29	3,40	-	-
	A11.1.	165,75	0,25	4,00	3,40	35	8
A11.2.	119,69	0,25	4,00	3,40	35	8	
22	Š8.1.	92,93	0,88	31,82	3,40	-	-
	Š8.2.	67,11	0,56	35,71	3,40	-	-
42	Š11	248,26	2,70	7,41	3,40	35	9
	Š12.1.	139,50	1,54	21,43	3,40	35	9
	Š12.2.	154,51	1,50	20,00	3,40	35	9
29	V2.1.	30,57	0,35	57,14	3,40	-	-
	V2.2.	26,35	0,38	60,53	3,40	-	-
	A4	38,61	0,86	3,49	3,46	35	7
	A5	56,92	0,70	4,29	3,35	30	8
	A6	58,03	0,88	3,41	4,49	30	8
	A7	71,77	1,00	2,00	3,46	30	8
	A8.1.	30,11	0,36	41,67	3,80	25	8
	A8.2.	28,83	0,32	46,88	3,80	25	8
32	Š13.1.	165,65	3,00	17,67	3,40	-	-
	Š13.2.	157,84	2,86	17,13	3,40	-	-
	Š13.3.	146,78	2,82	15,96	3,40	-	-
	A13.1.	122,94	0,20	10,0	3,40	35	8
	A13.2.	154,10	0,20	10,0	3,40	35	8
11	Š4.1.	51,16	0,44	79,55	3,40	-	-
	Š4.2.	53,34	0,44	79,55	3,40	-	-

4 lentelė. Garams nelaidžių, plonų izoliacinių sluoksnių R_g reikšmės (RSN 143-92)

Table 4. R_g meanings of the thin isolation laminars, which are not conductible to steam

Varianto kodas	Įrengiamos garo izoliacijos varianto apibūdinimas	Sluoksniu storis, mm	Garinė varža R_g , $m^2 h Pa / mg$
G2.1.	- tinkuojant cementiniu skiediniu (1 : 3)	10 - 12	0,11
G2.2.	- tinkuojant sudėtinu skiediniu (1 : 0,3 : 5)	10 - 12	0,11
Garo izoliacijos įrengimas:			
G3.1.	- užpurškiant izolinę mastiką	2 - 3	0,60
G3.2.	- užpurškiant bitumo kukersolinę mastiką	2 - 3	1,00

5 lentelė. Dalinių procesų variantų įvertinimo rezultatai

Table 5. Results of estimation of the variants of partial processes

Mazgo žymėjimas	Palyginamieji dalinių procesų variantai	Variantų optimalumo reikšmės pagal:			Racionalūs variantai
		Valdo kriterijų	Sevidžo kriterijų	Gurvico rizikos faktorių	
6	G2.1.	0,012	0,998	0,491	G3.2.
	G2.2.	0,012	0,988	0,506	
	G3.1.	0,360	0,640	0,680	
	G3.2.	0,529	0,471	0,765	
28	Š5.1.	0,633	0,367	0,817	Š5.3.
	Š5.2.	0,556	0,444	0,778	
	Š5.3.	0,883	0,117	0,942	
	Š6.1.	0,157	0,843	0,579	
	Š6.2.	0,135	0,865	0,568	
	Š6.3.	0,193	0,807	0,596	
27	Š2.1.	0,023	0,977	0,512	Š3.1.
	Š2.2.	0,022	0,978	0,511	
	Š2.3.	0,025	0,975	0,512	Š3.2.
	Š3.1.	0,801	0,199	0,900	A1
	Š3.2.	0,801	0,199	0,900	
	A1	0,855	0,145	0,927	
A2	0,461	0,539	0,731		
30	V3.1.	1	0	1	V3.1.
	V3.2.	0,958	0,042	0,979	
	V4.1.	0,023	0,977	0,511	
	V4.2.	0,017	0,983	0,509	
	V4.3.	0,017	0,983	0,509	
	A11.1.	0,377	0,623	0,688	A11.2.
A11.2.	1	0	1		
22	Š8.1.	0,258	0,742	0,629	Š8.2.
	Š8.2.	1	0	1	
42	Š11	0,120	0,880	0,560	Š12.1.
	Š12.1.	0,924	0,076	0,962	
	Š12.2.	0,736	0,264	0,868	
29	V2.1.	0,640	0,360	0,820	V2.2.
	V2.2.	0,781	0,219	0,891	
	A4	0,006	0,994	0,503	A8.1.
	A5	0,008	0,992	0,504	
	A6	0,005	0,995	0,503	
	A7	0,002	0,998	0,501	
	A8.1.	0,510	0,490	0,755	
	A8.2.	0,510	0,490	0,755	
32	Š13.1.	0,696	0,304	0,848	Š13.3.
	Š13.2.	0,804	0,196	0,902	
	Š13.3.	0,816	0,184	0,908	
	A13.1.	1	0	1	A13.1.
	A13.2.	0,508	0,492	0,754	
11	Š4.1.	1	0	1	Š4.1.
	Š4.2.	0,882	0,118	0,941	

