

Технологии и конструкции за производство на пеностъкло - обзор

Красимира Тончева, Любен Лаков

Summary: The main methods and designs of equipment for manufacture of foam glass developed from the 30s up to present day are described in this paper. The development of the technical idea for manufacture of this unique building material is studied. The main goal, which the technologists and designers pursued, is decreasing the prime cost of the product.

Kew words: Expanded materials; foam glass.

1. УВОД.

България е на последно място в Европа по производство на топлоизолационни материали за строителството и техниката. Производството на топлоизолационни материали е една незапълнена ниша от пазара. Пеностъклото като топлоизолационен материал се произвежда в света от 30-те години на миналия век по класическа технология [1] в тунелна пещ. Цената му на световния пазар, произведено по тази технология е висока.

Видовете изолационни материали, употребявани в строителството и техниката - корабостроенето, енергетиката и хладилната техника представяме в табл.1.

Таблица 1. Технически данни на изолационни материали, цени и място на приложение

Вид материал	Плътност	Топло-проводност	Мак темпер. на прилож.	Якост на натиск	Водопоглъщае-мост	Цена в България	Място на приложение
	ρ	λ	T	σ	%	-	
	кг/куб.м	kcal/mh°C	°C	МПа	след 24ч.	EUR/куб.м	
Пеностъкло	130-180	0,05-0,09	400-600	2,5	0	156*	Строителство енергетика корабостроене
Пенодиатомит	350	0.07	800	6	40	90	Пещостроене
Керамоперлит	200	0.06	800	4	20	124	Пещостроене
Перлит с циментова свързка	350	0.07	600	2.5	30	80	Строителство
Вермикулит	150	0.07	1100	5	3	68	Строителство, пещостроене
Газобетон	300	0.08	400	4	55	48-54	Строителство
Минерална вата	150	0.04	450	-	(100)	70	Пещостроене, строителство, изолация на тръбопроводи
Стъклена вата	170	0.035	450	-	(100)	30	Пещостроене, изолация на тръбопроводи
Пенополистирол	20-40	0.03-0.4	60	0.5-2	5	60-120	Битови хлад-ници, сандвич панели в строителството
Пенополиуретан	100-200	0.05-0.06	70	0.55-2.2	2-5	357-714	Изолация на тръбопроводи
Керамични влакна	100	0.01-0.02	Until 1800	1.5	20-30	500-800	Високо-температ. изолация на пещи

*300–400 лв. - Цена на пеностъклото на международния пазар, в зависимост от фирмата производител.

Пеностъклото като изолиращ материал притежава висока химическа устойчивост, механична якост, звукова и температурна устойчивост [2]. То не се разрушава при въздействието а атмосферните условия, не гори, не дими и запазва механичните и топлоизолационните си свойства при температури до 600оС. Пеностъклото превъзхожда подобните известни материали по отношение на коефициента на топлопроводност, механична якост и влагопоглъщане в комбинация. Изработената от пеностъкло топлоизолация притежава по-ниска себестойност и по-висока експлоатационна устойчивост, не изисква чести ремонти, които са характерни за останалите изолационни материали.

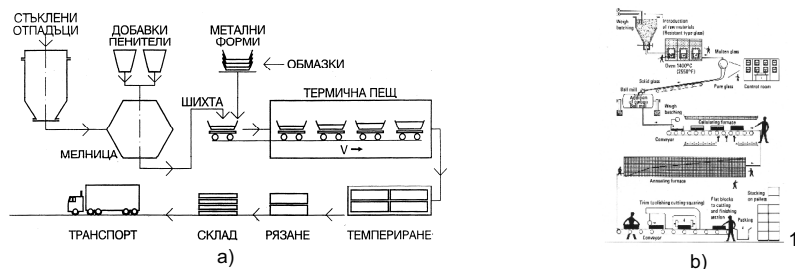
Технологията за производство на пеностъкло по класически начин е двустадийна – разпенване и стабилизиране в един агрегат и последващо temperиране във втори агрегат или в първия след допълнителното му удължаване.

