



## **Technical Project for Creating a Business Plan for the Construction of a Technological Line and a Plant for the Production of Yellow Pavers**

Lyuben LAKOV, Krasimira TONCHEVA, Bojidar JIVOV, Marieta GACHEVA

Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Metal Science, Equipment and Technologies with Hydro- and Aerodynamics Centre “Acad. Angel Balevski”, 67 “Shipchenski Prohod” Blvd,  
1574 Sofia, Bulgaria, e-mail: [krasiton4@abv.bg](mailto:krasiton4@abv.bg)

### **Abstract**

A technical project has been developed for the construction of a technological line and a plant (for the production of yellow pavers and other products), consisting of several sectors: 1st industrial unit for preparation of the materials, 2nd industrial unit for manufacturing of pavers, paving slabs and others, repair area and one warehouse for finished products. The necessary facilities for building the technological line for the operation of the plant are presented.

**Keywords:** yellow pavers, technological line, industrial units

## **Технически проект за създаване на бизнес план за изграждане на технологична линия и завод за производство на жълти павета**

Любен ЛАКОВ, Красимира ТОНЧЕВА, Божидар ЖИВОВ, Мариета ГАЧЕВА

### **1. Увод**

Емблематичната за София улична настилка от т. нар. „жълти павета“ (обявени за културна ценност) е изградена предимно в периода от 1907 до 1908 г., на обща площ от около 60 000 m<sup>2</sup>. Производството на паветата е осъществено в началото на ХХ-ти век в Австро-Унгария от предприятието „Пещенско дружество, каменовъглена мина и тухларница“. В България изпълнител на поръчката, вносител на изготвената продукция и представител на производителя е Българското индустриално керамично дружество „Изида“ с фабрика на гара Новоселци. В процеса на ежедневната експлоатация и амортизация на настилката възниква необходимостта от регулярно осигуряване на резервни партии павета [1-3] за извършване на периодични ремонтни дейности на засегнатите участъци. През изминалите десетилетия някои от уличните площи с първоначално изградена настилка от „жълти павета“ са подложени на основен ремонт чрез полагане на друг тип настилка, поради изчерпване на наличните резерви. Тази тенденция създава очевидна опасност от постепенно обезличаване на автентичния исторически облик на целия архитектурен ансамбъл на площад „Народно събрание“ и прилежащите улични трасета. Поради това актуален проблем представлява създаването на благоприятни условия и възможности за организиране на съвременно производство на износиустойчиви и естетични реплики на оригиналната настилка [1-11]. Липсата на значителен интерес сред съществуващите предприятия за разгръщане на производство на „жълти павета“ се обуславя от необходимостта от съществени инвестиции свързани с изграждането и оборудването на нов производствен участък, наемането и обучението на допълнителен персонал и провеждането на поредица лабораторни и енергоемки

промишлени експерименти за уточняване на оптималните технологични параметри на производствения процес.

Основен методичен подход при разработката на ефективни **конкурентни** продукти в различни тематични области [9-17] представлява осъществяването на актуално предварително проучване и пълноценни експериментални изследвания. Идеята за проектиране и изграждане на опитен завод, оборудван с технологична линия за производство на определен асортимент от жълти павета и плочки се базира на анализирания достъпни данни [2-11,18-21] и съществуващия опит [1-9,20-23], получен при извършената дългогодишна изследователска дейност и изпълнението на научно-изследователски проект по обществени предизвикателства, финансиран от „Фонд научни изследвания“ към Министерството на образованието [1]. При проведената значителна по-обем лабораторна дейност са изследвани поредица рецептурни състави и ролята на технологичния режим за формиране на механичните, физикохимичните и цветови характеристики на образците [2-9,20,22,23]. Изготвени са серии експериментални прототипи чрез използване на различни технологични методи: формоване от полусуха и пластична маса в метални матрици и шликерно леене в гипсови калъпи. За целите на разработката като най-целесъобразен и рентабилен подход е възприето формоването от пластична маса и употребата на суровини, добити единствено от находища на територията на страната. При полупромишлени условия са получени прототипи на павета [2-5] с еквивалентен жълт цвят (доказан по-системата на Munsell) и идентични размери с предоставени на отговорно пазене сравнителни еталони („жълти павета“ от оригиналната историческа настилка в центъра на София). При съпоставка на еталоните и изготвените експериментални образци са установени едни и същи фази със сходен процентен състав (предимно  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  и  $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ ), като прототипите на експерименталните образци имат превъзхождащи и по-високи комплексни експлоатационни показатели [4,5], съобразни с изискванията към такъв тип настилки и действащия европейски стандарт. Предстои изготвянето на ограничена експериментална партида прототипи, предвидени за реставрация на уличен участък (до 20 m<sup>2</sup>) с амортизирана автентична настилка, което би позволило наблюдение и изследване на образците при реални експлоатационни условия. Въз основа на получените допълнителни експериментални данни е възможно окончателното оформяне на необходимия технологичен регламент за производство. Разработеният технологичен подход е съобразен със съществуващите съоръжения и оборудване, характерни за предприятията от силикатната промишленост и може да бъде адаптиран към специфичния състав на суровините от различни находища и конкретните производствени мощности на отделни производители (при наличие на инвеститорски интерес).