6 lentelė. Sienų šiltinimo kompleksinio proceso derinių variantai

Table 6. Variants of combination of the walls insulation complex process

Kompleksinio proceso derinių variantai	Varianto kodas	Kompleksinio proceso derinių variantai	Varianto kodas
I derinio : G3.2.→Š6.3.→V2.2.→A8.2. ; G3.2.→Š8.2.→V3.1.→A11.2.	D1.1. D1.2.	IV derinio : Š3.1.→A1 ; Š4.1.→A3 ; Š4.1.→A8.2. ; Š8.2.→A11.2. ; Š13.1.→A13.	D4.1. D4.2. D4.3. D4.4. D4.5.
II derinio : G3.2.→Š5.3.→A3 ; G3.2.→Š5.3.→A8.2. ; G3.2.→Š8.2.→A11.2. ; G3.2.→Š13.1.→A13.1.	D2.1. D2.2. D2.3. D2.4.	V derinio : Š12.1.	D5.1.
III derinio : Š8.2.→V3.1.→A11.2.	D3.1.	VI derinio : G3.2.→Š12.1.	D6.1.

7 lentelė. Kompleksinio proceso variantų pradiniai įvertinimo duomenys

Table 7. Primary estimated data of the variants of the complex process

Palyginamųjų variantų		Vertinimo kriterijai								
Eil. Nr.	Kodai	Kaina, Lt/m ²	Darbo sąnaudos, žm.h/m ²	Darbu mechanizavimo lygis, %	Darbininkų kvalifikacijos laipsnis, balais	Ilgamžiškumas, metais	Patogumas eksploatuoti, balais	Orientacinis atspirkimo laikas, metais	Patikimumas, balais	Sezoniškumas, balais
1.	D1.1.	144	1,52	48	3,60	25	8	7,08	8	7
2.	D1.2.	204	1,00	26	3,40	35	9	9,12	10	9
Kriterijų optim.		min	min	max	max	max	max	min	max	max
Geriausias rodiklis		144	1,00	48	3,60	35	9	7,08	10	9
1.	D2.1.	169	2,93	18	3,35	45	10	7,98	7	8
2.	D2.2.	85	0,84	55	3,53	25	8	4,66	7	8
3.	D2.3.	197	0,91	24	3,40	35	9	8,90	9	9
4.	D2.4.	299	3,30	17	3,40	35	9	11,73	9	9
Kriterijų optim.		min	min	max	max	max	max	min	max	max
Geriausias rodiklis		85	0,84	55	3,53	45	10	4,66	9	9
1.	D4.1.	115	2,34	25	3,43	35	7	5,95	7	9
2.	D4.2.	165	2,85	20	3,32	45	10	7,84	7	9
3.	D4.3.	80	0,76	66	3,60	25	8	4,43	7	9
4.	D4.4.	187	0,81	26	3,40	35	9	8,58	7	10
5.	D4.5.	289	3,20	17	3,40	35	9	11,48	7	10
Kriterijų optim.		min	min	max	max	max	max	min	max	max
Geriausias rodiklis		80	0,76	66	3,60	45	10	4,43	7	10

