

Pētījumi par putu polistirola bloku neviendabīgumu izmantojot izejmateriālu ar dažādu granulometrisko sastāvu

Olita Medne, *Riga Technical University*, Ilo Dreijers, *Riga Technical University*,
Liga Berzina, *Riga Technical University*, Liga Berziņa – Cimdina, *Riga Technical University*

Kopsavilkums: pētīta divu dažādu veidu polistirola daļiņu granulometrija, kā arī izejmateriāla daļiņu sakārtojuma ietekme, uz lielizmēra bloku viendabīgumu. Saražoto bloku mehānisko īpašību pārmērīga neviendabība var radīt mehānisko deformāciju un defektīvu gala produktu. Saražoto lielizmēra polimēra bloku viendabību raksturoja ar spiedes spriegumu pie 10% deformācijas, tilpummasu un mikrofotogrāfiju paraugiem, kas tika ņemti no saražotajiem blokiem noteiktās vietās telpiskajā režģī.

Atslēgas vārdi: putu polistirols, neviendabīgums, granulometrija

I. IEVADS

Putu polistirols (PPS) ir viegls, stingrs, putu materiāls ar slēgtām porām. [1] Pateicoties tā zemajām izmaksām, to bieži pielieto dažādu produktu ražošanā [2]. Visbiežāk iepakojuma izgatavošanai un pateicoties tā siltumizolācijas īpašībām – enerģiju taupošās konstrukcijās. PPS ražo saskaņā ar vispārzināmu tehnoloģiju [3]: polistirola granulu (izejmateriāla) uzputošana izmantojot piesātinātu ūdens tvaiku, uzputotā materiāla kondicionēšana, lai atdalītu daļās palikušo mitrumu un gaistošo aģentu, un bloku formēšana (uzputoto granulu apstrādāšana zem spiediena ar tvaiku blokformas veidnē). Bloku formēšanas procesā kontrolē spiedienu, kas attīstās granulām cenšoties uzputoties tvaicēšanas laikā [4, 5]. Pēc bloku kondicionēšanas tos (t.i., starpproduktu) sagriež atbilstoši nepieciešamajiem izmēriem un specifikācijām.

Bloka viendabīgums pēc mehāniskajiem un strukturālajiem rādītājiem ir svarīgs rādītājs. Tas nodrošina maksimālo nepieciešamo fizikālo un mehānisko īpašību kopumu ar minimāliem izejmateriāla patēriņiem. Ražoto bloku neviendabīgums veido iekšējos spriegumus. Šo spriegumu rezultātā rodas deformācija un plāksnes izliecas, kad tās tiek grieztas no PPS bloka. Jo lielāka tilpummasa, jo lielāks parauga spiedes spriegums pie 10% deformācijas. [6]

PPS ražošana ir vairāpkāpju process un gala produkta īpašības ir atkarīgas no daudziem kvalitāti noteicošiem ražošanas tehnoloģiskiem parametriem. Viens no parametriem, kas ietekmē PPS bloka viendabīgumu ir izejmateriāla granulometriskais sastāvs. Tas ir galvenais produkta makro struktūru ietekmējošais parametrs [7]. Šis aspekts PPS ražošanā nav pietiekoši izpētīts.

Šajā darbā mēs pētām PPS neviendabīgumu izmantojot 2 dažādas izejvielas ar dažādu granulometriju.