След създаването на класическата технология и съоръженията за реализацията ѝ, много автори се стремят да я усъвършенстват или създадат нови начини за производство. Главната идея е да се получи продукт с по-ниска себестойност, поради това, че високата цена на произведеното по класическия начин пеностъкло не позволява масовото му приложение, въпреки добрите му технически качества.

Основната идея в настоящия момент е да се произведе пеностъкло от стъклени отпадъци от бита и промишлеността, със същите изолационни и експлоатационни качества като това на международния пазар, произведено по класическата технология, но с по-ниски цени чрез нови работоспособни, дълготрайни и ефективни уредби, максимално спестяващи енергията за получаването му и да се наложи приложението му в строителството и техниката там където е икономически и технически обосновано.

2. ОПИСАНИЕ НА КЛАСИЧЕСКАТА ТЕХНОЛОГИЯ.

Традиционно утвърдената (класическа) технология за производство на пеностъкло, по която работят много производители в чужбина е много стара, създадена през 30-те години на 20-ти век и се състои в следното: (фиг. 1) смес от фино смяно стъкло (специално стопено) и пенообразувател (най-често сажди) се насипва в метални огнеупорни форми, вкарва се в конвейерна (или тунелна) пещ, където по определен температурен график при движение на формите в пещта се извършва загряването, разпенването и стабилизирането на стъклената маса. В края на пещта формите се отварят, готовите блокове се изваждат, поставят се в друга подобна пещ, където се temperират, след което се обрязват и опаковат.



Фиг. 1.

- а). Схема на КЛАСИЧЕСКИ МЕТОД на производство,
 б). Производство на фирмата Pittsburgh Corning Corporation

Схематично това е показано на фиг.1а, като ясно е изразен двустадийният метод на получаване на материала. Технологията е създадена първоначално за производството на изолационен материал за военната индустрия, а после и за граждански обекти. От тогава технологията е оптимизирана, усъвършенствана, автоматизирана, но в основни линии е запазена. За основен изходен материал се използва фрита – излята във вода стъклена стопилка, която се суши и смела. Тогава проблемът със стъклените отпадъци не е стоял така остро.

Основни производители, работещи по горната технология в света са:

- Pittsburgh Corning Corporation, Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A. с нейните дъщерни заводи по света: Pittsburgh Corning Europe N.V., - Brussels, Belgium; Pittsburgh Corning Asia – India; Pittsburgh Corning Sought America, - Argentina.

- Някои китайски и други заводи, пресъздали технологията на създателите ѝ поради изтичане на 50 годишния период на действие на патентите и може би

усъвършенствали някои нейни елементи (фирма Jiaying Lianxin Foamingglass Co., Ltd (China)), [3], която произвежда основно пеностъкло със затворени клетки, цветно шумоизолиращо пеностъкло и свързващи пеностъклото вещества.

В бившите социалистически страни се е произвеждало пеностъкло. Поради това, че енергоспестяването тогава не е било стратегическа цел, то производството не е конкурирало класическата технология. В бившия СССР има издадена литература и се изследва пеностъкло още от преди войната, от проф. Китайгородски [4], [5]. Във всички учебници по неорганична химия и за химико технологичните вузове се изучава пеностъклото – начини на получаване (по класическия и други методи като хоризонтален метод на директно нагряване на шихтата върху транспортна лента) и качествата му като строителен материал [6]. Производството му се е реализирало в Кучинский Керамический комбинат, Лихоборский завод теплоизоляционных и отделочных материалов, Гомельской завод и др.