8 lentelė. Kompleksinio proceso variantų įvertinimo rezultatai

Table 8. Results of variants estimation of the complex process

Kompleksinio proceso palyginamųjų variantų		Variantų optimalumo reikšmės pagal :			Racionalūs variantai
Eil.Nr.	Kodai	Valdo kriterijų	Sevidžo kriterijų	Gurvico rizikos faktorių	
1.	D1.1.	0,285	0,715	0,642	D1.2.
2.	D1.2.	0,293	0,707	0,647	
1.	D2.1.	0,024	0,976	0,512	D2.2.
2.	D2.2.	0,309	0,691	0,654	
3.	D2.3.	0,080	0,920	0,540	
4.	D2.4.	0,016	0,984	0,508	
1.	D4.1.	0,034	0,966	0,517	D4.3.
2.	D4.2.	0,019	0,981	0,509	
3.	D4.3.	0,309	0,691	0,654	
4.	D4.4.	0,078	0,922	0,539	
5.	D4.5.	0,013	0,987	0,507	

9 lentelė. Sienų šiltinimo kompleksinio proceso variantų galutiniai įvertinimo rezultatai

Table 9. The final estimated results of the complex process variants of the walls insulation

Sienų šiltinimo kompleksinio proceso		Optimalumo reikšmės pagal K_{bit} kriterijų :		Variantų prioritetiškumo eilė
derinys	varianto kodas	su sąlyga, kad q_j yra lygūs	q_j nustačius pagal entropiją	
I	D1.2.	0,357888	0,195076	1 → D4.3.
II	D2.2.	0,671864	0,813962	2 → D2.2.
III	D3.1.	0,384408	0,252164	3 → D3.1.
IV	D4.3.	0,793344	0,968769	4 → D1.2.
V	D5.1.	0,305918	0,184513	5 → D5.1.
VI	D6.1.	0,262694	0,146843	6 → D6.1.

I, II ir IV kompleksinio proceso derinių variantai buvo įvertinti analogiškai, sudarant galimų alternatyvių sprendimų matricas. Pradiniai įvertinimo duomenys pateikti 7 lentelėje, visi kompleksinio proceso variantų įvertinimo rezultatai - 8 lentelėje.

Paskutiniame etape iš likusių šešių kompleksinio proceso variantų (D1.2., D2.2., D3.1., D4.3., D5.1., D6.1.) buvo išrinktas racionaliausias - D4.3. variantas. Taigi penkių aukštų stambiaplokščio gyvenamojo namo sienų šiltinimo racionalus sprendimas apibūdinamas taip: *šilumos izoliacijos įrengimas* - mechanškai tvirtinami „PARTEK“ pramoninių kompanijų grupės terminiai paketai, pagaminti iš akmens vatos su vėją izoliuojančiu sluoksniu (terminio paketo storis - 11 cm; $\lambda = 0,041$ W/(m K); $\rho_0 = 90$ kg/m³); *apdailos įrengimas* - mechanizuotu būdu užpurškiant mastiką ir trupintos keramikos grūdelius; *kaina* - 80 Lt/m²; *vidutinės darbo sąnaudos* - 0,76 žm.h/m².

Atlikus apskaičiavimus pagal žaidimų teoriją negalima nustatyti palyginamųjų variantų prioritetų. Prioritetams nustatyti buvo taikomas artumo idealiajam taškui metodas, kurį pasiūlė prof. E. K. Zavadskas [5]. Sienų šiltinimo sprendimų įvertinimas taikant šį metodą buvo atliktas tokia tvarka:

- nustatyti racionalūs dalinių procesų variantai;
- suformuoti kompleksinio proceso variantai ir išrinkti racionalūs šio proceso derinių variantai;
- atliktas galutinis kompleksinio proceso variantų įvertinimas ir nustatyti jų prioritetai.