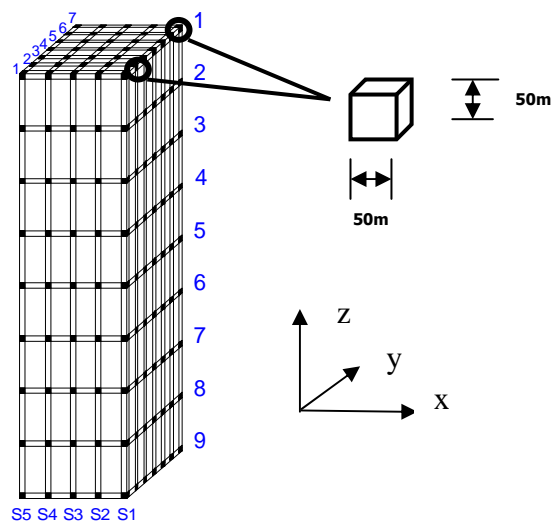
II. MATERIĀLI UN METODES

Lai spētu izprast, kā dažāda izejvielu granulometriskais sastāvs ietekmē bloka viendabīgumu visā tā tilpumā, mēs izmantojām divu veidu materiālus: izejmateriālu B (Styropor no Basf) ar putošanas aģenta pentāna saturu 4 - 5 % un izejmateriālu C (NF no StyroChem) ar pentāna saturu 6 - 7 %.

Materiālu priekšputoja nepārtrauktas darbības putotājā līdz tilpummasai 28 kg/m³.

Noteikts granulometriskais sastāvs neuzputotam PPS materiālam un uzputotai masai, izmantojot mehāniskos sietus Retsch AS 200, ar sietu acu izmēriem neuzputotai izejvielai – 0,4; 0,6; 0,71; 0,8 un 1mm, uzputotai masai – 0,8; 1; 2; 2,8 un 4 mm.

Bloku formēšana tika veikta standarta formā Kurtz [8].



1. att. Putu polistirola bloka paraugu griešanas vietas

Visiem saražotajiem blokiem izmatota viena un tā pati tvaicēšanas programma. Izgatavoti vienādas 30 kg/m³ tilpummasas bloki ar izmēriem (1000 mm x 1200 mm x 4000 mm), kas kondicionēti noteiktos apstākļos ($t = 20 \pm 5$) °C 2 dienas. Pēc tam no konkrētām vietām, lai noklātu visu PPS bloku x, y, z virzienos (1. attēls), ņemti paraugi ar izmēriem (50 x 50 x 50 mm). Tā kā spiedes spriegums pie 10 % deformācijas ir viens no putu polistirola galvenajiem kvalitātes rādītājiem [9], tad tika noteiktas paraugu spiedes vērtības (Instron /10/ automātiskā testēšanas iekārta, ar ātrumu 5 mm/s). Iegūtās vērtības ievietotas paraugu noņemšanas režģī

un iegūti grafiki, kas raksturo bloka mehānisko īpašību sadalījumu pa tilpumu.

Aprēķināta paraugu tilpummasas, izmantojot formulu (1):

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

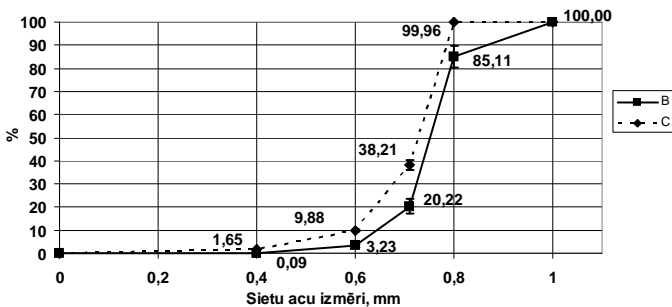
kur ρ – materiāla tilpummasa (kg/m^3);
 m – parauga masa (kg);
 V – tilpums (m^3).

Lai novērtētu PPS bloka granulu izvietojumu un sakusuma kvalitāti starp granulām, paraugus kas izgriezti no telpiskā režģa paraugiem blakus esošajām vietām blokā, pēta gaismas mikroskopā ar palielinājumu $7,11 \times 1,5$, izmantojot paraugus $1,5 \times 1,5 \times 0,8$ mm.