Същевременно като алтернативна възможност е разработена оригинална технология за производство на изделия (павета) от петрургичен материал, за които е получен патент [24] със сфера на действие България.

Предвижда се да бъде изготвен Бизнес план (за опитен завод с малка технологична линия), осъществяващ се на 2 етапа: 1-ви етап изпитване на технологията за производство в реални условия и 2-ри етап изпитване на цялата технологична линия. Разработен е технически проект с подбор на основните производствени и икономически параметри за работа, уточняване на необходимите суровини, технологични методи, оборудване и съоръжения. При извършените изчисления е определена предполагаемата себестойност на изделията и производствена заводска цена с 12 % рентабилност, като крайната пазарната цена се формира от търговската фирма, осъществяваща пласмента.

## **2. Основни възли на опитния завод**

### **2.1. Идейна план схема и равнище на специализация**

Представена е техническа разработка за изграждане на опитен завод със съсредоточаване на специализирана техника, наличие на технологична линия и обособени производствени участъци за изготвяне на разнообразни продукти: висококачествени реплики на т.нар. „жълти павета“, 4 допълнителни форми паважни елементи и тротоарни плочки в 2 разновидности (квадратни с размери 200x200x30 мм и втори вид със специфична форма). Изготвянето на планираните изделия в различни цветови варианти (чрез въвеждане на керамични пигменти), позволява разширяване на продуктовия спектър на производството и повишаване на неговата конкурентоспособност. При заявени значителни количества и доказана рентабилност при наличие на технологична възможност е допустимо изготвянето на партиди със специфични цветови характеристики. Основни възможности за приложение на продуктовата гама представлява възстановяването на автентичното състояние на централната градска част на София и изграждането в други райони на столицата и различни градове на дълготрайни и естетични паважни настилки с разнообразно функционално предназначение: улични площи, велоалеи, тротоарни и площадни пространства, паркови и търговски алеи и редица други. При частично модифициране на разработените състави и технологичния процес е осъществимо производството на допълнителен асортимент продукти: цветни плочи за декоративна облицовка на сгради, разнообразни елементи за керамични мозайки, материали за футеровка на метални съоръжения, специални изделия за балистична защита на различни обекти (сгради, транспортна техника, плавателни съдове и др.) и други.

