



## **Experimental Industrial Unit for Testing of Production Technology for Foam Glass Granules and Elements from Composite Material on This Basis**

Krasimira TONCHEVA\*, Lyuben LAKOV, Bojidar JIVOV

Bulgarian Academy of Science, Institute of Metal Science, Equipment, and Technologies  
with Center for Hydro- and Aerodynamics “Acad. A. Balevski”, Sofia, Bulgaria,  
e-mail: [krasiton4@abv.bg](mailto:krasiton4@abv.bg)

### **Abstract**

A preliminary design is created of an experimental section for production of granules and pieces of foam glass, including a place for raw materials and preparation of materials, a space for foaming of raw granules of glass powder, foamer and modifiers, a place for obtaining composite elements semi-O rings, П-shaped elements and plates. The necessary old and new equipment and materials are presented, building the technological line for testing the functionality of the new equipment and the qualities of the obtained materials.

**Keywords:** technology for foam glass production, foam glass production equipment, foam glass base composite material.

## **Опитен цех за изпитване на производствена технология за гранули от пеностъкло и елементи от композитен материал на тази база**

Красимира ТОНЧЕВА, Любен ЛАКОВ, Божидар ЖИВОВ

### **1. Увод**

Стъкловидните материали се характеризират с аморфна структура, специфични физикохимични и механични свойства и представляват значителен производствен и изследователски интерес. Редица авторски колективи изследват структурата на стъкловидното състояние и процесите на стъклообразуване при различни експериментални състави [1-11]. Същевременно разнообразни стандартни и иновативни стъкловидни материали намират широко приложение при изготвяне на различни продукти: прозоречно стъкло, автомобилни стъкла, материали за оптиката, електролампово стъкло дисплеи, домакински съдове, медицински изделия, стъклени опаковки за хранителни продукти, фармацевтични стъклени опаковки, цветни художествени стъкла и много други. Поради активната ежедневна експлоатация на изделия с наличие на стъклени материали неизбежно нарастват съществуващите количества отпадъчно стъкло. При този тип отпадъчни материали е значителен дялът на различни видове стандартни стъклените опаковки, предвидени предимно за съхранение на хранителни продукти, напитки и други. В този аспект е актуално прилагането на рентабилни и екологични подходи за рециклиране на отпадъчно стъкло и изготвяне на изделия, съобразени със съществуващите пазарни ниши.

Идеята за опитен участък, включващ технологична линия за производство на гранули от пеностъкло и композитни материали на тази основа е много годишна и се основава на научно изследователски опит, при участие и изпълнение на няколко проекта, финансирани от ИАНМСП към Министерство на икономиката и Фонд научни изследвания към Министерство образованието [12-15].

Пеностъклото като изолиращ материал и особено гранулите от пеностъкло притежават висока химическа устойчивост, механична якост, звукова и температурна устойчивост. Те не се разрушават при въздействието на атмосферните условия, не горят и запазват механичните и топлоизолационните си свойства при температури до 600°C. Гранулираното пеностъкло и композитните материали получени с негово участие превъзхождат редица класически топлоизолационни изделия по отношение на топлотехнически, механични и други показатели.

Изготвената от пеностъкло топлоизолация притежава по-ниска себестойност и по-висока експлоатационна устойчивост, не изисква чести ремонти, които са характерни за останалите материали.

Този материал притежава добри звукоизолационни качества като поглъща звукови колебания от различни честоти. Композиционният материал от разпенени гранули лесно се обработва механично и лесно се свързва с различните строителни материали и елементи, поради еднакъв характер на материала си – силикатни съединения.

Съчетаването на особеностите и различните свойства на пеностъклото позволяват широкото му приложение във вид на гранули и късове и композитен материал със свързващо вещество както за изработване на конструктивни елементи, а също и самостоятелна употреба на гранули и късове като насипен материал. Всички тези видове материали служат за изработване на топлинната изолация в строителството, в корабостроенето, при машини, агрегати, и др.

Създадения композитен материал се състои от пеностъкленни гранули и свързващо вещество във вид на водна дисперсна колоидна система, включваща портландцимент в количество от 92÷98 % по маса и зеолит в количество от 2÷8 % по маса с големина на частиците, както тези на портландцимента и вода в количество половината от масата на портландцимента и зеолита.