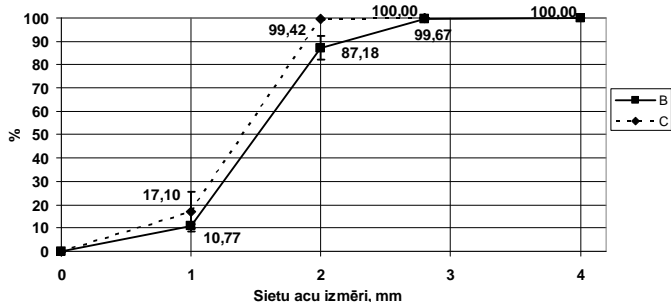
III. REZULTĀTI UN ANALĪZE

Lai putu polistirola bloka mehāniskās un termiskās īpašības būtu viendabīgas visā tā tilpumā, tas jāveido no dažāda izmēra granulām ar optimālu granulometrisko sastāvu. Lai varētu izvērtēt, kā mainās granulu tilpuma izmēru sadalījums pēc apstrādes ar tvaiku (priekšputošanā), nosaka granulometrisko sastāvu neputotām (2. attēls) un putotām (3. attēls) polistirola granulām. Zinot sākotnējo izejvielas granulometrisko sastāvu var spriest par priekšputošanas procesa rezultātu.

Vidējais diametrs visām komerciālajām granulām ir līdzīgs (0,7 – 1,0 mm materiālam B un 0,5 – 0,8 mm materiālam C). Materiālā B ir vairāk granulu ar lielākiem izmēriem, bet materiālā C ir vairāk mazāko granulu. Granulu izmēru sadalījums priekšputošanā pieaug proporcionāli (att. 2. un 3.). Tas nozīmē, ka lielākās un mazākās putu polistirola granulas uzputojas priekšputošanas stadijā līdzīgi.

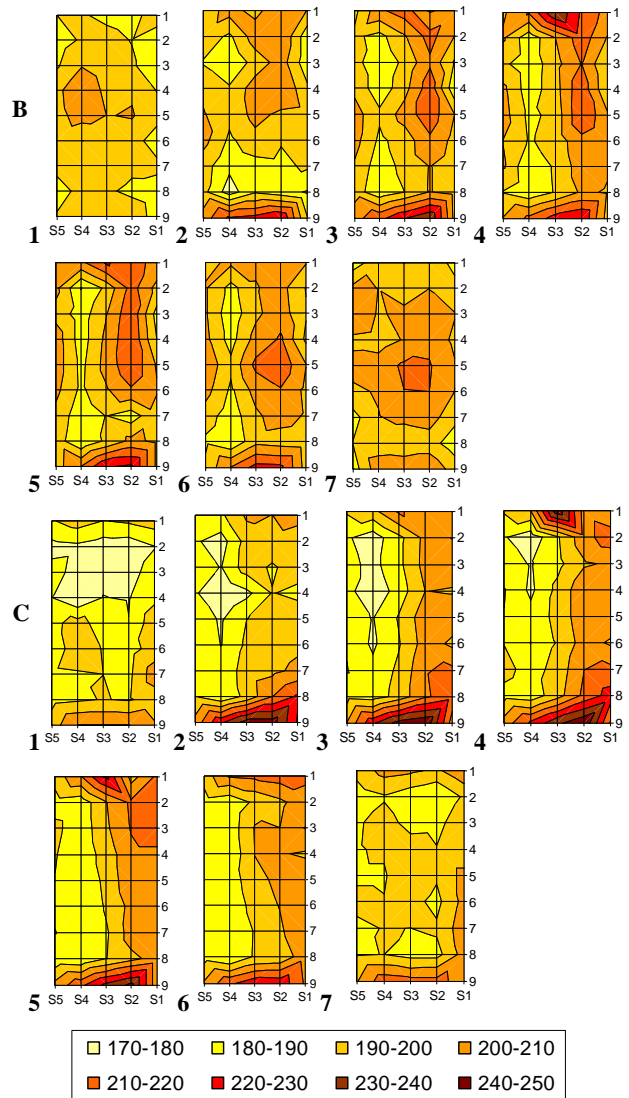


2. att. Granulometriskais sastāvs neputotām granulām B un C izejvielai



3. att. Granulometriskais sastāvs priekšputotām granulām B un C izejvielai

Spiedes spriegums pie 10 % deformācijas un tilpummasa noteikti 315 paraugiem katram blokam atbilstoši paraugu iegūšanas shēmai attēlā 1.