### **2.2 Специални изисквания**

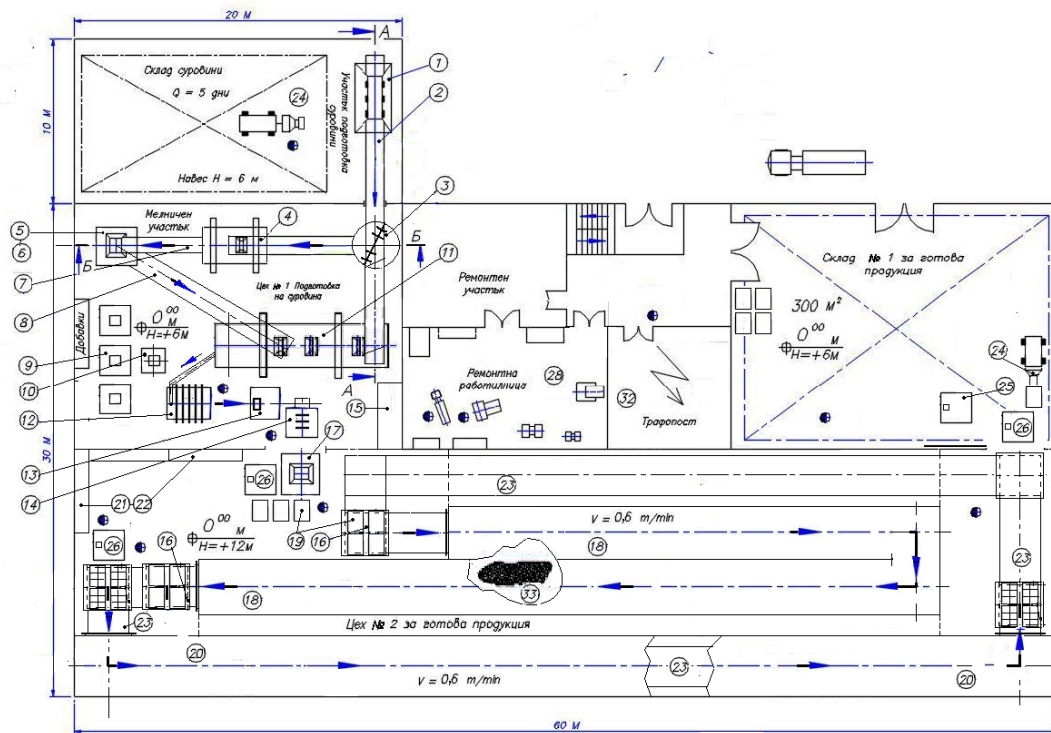
Провеждане на предвидения производствен процес на базата на технологични етапи, типични за силикатната керамична промишленост и осъществими в значителна степен със стандартното оборудване за бранша. Приложение на съоръжения с безопасна конструкция, които при функционирането си не отделят токсични и канцерогенни продукти.

### **2.3. Принципна технологична схема – чертежи и описание**

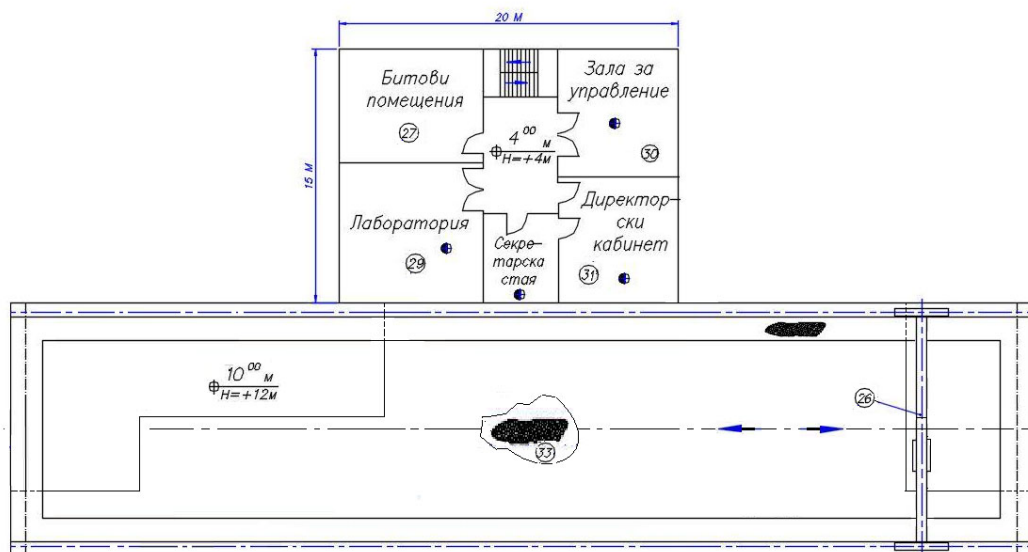
През първоначалния период от функциониране на завода се предвижда употребата като основен източник на суровина предимно находище „Александра“ (с. Ловец, област Търговище, България). Добитата със земекопна техника (багер) суровина (мергел) от разработваното находище се транспортира с тежкотоварни автомобили до производственото предприятие и се складира и съхранява на открито на обособени складови площи. Доставените отделни партиди суровина подлежат на входящ контрол, съобразно съществуващите стандартни лабораторни методики.