Вследствие разработените проекти са създадени множество изобретения [16-20], като с настоящата работа се цели изпитването на новите съоръжения на работоспособност, дълготрайност, определяне на производителност, ремонтпригодност и други важни параметри за работата на едно съоръжение.

Заводската цена която се предвижда и в която е включена и минимална рентабилност от 12 % на продукцията е от 60 до 100 EUR/куб.м, а пазарната цена, която е предложена за финансовите изчисления е 100 EUR/куб.м, като международната пазарна цена за България, която е известна е 150 USD/куб. м за гранули в насипен вид.

## **1. Основни възли на опитния цех, идейна план схема и равнище на специализацията**

### **2.1. Специални изисквания**

Представеният опитен цех е специализиран за производство на изделия от пеностъкло и е снабден със специализирани съоръжения, разработени и изготвени по изобретения за изграждане на технологична линия за получаване на насипни разпенени гранули, пеностъклен чакъл и разнообразни елементи от композитни материал.

Предложената план схема е разработена за идеална площадка, но може да се адаптира за всяка налична площадка в съществуващи производствени помещения със сходни размери.

Производствените площи са ориентировъчни, застъпващи се и разположени в цех 20x30 м с навес 20x10 м. Те могат да се разположат и по друг начин в зависимост от свободна конкретна площ при реализация на проект.

Процесът на производство на гранули от ПС в технологичната линия е стандартен производствен процес за силикатната промишленост. Конструкцията на устройствата са

безопасни, не отделят токсични газообразни продукти и канцерогенни вещества. Транспортът и съхраняването на получената след смилане прахообразна стъкловидна суровина се осъществява в затворени съоръжения (предимно затворени бункери). При възможност може да се предвиди и аспирационна система за обезпрашаване. Представени са принципни схеми и описания на предложения опитен цех (фиг. 1) и на отделните технологични процеси при получаване на гранули (фиг. 2).

Табл. 1. Списък на машини и съоръжения, монтирани в експерименталния цех.

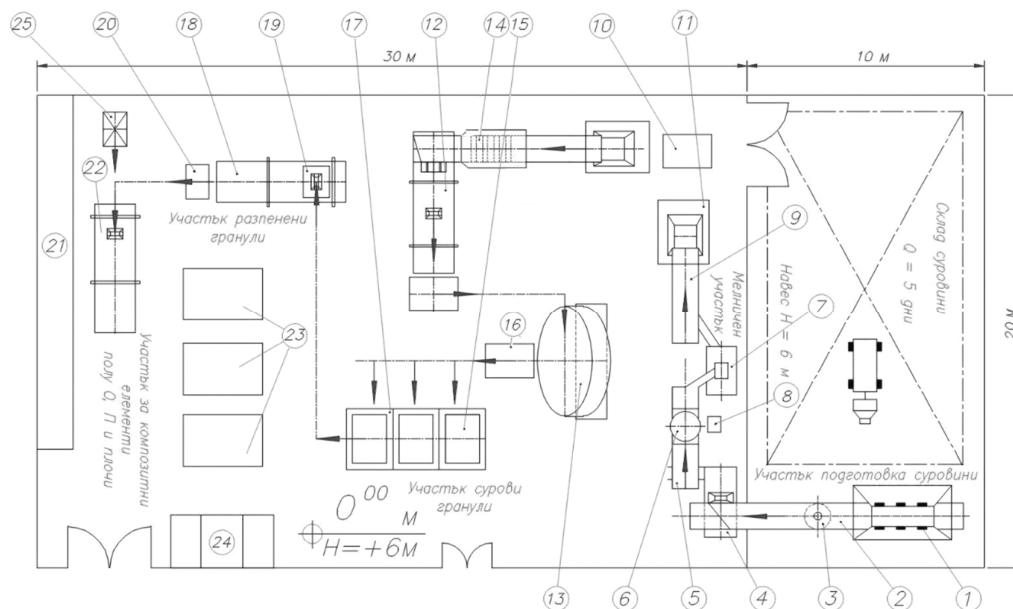
Номер	Съоръжение
	<b>Склад суровина</b>
1	Бункер захранващ
2	Лентов транспортър
	Подготвителен участък
3	Душ за миене на стъклените отпадъци
	<b>Мелничен участък</b>
4	Трошачка тип Vibromax VM – 20 вибрационна
5	Лентов транспортър
6	Ел. магнитен сепаратор
7	Сито вибрационно плоско затворено
8	Бункер за не стъклени отпадъци
9	Лентов транспортър за пренасяне
10	Количка за добавки с кантар
11	Вибрационна мелница
12	Топковамелница – хомогенизатор
	<b>Участък сурови гранули</b>
13	Гранулятор
14	Скрепков транспортър
15	Тави за сушене на сурови гранули
16	Количка с тави за готови сурови гранули
17	Сушилня сурови гранули
	<b>Участък разпенени гранули</b>
18	Въртяща пещ за гранули
19	Бункер със сито за подаване на сурови гранули
20	Бункер за разпенени гранули
	<b>Участък за композитни елементи</b>
21	Стелажи за сушене и втвърдяване
22	Хомогенизатор на композитна смес
23	Трасажна маса за изделия
24	Матрици за изделия
25	Бункер за разпенени гранули