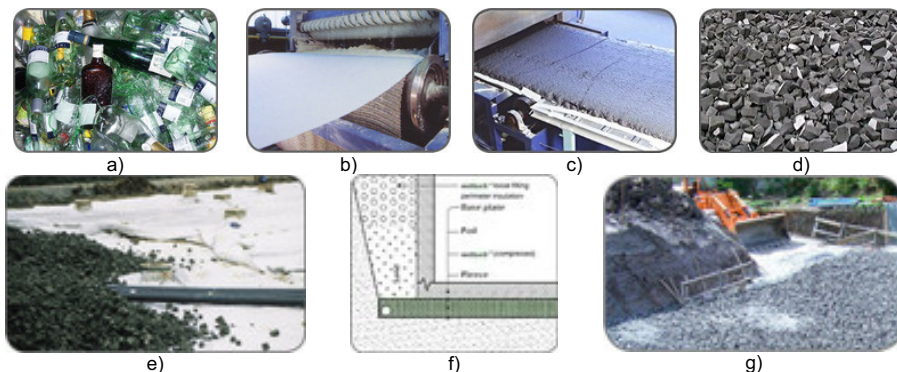
Центрове за производство на пеностъкло също е имало в Чехословакия – заводи в Duhcove и Hudrice, където опита е обобщен от Франтишек Шил [7]. В момента в Чехия се строи завод с годишна производителност 160 000 куб.м. по класическата технология (по данни от Интернет, като дъщерен завод на Pittsburgh Corning Europe N.V., - Brussels).

В бившето ГДР – в Deutsche Schaumglas GmbH, 0 – 6424 Schmiedefeld / Thuer се е произвеждало също пеностъкло. По това време са разработвани собствени технологии и собствени съоръжения, за които са издадени много авторски свидетелства и патенти. По света също са се разработвали много технологични и технически идеи за производство на този енергоспестяващ материал [8].

3. АКТУАЛНОСТ НА ПРОБЛЕМА.

В настоящия момент оползотворяването на стъклени отпадъци трябва да се разгледа през призмата на принципа на устойчиво развитие на строителството с внедряване на енергийната ефективност – една съвременна тенденция в развитието на строителната наука. Прегледът на световния опит показва, че в развитите страни през последните години се работи интензивно в тези направления [9]. Различните инициативи за приложение на този нов принцип (устойчиво развитие), вариат като цели (енергийна ефективност, използване на екообразни материали, опазване чистотата на околната среда) или като обхват (ново или старо строителство, отделни видове сгради, отчитане ефекта на материалите, въздействия върху околната среда). Пеностъклото като енергоспестяващ материал се явява един основен конкуриращ другите материали елемент от тази система за енергийна ефективност.

В световен мащаб продължават опитите за икономично производство на пеностъкло от стъклени отпадъци. Фирмата **millcell**[®] осъществява иновативна технология на устойчивостта с този строителен материал от wasteglass, който се използва като изолационен материал. Този метод за получаването му на хоризонтална лента е патентован в Швейцария още през 1961 г. и бе допълнен и доразработен при индустриалното ѝ приложение след 2000 година. С ново лого на фирмата и така нареченото "двойно разпенване" **BT-FOAM**[®] получените продукти имат по-добри качества на разпенената структура: по добра якост на натиск, по-малка плътност и от там най-добра топлопроводност [10]. На фиг.2 са показани нагледно начинът на производство, продуктът – късове пеностъкло и местата на приложение. Първоначалната идея е била да се използват високо качествени стъклени отпадъци от производството на цветен Saaner Cristal в Швейцария, които замърсяват околната среда и не е трябвало повече да се съхраняват поради високите разходи за това. Разработена е експерименталната процедура за производство на гранули пеностъкло, а в следствие се използват и отпадъци от масовите стъклени опаковки за производството на късове пеностъкло – така наречения чакъл.