**В цех № 1** се извършва необходимата първична технологична подготовка на суровините, изготвяне на шихтовите смеси и формовъчни маси. От приемателния бункер чрез система транспортъори материалите се отвеждат до комплекс от специализирани съоръжения за изпълнение на отделните технологични етапи. След обработка чрез дробилни машини и хомогенизиране, суровината (мергел и др.) се подава към смесител, където се въвеждат и предвидените други компоненти (по рецептурен състав) – смлян шамот, бяла глина с висока пластичност, модификатори и технологични добавки. Смления материал с определен гранулометричен състав се оводнява, досмила и хомогенизира в Хомогенизатор до водни колоидни дисперсни

системи с необходимите технологични параметри. Предложените план-схеми (фиг.1,2) са разработени за идеална площадка.



**Фиг.1. Схема на цеховете в завод за производство на павега и плочки.**



**Фиг.2. Схема на цех – движение на Кран – робот – манипулатора поз. 26.**

Получаването на необходимия шамот (в прахообразно състояние) се осъществява при термично третиране на подготвените количества суровина в пещ до 900°C, обработка на полученият продукт с дробилна машина и смилане в мелнично съоръжение до фракция под 100 µm.

Предвидените спомагателни материали се съхраняват в склада към цех № 1 и представляват полученият прахообразен шамот, бяла глина с висока пластичност, модификатори, оцветители (при необходимост) и други. При употреба материалите се претеглят и подготвят за въвеждане в Хомогенизатора посредством транспалетна количка, оборудвана с везна.

След формиране на хомогенна шликерна смес (с водно съдържание до 60 %) и последователна обработка чрез филтър преса, вакуум преса и екструдер получените порции пластична маса (с водно съдържание до 15-20 %) се транспортират към Цех № 2 за формоване на заготовки.

**В цех № 2** от изготвените късове пластична маса чрез употреба на набор от метални матрици и преса за пластично пресоване се формоват заготовки. Получените полуфабрикати се подлагат на сушене в рамките на определен технологичен престой, като първоначално се нареждат (от служител или робот манипулатор) върху стелажни установки, разположена върху Сушилнята (поз. 18 и Пещта поз. 20). За повишаване на предварителната якост на заготовките процесът на сушене продължава в Сушилнята с дължина 76 метра (при циркулация на въздуха и температура до 200°C). При този технологичен етап стелажните установки с полуфабрикатите се придвижват в Сушилнята от колички (20 бр.) за определен интервал от време.

След приключване на сушилния процес получените образци се подлагат на термична обработка при максимални температурни стойности в интервала 1125–1145°C (при изделията с жълт цвят, идентичен с т.нар. „жълти павета“) и в температурния диапазон 1170–1190°C при продукти с други цветови характеристики. Чрез прилагане на специализиран технологичен режим изпичането се осъществява в Пещта (поз. 20) при създадено хомогенно температурно поле, като продуктите се подреждат (от работник или механична ръка) в капсули. Чрез хоризонтално релсово трасе след приключване на процеса на термична обработка количките с готовите изделия се придвижват към склада. Съобразно спецификата на използваните състави и планираните крайни експлоатационни показатели за различните категории изделия са разработени подробни режими за високотемпературно термично третиране, които определят състоянието и контролираното изменение на редица технологични параметри: скорости на повишаване и понижаване на температурата, междинни и окончателни изотермични задръжки, максимална температура, пещна атмосфера, характеристики на температурното поле в пещта и редица други.

На входа на склада е обособен участък за окачествяване и палетизиране на продукцията. Чемберосани, опаковани с полиетиленово фолио (или без него) с помощта на вътрешно заводски транспорт (кар 1t), готовите изделия на палети се складираат за съхранение (по партиди) в склад № 1, откъдето поэтапно се експедираат към търговската мрежа, отделни клиенти или директни потребители.