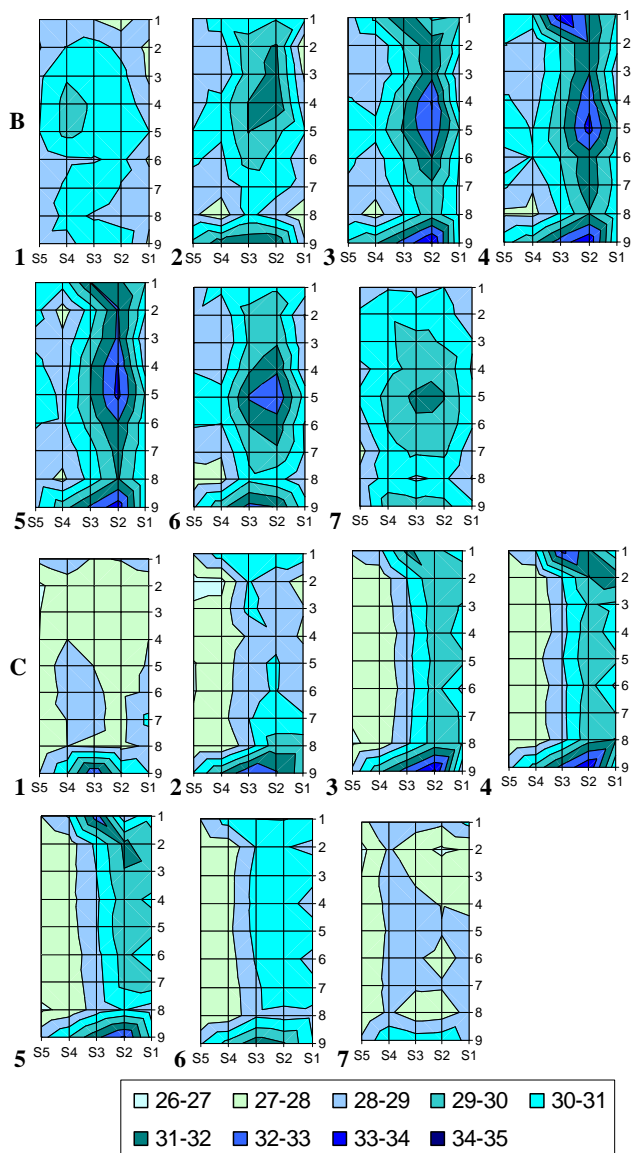


4. att. Izejvielas B un C PPS bloka spiedes sprieguma pie 10 % deformācijas (kPa) vērtību sadalījums bloka tilpumā

Izanalizēti PPS bloki ar kopējo masas starpību 5 kg, kas ražoti no izejvielas B (157,6 kg) un izejvielas C (152,5 kg). Iegūtās spiedes sprieguma pie 10% deformācijas (4.attēls) un tilpummasas (5. attēls); vērtības atspoguļotas grafiski. Rezultātā no katra PPS bloka iegūti septiņi šķēļumi, kas aptver visu bloku noteiktā attālumā vienam no otra.

Iegūtie grafiki uzskatāmā parāda, ka PPS blokus ir vērojama liela šķērsgrīzumu sekciju nevienādība. Bloki ir veidoti no daļēji vai pilnīgi uzputotām izejvielas granulām ar dažāda izmēra un formas granulām.

Šķērsgrīzumu sekcijas 1 un 7 ir PPS bloka sānu malas. To vērtību sadalījums ir viendabīgāks, jo sānu malas tiek vairākkārtīgi apstrādātas ar tvaiku, tā nodrošinot pilnīgu granulu sakušanu. Savukārt šķērsgrīzuma sekcija 4 ir PPS bloka vidus, kur kā blokam no izejvielas B, tā arī blokam no izejvielas C ir vērojama vislielākā vērtību nevienādība.