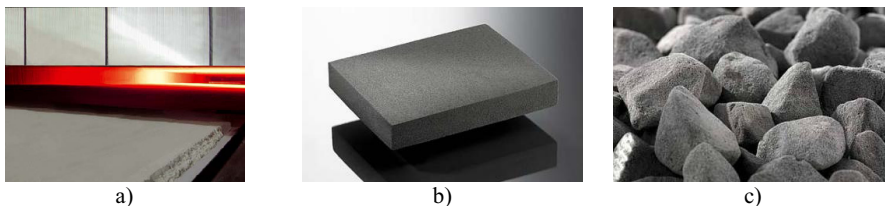
Фиг. 2. Производство и употреба на пеностъкло на фирмата Millcell

a). Стъклени отпадъци, b). Стъкло на прах влиза в хоризонтална пещ, c). Безкрайно дълги плочи с до 15 cm дебелина се получават след пещта, d). Готовият материал – късове, се разрушава, и се съхранява след проверка на качеството, e). Използване на късовете пеностъкло за изолация на покриви, f). и g). Изграждане на топлоизолация на основи на сграда.

В 90-те години норвежката фирма Nasorog изследва, разработва [11] и произвежда късове от пеностъкло, произведени от рециклирани отпадъци от стъкло за пътно строителство с максимален размер на късовете 60 mm с ъглови краища. Материалът може да се произвежда в различни плътности. Дори при обработката на силно токсични стъклени битови отпадъци летливата пепел при изгарянето им се обработва от специална система, а от застъкляваният отпадък се произвежда ® HASGLASS - стъкло като екологично чист продукт. Производството се осъществява в реактор при високо температурна плазма, като съдържащите се тежки метали, се изпаряват, филтрират се и се превръщат в метални оксиди, които могат да се обработват допълнително. Полученото стъкло HASGLASS ® може да се използва като добавка в гранулирана форма (например в асфалт) или по-нататъшно смляно на прах като се смесва с бетон или обработено допълнително до ® HASOPOR – разпенени късове.

В Германия материалът основно се закупува от Белгия, въпреки че в градчето Митертайх фирмата GLAPOR Werk Mitterteich GmbH (Hüblteichstr. 17, D-95666 Mitterteich, EN 13167:2001) [12] произвежда също пеностъкло, по нов начин и с нови съоръжения. Валтер Франк, като изпълнителен директор на фирмата, впечатлен от многото и разнообразни ползи на този изолационен материал, отчита и необходимостта от подобряване на процеса на производство и намаляване на цената на материала. В GLAPOR от края на 2003 г. се прилага концепцията за непрекъснат производствен процес върху хоризонтална лента.

Успех е постигнат след 3 години на изследвания от екип от опитни машинни инженери, специалисти технолози и експерти от строителния бранш. Непрекъснатото подобряване на производствения процес завършва с оптимизирана система за производство. В допълнение към опростеното производство на пеностъкло на късове, се използват иновативни идеи за производството и на високо качествени изделия от пеностъкло на плочи с размери, подходящи за промишлеността. Способността да се произвеждат големи плочи, с размери без конкуренция от страна на конкурентите, го прави уникален процес. С непрекъснатия производствен процес се постига добра производителност. Параметрите за управление на производствения процес се събират и контролират чрез специално разработена компютърната система за оптимизация. Напълно автоматизираните производствени линии гарантират постоянно качество на продукта при минимален разход на енергия.



Фиг. 3. *Хоризонтална пещ а) и продукция б) и с) на фирма GLAPOR*

В Русия и сега се създават нови технически и технологични решения. Едно такова решение, различаващо се от масовите технологии на получаване на изделията от пеностъкло е руски патент номер 134847 с приоритет от 25.12.2001 г. [13]. Изобретението е свързано с конструктивни материали, по-специално производство на пеностъкло. Този метод се състои в приготвяне на водна суспензия от разпрасена смес от стъкло, натриев силикат, разпенващо вещество и силициев оксид чрез смилането ѝ в течно състояние при влажност, варираща от 20 до 40 масови процента, съгъстявайки пастата чрез прибавяне на киселина или сух стъклен прах, втвърдявайки споменатата паста до получаване на блокчета и нагривайки така получените блокчета до образуване на пяна. Нагриването се провежда в пещ при скорост 5-10 градуса/мин. до температура от 780 до 900°C, темперира се при указана температура от 2 до 6 часа и се охлажда. Изобретението опростява производствения процес на пеностъкло, подобрява качеството му и дава възможност за рециклиране на стъкло от битов и промишлен произход. Руската фирма Ситал ООД, (CITALL LTD) [14] произвежда пеностъкло с цена 200 USD/куб.м.