## 2.2. Складово пространство за суровина (складов участък) и мелнично (дробилно) отделение (мелничен участък)

Суровината – трошки (отпадъци) пристига с автотранспорт и се складира и съхраняват на открито в подготвено складово пространство, обособено под навес в близост до съществуващо или ново помещение.

От приемателния бункер чрез поредица от транспортъри и дробилни машини (трошачка или други) суровината (стъклени битови отпадъци) се транспортира към мелница за грубо смилане от вибрационен тип. След грубо смилане суровината се отвежда към топкова мелница за окончателно досмилане и хомогенизиране на получената шихта. Съобразно разработените рецептури състави пенообразуващите добавки (сажди или глицерин – българско know how), модификатори и оцветители (при

необходимост) се въвеждат към края на смилателния процес при достигане на 80 % едрина на частиците до 63 микрона и приблизителна разгъната площ 5 – 6000 кв.см на грам смляно стъкло. Топковата мелницата изпълнява ролята и на смесителен реактор – хомогенизатор на шихтата за суровите гранули.



Фиг 1. Примерно разположение на съоръженията на технологичния процес за получаване на сурови и разпенени гранули и композитни изделия с пеногранули.

### 2.3. Гранулиращо отделение – Участък сурови гранули

Следващия процес е гранулиране със съоръжение наречено гранулятор. Използването на гранулятор е по-ефективен метод на производство от пелетизирането, което изисква прилагането на матрици и автоматизирани или класически хидравлични преси. При масово производство на гранули отпресването като процес оскъпява и усложнява технологичния цикъл на производство.

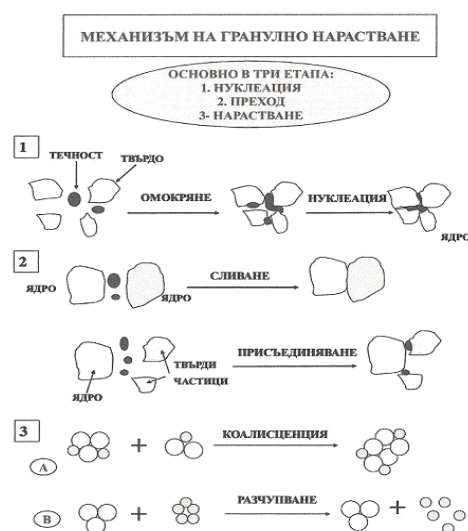
Подготовката на суровинната смес е основен етап в цялостния технологичен процес при производството на гранули и се извършва на 2 етапа. Първият етап – микрогранулиране, може да се разглежда като метод за агломериране, при който прахообразния материал от стъкло (фракция < 63  $\mu$ ) се уплътнява, без да се променя химичния състав на шихтата. При получената сравнително компактна маса не съществува риск от разслояване и разпрасване при нейното по-нататъшно използване за получаване на пеногранули. С равномерното разпределение на отделните шихтови компоненти се постига получаването на хомогенен състав на микрогранулите с максимални размери от 0,1–0,2 до 0,6 mm.

Като технологична добавка в ролята на пластификатори към шихтите се въвеждат 1 % глицерин и 3 % водно стъкло със силикатен модул 1,2–1,3 при първа степен на гранулиране и със силикатен модул 0,6–0,7 при втора степен на гранулиране.