5. att. Izejvielas B un C PPS bloku tilpummasas (kg/m^3) sadalījums bloka tilpumā

Izpētot un izanalizējot katru PPS bloka šķērsriezuma sekciju atsevišķi pie 10% deformācijas, ir redzams, ka izejvielas B plāksnēm 4, 5, 6 ir viļņveida raksturs horizontālā virzienā no S1 līdz S5, bet tām pašām plāksnēm otrajā blokā, ražotām no izejvielas C, pakāpeniska spiedes vērtību palielinās virzienā no S5 līdz S1. Tajā pašā laikā augstākas spiedes sprieguma pie 10% deformācijas un tilpummasas vērtības materiālam B ir redzamas vairāk centrā, kamēr materiālam C, pie malām. Materiālam C ir augstāks nelielo daļiņu frakciju sadalījuma blīvums; var pieņemt, ka granulas veido blīvāku pakojumu un tvaikam ir grūtāk sasniegt centrālo daļu.

Iegūtie dati parāda, ka pastāv tieša saistība starp PPS bloku tilpummasu un spiedes sprieguma pie 10% deformācijas vērtībām. Palielinoties tilpummasai proporcionāli palielinās arī spiedes sprieguma vērtības [11].

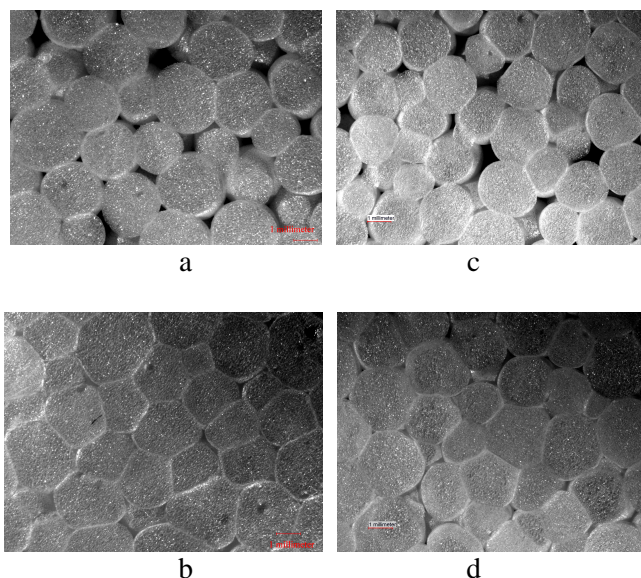
Abi materiāli parāda spiedes sprieguma pie 10% deformācijas un tilpummasas vērtību asimetriju, ko

acīmredzot izraisa nevienmērīgs tvaika sadalījums no blokformas priekšpusē un aiz mugures.

Izanalizējot krāsu proporcionālos laukumus visā blokā saskaņā ar spiedes sprieguma grafikiem, aprēķināts, ka parametru standartnovirze s blokam, kas ražots ar izejvielu B ir mazāka nekā blokam, kas ražots no izejvielas C, proti, - B izejvielai $s = 10,035$, bet C izejvielai $s = 12,105$. Asimetrijas koeficienti izejvielas blokam B ir 0,20 un izejvielas blokam C - 0,76. Abiem blokiem ir praktiski vienādi vidējie spiedes spriegumi un to izklide ap vidējo. Izejvielas C blokam ir ievērojami lielāks asimetrijas koeficients, tas ir pozitīvs un parāda, ka spiedes sprieguma sadalījums ir ar garu „asti” un sadalījums ir stipri novirzīts pa kreisi – mazākās stiprības apgabalā.

Tādēļ var apgalvot, ka izejmateriāla B un izejmateriāla C šķērsgriezumos spiedes sprieguma pie 10% deformācijas laukumi ir lielāki izejmateriāla B blokam (zemāka anizotropija). Spiedes spriegums ar dažādām vērtībām, kas raksturo īpašību neviendabīgumu, ir augstāks izejmateriālam C. Var secināt, ka dotajam tehnoloģiskajam režīmiem atbilstošāks ir izejmateriāls B.