Освен в Европа, съществуват и много други съвременни патенти (реализирани или не) за производство на пеностъкло в различни центрове на света – н-р в Япония [15].

4. БЪЛГАРСКИ ИДЕИ И ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА ПЕНОСТЪКЛО.

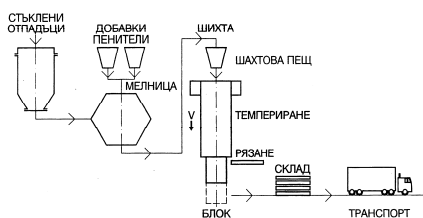
Макар в България енергоспестяването да е проблем само на строителната наука или въобще на науката, с разработването на един нов начин за производство на пеностъкло с нова уредба и с продължението му за производство на една цялостна ефективна енергийна изолационна система, ще се навлезе на строителния пазар с нови, съвременни и модерни продукти, резултат от иновационни търсения и реализации.

“Пеностъклото, известно още като клетъчно стъкло, е модерна алтернатива на познатите и популярни материали за топлозащита и енергоспестяване. Клетъчното стъкло е универсален материал, който се прилага с успех при изолиране на покриви с различна конфигурация, стени - като вътрешна и външна изолация, и подове – в битови и индустриални сгради и е особено подходящ за изолиране на масивни инженерни съоръжения” ... “В следващите десет години се очаква инвестициите в областта на енергийното саниране на сгради да бъде в рамките на 4-6 милиарда лева. Може да се помисли от страна на компетентните държавни органи (Министерството на икономиката и енергийните ресурси, Министерството на регионалното развитие и благоустройството, Агенцията за енергийна ефективност и др.) за разработването на Национална стратегия за протекционизиране на българските производители на материали и изделия за енергийно саниране” [16].

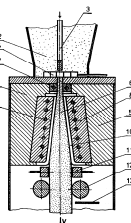
Думите на професор Назърски, несъмнено най-големия капацитет на проблемите по приложението на новите строителни материали у нас, показва че пазарът на топлоизолациите, към който е насочен този материал е бурно развиващ се в момента. Почти всички сгради в страната подлежат на саниране. Най-голям дял се пада на големите панелни комплекси. По мнението на специалистите по

строителни материали, разглежданият материал – пеностъкло е най-подходящ за санирането им. В България съществуват около 700 000 панелни жилища, съсредоточени в 40 – 50- големи комплекса. В момента се санират хаотично отделни части от сгради, жилища и др. Новите сгради се топлоизолират с органични плочи от пенополистирол, с различно качество и свойства, което също ще доведе до скорошното им повторно саниране, поради сравнително малката му дълготрайност, способността му да сублимира и почти винаги некачествено изпълнение на полагането му, поради спестяване на някои задължителни операции (най-вече спиране на достъпа на кислород до пенополистирола).

В страната ни е имало няколко опита за лабораторно получаване на пеностъкло, но работата е прекратявана [17]. Само колектив от РТУ - Русе преминава успешно през лабораторно, полупромишлено и опитно-промишлено производство с нов метод и пещи [18], [19]. До работа с последния успешно действащ прототип ПС-7 се стигна след изпитване на шест последователно и продължително изпитвани и усъвършенствани прототипа и разработена нова идея на разпенване [20].