При втората степен на гранулиране стъкловидната суровина (вече под формата на микрогранули) и необходимите количества пенообразуватели, модификатори и оцветители (при необходимост) след дозиране се подлагат на повторна обработка в топкава мелница. След частично смилане на едрите микрогранули и хомогенизация

материала се подава към гранулатора. Втората степен на процеса на гранулиране представлява допълнително уплътняване и агрегиране на продукта до формиране на сурови гранули с различни и много по-големи размери, в зависимост от конкретните цели за приложение на крайния продукт. Размерите на суровите гранули при повторното гранулиране варират от 2 до 10 мм при получаване на разпенени гранули с размери 4–30 мм и 20–30 мм за получаване на по-големи гранули – обозначени като късове с размери 40–70 мм.

Цел на тази част от технологичния процес е изследване на условията и възможностите за гранулиране на разработените състави за производство на пеногранули със завишени якостни показатели и различни цветови характеристики, приложими за изготвяне на композитни изделия, които могат да се разглеждат като алтернативни материали на някои стандартни продукти с традиционна употреба в строителството.



Фиг 2. Технологични процеси на получаване на гранули

#### **2.4. Пещно отделение- изследване на нова конструкция въртяща се тръбна наклоняема пещ – Участък разпенени гранули.**

Суровите гранули се подават в бункера над пещта и навлизайки в нея се разпенват самостоятелно във въртящата се наклоняема част на тръбата на пещта, преминавайки през няколко обособени технологични зони в нея. Накрая на технологичния процес от края на въртящата се тръбна част гранулите се отвеждат в разпенено състояние. Гранулите са смесени със специален пълнител, изпълняващ роля едновременно на топлоносител и разделител на гранулите, непозволяващ сцепването им по време на разпенване. Различният престой на гранулите в технологичните зони за разпенване, темпериране и охлаждане с определения диаметър се регулира от наклона на тръбната част на пещта. При по-малките диаметри наклона е по-голям. Целта на изследването на тази пещ е именно определяне количеството и едрината на частиците на пълнителя и големината на наклона в градуси в зависимост от диаметъра и количеството на суровите гранули.

## **2.5. Отделение за получаване на композитни елементи – Участък за композитни елементи – полу- О-тръбни елементи, П-образни елементи и плочи.**

Предвидено е да се изработват различни видове композитни изделия – полу-О-образни, П-образни и плоски елементи, панели и други продукти от различни фракции гранули (с различни диаметри), хидравлични свързващи вещества и други компоненти. С реализирането на новата опитна технологична линия в този участък при реални производствени условия ще бъде приложен и допълнително усъвършенстван разработената (в лабораторни условия) технология за получаване на композиционни материали и различни изделия – незапалими, негорими, водоустойчиви, дълготрайни, звуко- и топлоизолационни строителни елементи. Композитният материал е приложим за изготвяне на плоскости за облицовка на стени и тавани, изграждане на неносещи разпределителни стени, полагане на подови топлоизолационни настилки и получаване на топлоизолационни бетони, които съхраняват енергията за отопление в битовите и промишлени сгради и благоприятстват опазването на околната среда, поради намаления разход на енергия за отопление. Възможен подход за монтаж на композитни панели на външни фасадни стени представлява широко използвания в практиката стандартен метод включващ: монтаж на изолационни плоскости чрез стандартен лепилен състав, дюбелиране, полагане на полимер-циментово покритие съвместно с армираща мрежа и нанасяне на финално покритие, устойчиво на климатични въздействия на околната среда. Основна цел при проектирането на адекватна топлоизолационна система представлява оптимизирането на дебелината на изолиращия слой до степен, на получаване на “Пасивна стена” – стена с минимално преминаване (загуба) на топлинния поток. Същевременно поради специфичните си характеристики композитът е приложим за вграждане около врати и прозорци на сгради, съобразно изискванията на наредба № Із/1971 г. от 2009 г., изменена 2015 г., касаеща строително техническите правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар. Материалът е подходящ за изолационна защита на комуникационни системи в битови, обществени и промишлени обекти и инсталации за електроснабдяване, водоснабдяване и газоснабдяване след саниране на сгради. Друга перспективна възможност за употреба на различни композитни плоскости и профили е изолацията на резервоари, стационарни цистерни, реакционни съдове, дестилатори, тръбопроводи и други. Изготвянето на пеносиликатни гранули с различни цетови характеристики позволява получаването (в съчетание с хидравлични свързващи вещества) на декоративни плоскости, пана и мозайки, приложими за интериорна и екстериорна декорация и облицовка на сгради и други архитектурни обекти.