Galutiniai sienų šiltinimo variantų įvertinimo rezultatai pateikti 9 lentelėje.

Iš pateiktų 9 lentelėje rezultatų matyti, kad racionaliausias sienų šiltinimo variantas yra D4.3. Jo optimalumo reikšmė pagal K_{bit} kriterijų yra maksimali.

Taigi taikant žaidimų teorijos ir artumo idealiajam taškui kriterijus buvo praktiškai patikrintas ir mokliškai pagrįstas sienų šiltinimo technologinių sprendimų įvertinimo mazgų „išspjovimo“ metodas.

5. Išvados

1. Technologinio tinklinio modelio mazgų „išspjovimo“ metodas papildė alternatyvių sprendimų daugia-kriterinio įvertinimo metodiką.

2. Šio metodo taikymas leidžia padidinti dalinių alternatyvių sprendimų kiekį, nustatyti tarpinių sprendimų efektyvumą, greičiau gauti bei patikrinti galutinius sprendimų įvertinimo rezultatus ir gerokai sumažinti apskaičiavimų apimtį.

3. Mazgų „išspjovimo“ metodas gali būti taikomas įvertinant pastatų šiluminės renovacijos sprendimus projektavimo stadijoje.

Literatūra

1. B. Vektaris, V. Barkauskas, R. Janušaitis ir kt. Pastatytų namų apšiltinimas. Pastatų šiluminė renovacija. Architektūros ir statybos institutas. Kaunas, 1994. 96 p.
2. V. Stankevičius, R. Pikutis. Gyvenamųjų pastatų apšiltinimas. 1 dalis. V.: Technika, 1995. 278 p.
3. R. Janušaitis. Renovuojamų pastatų sienų apšiltinimo technologija. Statyba ir architektūra, Nr. 1, 1996.
4. A. Juodis, R. Janušaitis. Darbo sąnaudos, apšiltinamų renovuojamų pastatų sienas // Konferencijos „Statyba ir architektūra“ pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 1996, p. 92 - 95.
5. E.K. Zavadskas, A. Kaklauskas. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. V.: Technika, 1996. 279 p.
6. A. Juodis, G. Viliūnas. Statybos procesų optimizavimas // Konferencijos „Statyba ir architektūra“ pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 1997, p. 152 - 156.

Įteikta 1998 06 16

ESTIMATION OF ALTERNATIVE WALL INSULATING SOLUTIONS USING THE METHOD OF TECHNOLOGICAL NETWORK MODEL "CUTTING OUT" JUNCTIONS

R. Janušaitis

S u m m a r y

The article investigates the problem of the dwelling house wall insulation of many-variant decisions estimation. At present multi-criteria evaluation methods are used. They provide the formal algorithm of the final effective selection of solution.

However, during the optimisation of the decisions it is expedient to analyse the efficiency of intermediate decisions and those influencing the final findings.

With that end in view the author suggests the multi-criteria problem of the evaluations of the variant decision using the method or technological network model of "cutting out" junctions.

The main points of this method are:

- ◆ To cut out a comparable variant junction. Comparable variant junction is such a junction that contains at least two technological process variants.
- ◆ To determine comparable partial processes to the junction.
- ◆ To carry out a multi-criteria evaluation.
- ◆ To eliminate non-rational variants from further calculations.
- ◆ To pick out the most effective decision for the junction.

From such decisions the complex process variants of wall insulation are made and multi-criteria evaluation is repeated.

This method increases the abilities to raise the number of the partial alternative decisions for establishing the effectiveness of the intermediate decisions, to receive and verify quickly final results of the decision evaluation and to decrease the amount of the calculations. "Cutting out" junction method can be used for estimating the decisions of building thermal renovation at the designing stage.