Фиг. 4. Вертикален метод за производство



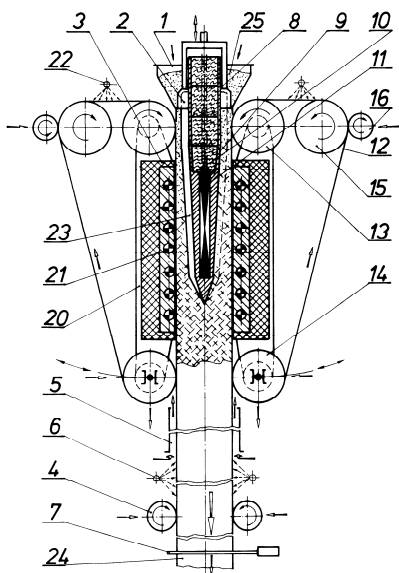
Фиг. 5. Идея за техническо решение на проф. Велев

Авторският колектив с ръководител проф. Д. Велев предлага ново техническо решение (фиг. 4) на процеса на разпенване извършвано в нова конструкция вертикална шахтова пещ (фиг. 5), където се извършва и темперирането. Преимуществото на този метод е, че специфичният разход на енергия (енергия спрямо 1 kg продукт) е 6 до 10 пъти по-малък от класическия метод (средно 3 700 kJ/kg, срещу 26 000 kJ/kg при конвеерно-тунелната пещ). Производственият процес е напълно автоматизиран, поради което брак и отпадъци почти няма (до 1-2 %). Производството е екологически чисто - нагряването е с електрическа енергия. Максималните размери на произвежданите плочи са 2 до 4 пъти по-големи в сравнение с класическия метод. В крайна сметка себестойността на пеностъклото се получава значително по-ниска.

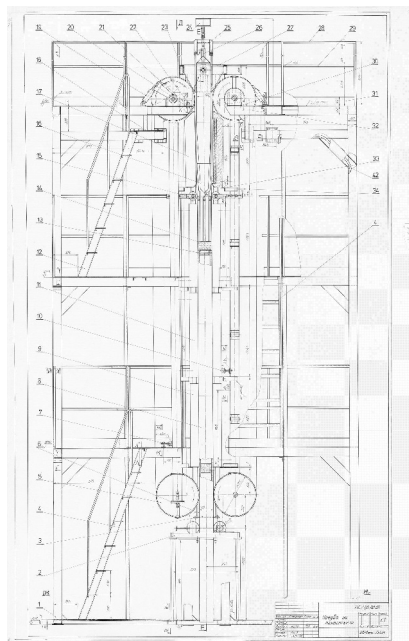
На основата на тези опити в град Нови Пазар - ДИП "Китка" в продължение на 3 години е било осъществено опитно-промишлено производство с 2 шахтови пещи. Произведени са били блокове пеностъкло с размери 65 x 600 x 1000-1200 мм. Бе потвърдена голямата топлинна икономичност на пещите при среден разход на енергия 4 000 kJ/kg пеностъкло. Основният процес е бил автоматизиран. Цената на произведеното пеностъкло е получена 77 лв./куб.м (1968-71 г.), а за Pittsburgh Corning - главният производител в този период 100 USD/ куб.м. Във всички случаи са се потвърдили оптималните резултати, които се очаквали.

Идеята за усъвършенстване на принципната вертикална технологична и конструктивна схема от колектив на ИМСТЦХ "Акад. А. Балевски" – БАН, секция Неметални материали [21], [22] и [23] се реализира с 2 патената [24] за създаване на уредба, при която се използва едностайдийния метод за работа на проф. Велев и колектив: вертикално – гравитачно непрекъснато получаване на слитък разпенен и стабилизирани материал от прахообразна шихта на гранули, основно чрез нагряване в средата на слитъка в работната зона, без загуба на енергия, с последващо

темперирани. Това води до постигането на главната цел – получаване на по-евтино пеностъкло, която е главната причина за ограниченото му потребление, въпреки оптималните му изолационни качества.