Ražošanas procesā PPS struktūrai jāapzina divi līmeņi: mikrostruktūra un makrostruktūra. Šajā gadījumā mūs vairāk interesē makrostruktūra, kas sastāv no granulām un starp tām esošajām porām. [12] Makro struktūra veidojas bloku formēšanas procesā. Pievadītā tvaika temperatūra palielina granulās esošo tvaiku spiedienu, spiediena un temperatūras palielināšanās izraisa makro struktūras veidošanos. Lai konstatētu, vai granulas savā starpā ir pietiekoši saķepušas un veido ciešu sakari starp granulām sienām, izmanto mikrofotogrāfiju. Optiskās mikroskopijas attēlos redzams, ka lodīšu sakusumi ir atšķirīgi dažādās bloka vietās. Vietās ar augstāku tilpummasu nav tik labi piekļūvis tvaiks, tā veicinot to, ka granula nav otrreiz pilnīgi apstrādāta ar tvaiku, kas savukārt nav pietiekami veicinājis granulām sakušanu. Sakušanas pakāpei ir vislielākā ietekme uz stiprību [13].



6. att. Granulu sakusuma kvalitātes atšķirības produktam no izejmateriāla B un C; granulām sacepums – homogēns bez caurumiem b (B) un d (C); ar atvērtiem gaisa ieslēgumiem – a (B) un c (C)

IV. SECINĀJUMI

Izejmateriāla granulometrijai un priekšputotajam putu polistirola materiālam ir ievērojama ietekme uz PPS bloku īpašību viendabīgumu.

Katram granulometriskajam sastāvam līdzīgos ražošanas apstākļos ir savs īpašību sadalījums bloka tilpumā.

Daļiņu proporcija (relatīvs daudzums daļiņām, kas mazākas par vidējo un lielākas par vidējo) veido atšķirīgus pakojuma veidus un dažādu pretestību tvaika difūzijai dažādās blokformas vietās. Nevienmērīgā struktūra ar tai piemītošo nevienmērīgo mehānisko īpašību sadalījumu bloka tilpumā rada iekšējos spriegumus, kas ir par iemeslu bloka un no tā izgrieztu plākšņu deformācijai un sairšanai.

Rezultātā, no iegūtajiem skaitliskajiem datiem viendabīgākus rezultātus uzrāda bloks no izejvielas B.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Huntsman, Introduction to Expandable Polystyrene. Technical Bulletin, 2001, 1. – 10. lpp.
2. Landro L.D. Deformation mechanisms and energy absorption of polystyrene foams for protective helmets. Polym. Test. – Nr. 21 (2002), 217. – 228. lpp.
3. Chanda M., Roy S. K., Plastics Technology Handbook, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, 2007, 749. lpp.
4. NOVA Chemicals, Pre-expansion of NOVA Chemicals Expandable Polystyrene beads. Technical Information Bulletin, 2001, 1. – 14. lpp.
5. NOVA Chemicals, Maturing of NOVA Chemicals Expandable Polystyrene beads. Technical Information Bulletin, 2001, 1. – 8. lpp.
6. Vejelis S. Investigation of Bending Modulus of Elasticity of Expanded Polystyrene Slabs. J. Mater. Sci. – Nr. 12 (2006), 22. – 24. lpp.

Olīta Medne, Ilo Dreijers, Liga Berzina, Liga Berzina – Cimdina. Expanded polystyrene heterogeneity research using raw material with different granulometry.

The granulometry of polystyrene particles of two different raw material brands (material B - Styropor from BASF and material C - NF from StyroChem) and the impact of the raw material particle distribution on the uniformity of the intermediate product were studied for large size blocks. Spatial uniformity of polystyrene blocks is important characteristic of product quality. Excess non-homogeneity of mechanical properties of produced blocks leads to mechanical deformation and defective end product. The uniformity of produced large size polymer blocks were characterized by the compression stress at relative compression strength of 10%, density, and microphotography of samples taken over produced block volume at defined places of spatial lattice. Block dimensions are 1000x1200x4000mm; 315 probes of 50x50x50mm from each block were cut according with regular lattice 250x200x500mm. Average diameter of raw material B particles is 0.7-1.0mm, but for raw material C – 0.5-0.7mm. Material C contains higher percentage of small particles than material B. In the preheating stage both material particles are expanding proportionally to particle diameter. Mass of blocks are 157.6 and 152.5kg respectively for material B and C. Density of block B probes are higher with higher values of density at the central part of block (32-35kg/m³). Densities of block C probes are lower and distributed very asymmetrically – left side of the block is with very low density (26-28kg/m³) compared with the right side 30-32kg/m³). Compression stress is positively correlated with probe density and the compression stress distributions resemble the distribution of density. Apparently, larger amount of small particles of the raw material C are jamming steam flow to the central parts of block form, causing inconsistency of temperature field, and resulting in lower inter-particle melting degree. Considering investigated raw materials preference must be given to material B.