За получаване на планираните продукти са разработени подходящи перфорирани кофражни матрици и е предвидено осигуряването на спомагателно оборудване и необходимите консумативи. При конкретни производствени условия експериментално ще бъдат определени оптималните параметри на отделните технологични процеси, необходими за изготвяне на композитни продукти.

Количествата на отделните компоненти в рецептурните състави варира в широки граници и е съобразено с крайните експлоатационни характеристики (якостни показатели, плътност, топлопроводност, звукоизолационни свойства и други) на композитните продукти и тяхната себестойност. Други фактори, определящи рецептурните състави са различните аспекти на производствения процес: технологичност при изготвяне на образците, производителност за определен отчетен период, наличие на брак, възможност за рентабилно рециклиране на дефектни изделия, безопасни условия на труд, производство на екологични изделия и т.н. Като изходни състави е целесъобразно първоначално да бъдат възприети съставите използвани при изготвяне на експериментални образци и прототипи в лабораторни условия. Установяването на оптималните състави (за различните типове продукти) се предвижда

да бъде осъществено при провеждане на серия експерименти при полупромишлени условия и изготвяне на пилотни партиди изделия. Преобладаващи компоненти при използваните състави представляват неорганични хидравлични свързващи вещества (портландцимент СЕМ I 42.5 N, СЕМ I 52.5 N, СЕМ I 52.5 R и др.), различни фракции пеностъклени гранули и вода. Употребата на СЕМ I 52.5 R осигурява по-добри якостни характеристики на продуктите. Наличието на ограничени количества активиран зеолит (клиноптилолит, фракция под 63  $\mu\text{m}$ ) в състава съкращава времето за постигане на необходимата якост и повишава физико-механичните показатели на крайните образци. Въвеждането на подходяща въздуховъвличаща добавка в състава намалява масата на образците, но същевременно понижава якостните характеристики, поради което нейната употреба трябва да бъде съобразена с предстоящото приложение на продукта. При необходимост към съставите е възможно въвеждане на армиращи влакна (базалтови, стоманени и др.), водоредуцираща добавка, речен пясък, различни неорганични пълнители и други материали.

За производство на композитни заготовки и изделия е разработена опростена методика, приложима при наличие на достъпни материали, без участие на висококвалифициран персонал. Изготвянето на различни композитни продукти се осъществява чрез няколко последователни технологични етапи. Подготвяне на необходимите количества различни фракции пеностъклени гранули, цимент, технологични добавки и вода. Изготвяне на водна дисперсна колоидна система със съдържание на неорганично хидравлично свързващо вещество (портландцимент), активиран зеолит, вода и технологични добавки. При непрекъснато разбъркване въвеждане към хомогенизираната система на различни фракции пеногранули до пълно омокряне на тяхната контактна повърхност. Изготвянето на композитни продукти с различно функционално предназначение се осъществява в специализиран участък, оборудван с набор от кофражни матрици, вибростендове и помощни съоръжения. Формоването на образците се извършва чрез полагане на получената смес (циментов разтвор-гранули) в предварително подготвените кофражни форми с перфорирано дъно, което позволява отделяне на излишната течна фаза, което понижава масата на крайните образци. Прилагането на вибрационна обработка в продължение на 50 min (или по-продължителен период), чрез поставяне на кофражните форми на вибростендове, осигурява оптимално обемно разпределение на различните фракции пеногранули, по-ускорено и по-ефективно отстраняване на излишната течна фаза, което намалява масата на образците. Обемната плътност на композитния материал нараства с увеличаване на количеството на въведените по-дребни фракции пеностъклени гранули в изходната смес и приложеното време на вибрационна обработка. Кофражните форми със съдържание на подготвените смеси се съхраняват в специализирано помещение и след престой до 72 h получената партида образци внимателно се декофрират чрез разглобяване на използваните матрици. Освободените кофражни форми се почистват, сглобяват и отново се въвеждат в производствения процес, като технологичният цикъл се повтаря отново. На базата на разгледаната методика са приложими два различни технологични подхода за изготвяне на изделия от получената смес (гранули-циментов разтвор): формоване в кофражните форми на продукти с окончателни размери, технологичен престой, декофриране и ретуш на получените окончателни образци или първоначално формоване на композитни полуфабрикати (плоскости и други), технологичен престой, декофриране на заготовките, допълнителен технологичен престой (необходим за повишаване на якостните показатели на образците), разкрояване (чрез рязане) и окончателна дообработка до необходимите крайни размери. Нанасянето на външните повърхности на композитните продукти на подходящи покрития и замазки с подходящи свойства, съобразени с конкретните условия на приложение повишава ефективността на продукта.