Фиг. 6. Чертеж на изобретението – надлъжен разрез



Фиг. 7. Монтажни чертежи на модела на уредбата с нейните основни възли

Тази схема на патентите е показана на фиг. 6 - надлъжен разрез на съоръжението на изобретението и фиг. 7 в уредбата - също надлъжен разрез.

Предимство на предлаганата идея за едностадийно производство на пеностъкло е възможността за получаване на слитък с по-голяма дебелина и с качествена външна повърхност, поради факта, че няма приплъзване между размякнатата шихта, респективно слитъка и формата, в която е ограничен. Тази повърхност се оформя от непрекъснатите подвижни ленти, които се движат със скоростта на изтеглянето му.

Най-важният процес е нагряването. То се реализира в нагревателна секция на модела на уредбата, разработвана по проект с МОМН [25] в настоящия момент, и се състои от 4 части: разпенваща, осъществена от Нагревател, разположен в средата на постъпващия материал, стабилизираща разпенената структура, temperираща и охлаждаща.

Основните изисквания при създаване на елементите и възлите на модела на Уредбата са следните съвременни показатели: икономичност, ремонтпригодност, възможност за бърз монтаж и демонтаж дори по време на работа при аварирал нагревател в нагревателната секция, за да не спира технологичния процес, възможност за провеждане на различни измервания на температури, скорости, дебелини и др. с обратна връзка към управлението на уредбата, чрез поставяне на датчици за управление на технологичните процеси в точно подбрани и проверени места, точно следене на постъпващата суровина и от там регулиране скоростта на

движение на слитъка готов разпенен материал, автоматизирано управление на процеса с цел получаване на качествен продукт и др.

5. ИЗВОДИ

Актуалността на проблема с енергоспестяването налага създаване на евтини и качествени топлоизолационни материали, каквото се явява пеностъклото. Създаването на работоспособни иновативни конструкции уреди за неговото получаване нарежда България като производител на световния пазар, способна да задоволи търсенето му в региона. С конструктивната разработка на най-важната група от модела на Уредба за производство на пеностъкло – Нагревателя е решен основния въпрос – нагряването и разпенването на входящата суровина и получаването на качествен продукт.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторският колектив изразява благодарности на НФ НИ – МОНМ, за разработка на тема: “Изследване на технологичните процеси при разработване на топлоизолационен материал - пеностъкло, получен в модел на разпенваща секция на нова вертикална уредба за производство” по Договор с МОНМ № ДТК-02/72 от 17.12.2009 г. за разработване на НАУЧНО ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЕКТ № ТК-09-0562/2009 г. на спечелен конкурс „НАСЪРЧАВАНЕ НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ПРИОРИТЕТНИ ОБЛАСТИ” („ТЕМАТИЧЕН КОНКУРС”).