#### ***2.4. Титулен списък на машините и съоръженията***

При разработване на проекта са заложили необходимите материални активи (табл.1,2,3) за функциониране на завода: поземлен терен, сграден фонд със специализирани съоръжения и оборудване, вътрешно заводски транспорт, системи за комуникация и управление, производствени, складови, сервизни, битови и други помещения и площи. При наличие на възможност се предвижда изграждането на производственото предприятие на терен в близост до базовото находище.

Табл. 1. Списък на необходимите площи за цеховете в завода.

Размери		А	В	Н	ниво
Вид помещение		м	м	м	
<b>1. Цех № 1 Подготовка на суровините</b>	Цех № 1				
1.1. Склад суровини		15	10	6	навес
1.2. Подготвителен участък		5	10	6	I ет.
1.3. Мелничен участък, подготовка шамот		3	20	6	I ет.
1.4. Участък за подготовка на шликер		4	20	6	I ет.
1.5. Участък за изготвяне на пластична маса		4	22,5	6	I ет.
<b>2. Цех № 2 Получаване на готови изделия</b>	Цех № 2	15	60	12	I ет.
2.1. Участък за формоване на заготовки		8	15	12	I ет.
2.2. Сушилнен участък		12,2	60	12	полуетаж
2.3. Участък за окончателна термична обработка		4,5	60	12	I ет.
<b>3. Склад готова продукция</b>	Към цех № 1 и 2	20	15	6	I ет.
<b>4. Ремонтна работилница</b>		6	10	4	I ет.
<b>5. Ремонтен участък</b>		6	9	6	I ет.
<b>6. Трафопост</b>		9	9	4	I ет.
<b>7. Лаборатория</b>		8	9	4	II ет.
<b>8. Управление</b>		15	7	3	II ет.
<b>9. Битови помещения</b>		7	9	3	II ет.
<b>10. Секретарска стая и стълби</b>		15	4	3	II ет.
<b>11. Помпена станция (под трафопост)</b>		9	9	3	мазе

Табл. 2. Списък на предвидените необходими съоръжения №. от 1 до 14 (цех № 1).

№	Цех № 1 Подготовка на суровини
	1.1. Склад суровина
1	Бункер захранващ с вибратор. Обем V = 5 куб.м.
2	Лентов транспортър за отвеждане на суровината към Хомогенизатор поз. 11 и към Колерганг поз. 3. Размери L=20 м, B=500 мм, v=15 м/мин, N=2,2 kW, с 2 бр. клапи.
	1.2. Подготвителен участък
3	Колерганг за раздробяване на суровината до размери 5-10 мм., D=3 м, N=7,5 kW
	1.3. Мелничен участък подготовка шамот
4	Пещ въртяща за термична обработка на сурова глина за изготвяне на шамот. Обща мощност N=15kW, n=20 об/мин., размери D=0,8 м, L=4 м, H=1,5 м.
5	Мелница тип вибрационна за натрошаване на изпечената глина. Производителност 1000 кг/час. N=5 kW. Размери на получената фракция под 100 μм, с обемно тегло 2 500 кг/куб.м.
6	Аспирационна уредба около мелница за шамот. N=2,5 kW.
7	Лентов транспортър за пренасяне на дребните частици от Колерганг поз.3 към Мелница поз. 5, обемно тегло 2800 кг/куб.м, размери B=500 мм, L= 18 м, N=2,2 kW
	1.4. Участък за подготовка на шликер
8	Лентов транспортър за пренасяне на получената фракция от Мелница поз 5 към Хомогенизатор поз. 11, обемно тегло 2800 кг/куб.м, размери B=500 мм, L=15 м, N=2,2 kW, 2 бр. приемателни спуска в единия край, 2 м дървена част и един спусък в другия край.
9	Бункер за добавки – 1,5 м <sup>3</sup>
10	Количка за добавки с везна до 500 кг. Задвижване автоматично. Подаване в Хомогенизатор поз. 11.
11	Хомогенизатор, Колерганг поз.3, Мелница поз. 5. Ориентировъчно време за смилане до 8-10 часа. Приблизителни размери: полезен обем V=3 м <sup>3</sup> . D=0,8-1 м, L=10 м, n=20 об./мин, N=15 kW.
	1.5. Участък за подготовка на пластична маса
12	Филтър преса за частично отстраняване на водата до получаване на пластична маса, D=0,8-1м, L=2м, n=10 об./мин, N=5 kW
13	Вакуум преса винтова за отстраняване на въздушни мехури от получената пластична маса D=0,8-1м, L=2м, n=10 об./мин, N=5 kW
14	Екструдер винтов, D=0,1 м, n=10 об./мин, N=5 kW