Получените крайни изделия се съхраняват в складови помещения и при необходимост се експедираат към търговската мрежа или към конкретни потребители.

Съществен проблем при различни изолационни продукти, предлагани на пазара на строителни материали представлява недостатъчната надеждност в условията на пожар и ограничения срок на експлоатация. По комплексни характеристики разработеният композит получен на базата на силикатни материали превъзхожда някои от придобилите значителна популярност изолационни материали (EPS, XPS и други). Използваният технологичен подход за изготвяне на композитни образци осигурява някои основни предимства: рециклиране на силикатни отпадъчни продукти, употреба на достъпни материали с относително ниска цена (портландцимент и др.), използване на прости технологични процеси при изготвяне на полуфабрикатите и крайните изделия, технологични дейности изпълними от нискоквалифициран персонал, възможност за приложение на налично оборудване при изпълнение на част от технологичните процес, получаване на незапалими, водоустойчиви, екологични, продукти с продължителен експлоатационен срок, съпоставим с експлоатационния период на архитектурните обекти.

Експлоатационните показатели на композитните продукти изготвени по разработената методика се определят от редица фактори: обемна плътност на изготвените пеностъклени гранули, използван портландцимент, специфика на технологичните добавки, характеристики на циментовия разтвор, използвани фракции пеногранули, тиксотропни свойства на получената смес, въвеждане на армиращи компоненти, конструкция на кофражните матрици, продължителност на вибрационната обработка, обемно разпределение на различните фракции пеногранули, отстраняване на излишните количества свързващо вещество, продължителност на технологичния престой, температура и влажност в работните помещения, наличие на въздушни кухини в обема на материала, полагане на функционални повърхностни покрития, технологични методи за дообработка на изготвените заготовки, окончателни размери на крайните изделия, условия на съхранение и транспорт на продуктите и други.

Прилагането на представения технологичен метод в производствени условия изисква осигуряването на производствени и складови помещения и организиране на регулярни доставки на необходимите количества отпадъчни стъклени суровини, портландцимент и други материали. За реализиране на предвидените технологични процеси съобразно наличната материална база на конкретните производители и целевите експлоатационни показатели на предвидените за производство крайни изделия се извършва подбор на вида и минималните технически характеристики на необходимите основни и помощни съоръжения.

### **3. Извод**

Идейният проект на опитен цех за производство на гранули от пеностъкло и изделия от тях представлява основа за обсъждане, корекции и разработване на работен проект за получаване на гранулирано пеностъкло, късове и различни елементи от композитни материали на базата на пеностъклени гранули.

Разработеният технологичен подход е приложим за изготвяне на разнообразни композитни изделия (О-тръбни елементи, П-образни елементи, плочи), звуко- и топлоизолационни панели за облицовка на стени и тавани или за изграждане на вътрешни разпределителни и преградни стени. Получаването на различни цветни пеностъклени гранули позволява изготвянето на естетични силикатни плоскости, приложими за декоративни облицовки на сгради. Друг перспективен аспект на приложение на различни фракции пеностъклени гранули представлява получаването на



топлоизолационни настилки и топлоизолационни бетони. Представената методика е подходяща за изготвяне на различни монолитни изделия за директна употреба или композитни заготовки, подлежащи на допълнителна технологична обработка.