ЛИТЕРАТУРА

- [1.] <http://www.foamglasinsulation.com/>.
- [2.] Пеностъкло - универсална енергоспестяваща изолация, Сп. “Строители”, година II, брой 6, ноември 2005.
- [3.] <http://www.foamglass.cn/>
- [4.] Китайгородский И.И., Пеностекло, ДАН СССР, том XXVI, № 7, 1940.
- [5.] Китайгородский И.И., Т. Н. Кешишян, Пористое стекло – изолационный и плавающий материал, Журн. “Стекольная и керамическая промышленность”, № 6, 1944.
- [6.] Демидович Б., Пеностекло, 1975, Промстройиздат.
- [7.] Schill Fr., Penove sclo, Praha, St. nakl. Techn. Lit., 1962.
- [8.] British patent, No. 1112083. Applied 18.12.1963, Publ. 17.12.1964, IPC C03 b 19/02; French patent, No. 2459207, Applied 7.06.1980, No. 8013677, Publ. 09.01.1981, IPC C 03 B 19/08; German patent Application 30365 16, Applied on 27.09.1980. No. P3036516.3, Publ. 13.05.1982, IPC C 03 B 19/08.
- [9.] Френският опит при приложение на принципите на устойчиво развитие в строителството: поуки и възможности, Гл. ас. д-р инж. Р. Хаджиева-Захаријева, Доклад на XXIII Научно-техническа конференция „Строителната наука в съвременната практика“, XXVI Международен панаир „Архитектура, строителство, обзавеждане“, 07-16.04.2006 г., з. Фестивална, гр. София.
- [10.] <http://www.millcell.com/en/millcell/>
- [11.] <http://www.hasopor.com/>
- [12.] <http://www.glapor.com/>
- [13.] Руски патент номер 134847 с приоритет от 25.12.2001.
- [14.] <http://www.rvf.ru/eng/rvf.php?id=1&id1=expos&eid=105>
- [15.] Японски патенти No 58-183197 - 1985, No 59-123201 – 1986, No 63-242692 - 1990, No 63-24693 – 1990, No 63-273159 - 1990
- [16.] Назърски Д., Икономически аспекти на процеса на енергийно саниране на сградния фонд у нас, Конгрес Енергийна ефективност “Виаекспо”, 09.01.2006, София, България.
- [17.] АС № 11100 от 1966 г.
- [18.] Някои изследвания по усъвършенстване на метода за производство на

- пеностъкло в шахтови пещи. Инж. Ясен Дочев Георгиев, Автореферат на дисертация, ВИММЕС Русе, 1975 г.
- [19.] Авторски свидетелства с номера 34915/ 15.12.1976 г.; 36312/ 16.05.1977 г.; 37883/ 28.11.1977 г.; 42319/ 01.02.1979 г.; 42320/ 01.02.1979 г.; 48152/ 16.06.1980 г.; 49990/ 15.12.1980 г.
- [20.] АС N 51611 А /11.11.1991 г
- [21.] Тончева Кр., "Организиране на производство на пеностъкло", Вестник "Арх - арт" – бр. 2, стр2, /16.01.1996 г.
- [22.] Тончева Красимира Антонова ИДЕЕН ТЕХНИЧЕСКИ ПРОЕКТ НА ТЕХНОЛОГИЧНА ЛИНИЯ НА ЗАВОД ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ПЛОЧИ ОТ ПЕНОСТЪКЛО, Институт по металознание - Б А Н, Постоянна тематична група "Неметални материали", София, 2004 г.
- [23.] Проект НФ-00-92/05.05.2005 за предпроектно проучване на тема: "Проучване за разработване на технология и съоръжение за внедряване в производство на енергоспестяващи изолации (пеностъкло) от отпадно опаковъчно стъкло" с Договор за субсидиране № ИФ-02-19/24.10.2005 г. за участие в конкурс ФИНАНСОВА СХЕМА ЗА ПОДКРЕПА НА ИНОВАТИВНИ ПРЕДПРИЯТИЯ ОТ НАЦИО-НАЛНИЯ ИНОВАЦИОНЕН ФОНД към ИАНМСП с фирма КАМ ООД гр. Троян.
- [24.] Патенти №№ 65718/24.11.2004 г. и 65745 /26.05.2006 г.
- [25.] Договор с МОМН № ДТК-02/72 от 17.12.2009 г. за разработване на НАУЧНО ИЗСЛЕДОВА-ТЕЛСКИ ПРОЕКТ № ТК-09-0562/2009 г. на тема: "Изследване на технологичните процеси при изработване на топлоизолационен материал - пеностъкло, получен в модел на разпенваща секция на нова вертикална уредба за производство".

За контакти:

Гл. Ас. Красимира Антонова Тончева, Доц. д-р Любен Иванов Лаков - Институт по металознание, съоръжения и технологии "Акад. А. Балеvски" с Център по хидроаеродинамика гр. Варна – БАН; Адрес: бул. Шипченски проход 67, 1574 София, България; e-mail: krasiton4@abv.bg, krasit@ims.bas.bg

Докладът е рецензиран.