Олига Медне, Ило Дрейер, Лига Берзиня, Лига Берзиня-Цимдиня. Исследование гетерогенности пенополистирола используя сырье различной granulometрии.

Исследовалась granulometрия двух различных сырьевых материалов (материал В - Styropor от BASF и материал С - NF от StyroChem) и влияние распределения размеров частиц сырья на равномерность свойств сформированных большеразмерных блоков. Объемная гомогенность механических показателей является очень важной характеристикой, определяющей качество готовых изделий. Объемная неравномерность механических свойств блоков приводит к деформации и к дефектам продукции. Гомогенность большеразмерных блоков характеризовалась напряжением сжатия при 10% сжимающем усилии, плотностью и по микрофотографиям для образцов, вырезанных по регулярной пространственной сетке из блоков. Размеры блоков - 1000x1200x4000мм, 315 пробы 50x50x50мм вырезались из каждого блока в соответствии с регулярной пространственной сеткой 250x200x500мм. Средний диаметр частиц материала В – 0.7-1.0мм, а материала С – 0.5-0.7мм. Материал С содержит большую долю мелких частиц чем материал В. На стадии предварительного прогрева частицы обоих исходных материалов расширяются одинаково, пропорционально диаметру частиц. Масса полученных блоков соответственно 157.6 и 152.5кг для материала В и С. Плотность образцов материала В выше и максимальные значения наблюдаются в центральной части (32-35кг/м³). Плотности проб материала С ниже и распределены асимметрично – плотность правой стороны значительно ниже (26-28кг/м³) по сравнению с правой стороной – (30-32кг/м³). Напряжение сжатия положительно коррелирует с плотностью и распределение напряжения сжатия похоже на распределение плотности. Очевидно, что мелкие частицы материала С препятствуют проходу пара к центральной части блока, создают неравномерное температурное поле, что уменьшает общую степень спекания частиц. Сравнивая материалы В и С, предпочтение следует отдать материалу В.

7. Gnip I. Assessment of Strength under Compression of Expanded Polystyrene Slabs. J. Mater. Sci. – Nr. 10 (2004), 326. – 329. lpp.
8. <http://www.kurtz-plastics.com/products-en.html>
9. LVSEN13163:2004 Thermal insulation products for building. Factory made products of expanded polystyrene (EPS).
 - a. http://www.instron.ru/wa/home/default_ru.aspx?ref=http%3a%2f%2fwww.google.com%2furl
10. Basf Plastics, Compressive strength of expanded material. Technical Information, 2001, 1. – 4. lpp.
11. Sarlin J. Dependence of the strength and structure of expanded polystyrene on processing in the block moulding method. Plastics and Rubber Processing and Applications – Nr. 7 (1987), 207. – 214. lpp.
12. Rossacci J. Bead fusion in polystyrene foams. J. Mater. Sci. – Nr. 38 (2003), 201. – 206. lpp.

Olīta Medne, Mg.sc.ing., PhD student
Riga Technical University,
Faculty of Material Science and Applied Chemistry
Address: Azenes str. 14/24, Riga, LV 1048, LATVIA

Ilo Dreijers, Dr. sc. ing., Doc.
Riga Technical University,
Faculty of Material Science and Applied Chemistry
Address: Azenes str. 14/24, Riga, LV 1048, LATVIA

Liga Berzina, Bc. sc.chem
Riga Technical University,
Faculty of Material Science and Applied Chemistry
Address: Azenes str. 14/24, Riga, LV 1048, LATVIA

Liga Berzina – Cimdina, Dr. sc. ing., Prof.
Riga Technical University,
Faculty of Material Science and Applied Chemistry
Address: Azenes str. 14/24, Riga, LV 1048, LATVIA