## References

1. Rivier N., "Theory of Glass", *Revista Brasileira de Física*, Vd. 15, No 4, 1985, pp. 311-378.
2. Keen D. A., R. L. McGreevy, "Structural modelling of glasses using reverse Monte Carlo simulation", *Nature*, vol. 344, 1990, pp. 423–425.
3. Dimitriev Y., A. Bachvarova-Nedelcheva, R. Iordanova, S. Yordanov, "Thermal Stability and Microheterogeneous Structure of Selenite Glasses", *Physics and Chemistry of Glasses: European Journal of Glass Science and Technology Part B* 48(3), 2007, pp. 138-141.
4. Wool R. P., "Twinkling fractal theory of the glass transition", *J. Polym. Sci. Polym. Phys.*, 46, 2008, pp. 2765–2778.
5. Hedges L. O., R. L. Jack, J. P. Garrahan, David Chandler, "Dynamic Order-Disorder in Atomistic Models of Structural Glass Formers", *Science*, vol. 323, Issue 5919, 2009, pp. 1309-1313.
6. Kalogeras I. M., H. E. Hagg Lobland, "The nature of the glassy state: Structure and glass transitions", *Journal of Materials Education*, vol. 34/3-4, 2012, pp. 69-94.
7. Kaneva N., I. Stambolova, V. Blaskov, A. Eliyas, S. Vassilev, "Microwave-assisted and conventional sol-gel preparation of photocatalytically active ZnO/TiO<sub>2</sub>/glass multilayers", *Central European Journal of Chemistry*, 11(7), 2013, pp. 1055–1065.
8. Takada A., R. Conradt, P. Richet, "Residual entropy and structural disorder in glass: A review of history and an attempt to resolve two apparently conflicting views", *J. Non-Cryst. Solids*, 429, 2015, pp. 33–44.
9. Bachvarova-Nedelcheva A., R. Iordanova, K. L. Kostov, V. Ganev, St. Yordanov, Y. Dimitriev, "Synthesis and Structural Characterization of a Glass in the Ag<sub>2</sub>O-SeO<sub>2</sub>-MoO<sub>3</sub> System", *Journal of Non-Crystalline Solids* 481, 2018, pp. 138-147.
10. Alexandrova M., "New ceramic materials with electronic applications", PhD Dissertation. Doctoral program 01/02/2008 "Methods for control and testing of materials, products and equipment", in scientific field 5 Technical sciences, professional field 5.6 "Materials and materials science", Sofia, 2019, p 120.
11. Petkov V., M. Aleksandrova, R. Valov, "Partial Oxidation of Biocompatible Titanium Alloy Ti6Al4V During Deposition of Glassy Carbon Coating", *International Journal "NDT Days"*, Volume III, Issue 4, Year 2020, pp. 225-230.
12. Project NF-00-92 / 05.05.2005 for a feasibility study on the topic: "Study for the development of technology and equipment for implementation in the production of energy-saving insulation (foam glass) from waste packaging glass" with a Subsidy Agreement № IF-02-19 / 24.10.2005 for participation in the competition Financial scheme for support of Innovative Enterprises from the National Innovation Fund at BSMEPA, Beneficient – KAM Ltd., Troyan.
13. Research project on the topic "Study of technological processes in the manufacture of thermal insulation material – foam glass, obtained in a model of the blowing section of a new vertical production system", with a contract with the Ministry of Education, Youth and Science № DTK-02/72 of 17.12.2009.
14. Contract for financial assistance BG161PO003-1.1.06-0094- C001 / 07.12.2012 with beneficiary Promstroyproekt OOD and partner IMSTCHA-BAS, "Creation and research of a new technology and horizontal model for the production of composite thermal

- insulation materials in the form of pieces (large granules) of foam glass from glass waste”, Project status – completed.
15. Financial Assistance Agreement NP 03/14/04 of 04.04.2014, “Creation of structural documentation of modules to an existing tunnel kiln with a belt conveyor for construction of an experimental technological section and development of technology for production of foam glass granules based on recycling of household glass waste with a volume of 1500 to 2500 dm<sup>3</sup>/24 hours”, INHOM Ltd. Beloslav, Project status – completed.
  16. Chorbov I. G., K. A. Toncheva, L. I. Lakov, Y. B. Arsov, “Device for obtaining foam glass”, Patent № 65718 / 24.11.2004, Status – Valid, Place of application Bulgaria.
  17. Chorbov I. G., K. A. Toncheva, L. I. Lakov, Y. B. Arsov, L. N. Dosev, K. M. Lichev, “Device for obtaining foam glass”, Patent №65745 /26.05.2006, Status – Valid, Place of application Bulgaria.
  18. Chorbov I., K. Toncheva, L. Lakov, “Device for obtaining foam glass granules”, Patent № 66666 / 06.06.2012. Status-Valid, Place of application Bulgaria.
  19. Lakov L., K. Toncheva "Device for obtaining foam glass", Patent № 66903 B1, 2019, Status – Valid, Place of application Bulgaria.
  20. Lakov L., L. Drenchev, D. Nazarski, “Composite thermal insulation material”, Patent № 66960 B1, 2019, Status-Valid, Place of application Bulgaria.