**Табл. 3. Списък на предвидените необходими съоръжения №. от 15 до 33 (цех № 2, склад за готова продукция, заводски транспорт, инфраструктура, системи за връзки и управление и други).**

№	Цех № 2 Получаване на готови изделия
	2.1. Участък за отпресоване на изделия
15	Формовъчни матрици за изготвяне на различни видове заготовки – 5 за павета и 2 за плочки.
16	Количка до 1000 кг върху релси. Задвижване автоматично. Подаване към Сушилня с циркулация на въздух, 2,85x2,85 м
17	Преса за отпресоване на сурови изделия. N=15 kW
	2.2. Сушилня участък
18	Сушилня с циркулация на въздух проходна с голям обем и програматор – до 684 м <sup>3</sup> и температура до 200°C с различни режими на сушене за различните изделия, N=75 kW, L=76 м
19	Стелажи за сушене с размери 1,2x0,8x1,8 да влизат във Сушилня с циркулация на въздухта върху количка.
	2.3. Участък за печене
20	Пещ проходна с количка с междинни прегради за високо температурно изпичане на различни изделия до 1200°C в капсули – специални кутии с или без капак. N=150 kW, L=60 м
21	Стелажи за капсули с размери 4x0,8x1,8
22	Капсули за изделия
23	Релсов път, H=1435 мм L=150 м.
	Склад за готова продукция
24	Транспорт вътрешнозаводски – фадрома, трактор с ремарке, мото (или с газ) кар или електрокар. Размер на Европалет A=800 мм, B=1200 мм H=150 мм и височина на товара H=1800 мм.
25	Опаковъчна машина за изделия с лента и фолио. N=3 kW
	Общозаводски съоръжения
26	Цехов кран – с работи манипулатори, товароподемност Q=2 тона. N=8 kW
27	Лаборатория за оценка на качеството – (апарати и уреди)– пълна лабораторна техника. Обща мощност N до 3 kW
28	Ремонтна работилница – най-необходими за ремонт на пещите и другите съоръжения машини, приспособления и инструменти, и ремонтен участък за ремонт, монтаж и демонтаж на изолацията и нагревателите на пещите. Обща мощност N=40 kW
29	Битови помещения – оборудвани с основен инвентар, осигуряващ необходимите удобства
30	Система за контрол и компютърно управление на технологичния процес
31	Заводски телефонни връзки – система – Директорски кабинет
32	Трафопост
33	Общ стелаж за сушене на въздух на изделия върху Сушилня с циркулация на въздух поз. 18 и Пещ поз. 20–742 кв.м.

### **3. Допълнителни звена в структурата на завода**

#### **3.1. Ремонтна работилница с ремонтен участък**

За планова поддръжка и извършване на ремонтни дейности на производствените съоръжения е предвидено наличието на универсално оборудване и обособен ремонтен участък.

#### **3.2. Лаборатория за оценка на качеството**

Заложени са всички необходими уреди и апаратура за провеждане на ефективен контрол на суровините, изготвените полуфабрикати на отделните технологичните етапи от производствения процес и готовата продукция при спазване на технологичните регламенти и действащите в страната норми и стандарти.

#### **3.3. Отопление, вентилация, трафопост, абонатна станция и други**

Всички цехови производствени помещения се отопляват през зимния сезон до +5°C. За служителите от промишлено-производствения персонал са предвидени изолирани кабинни 3x3 м, климатизирани през зимния и летния сезон до +20°C и оборудвани с телефонна връзка и система за видеонаблюдение и контрол. Заложени са всички съоръжения, необходими за функциониране на предвидените звена.

## 4. Изводи

Въз основа на проведената дългогодишна изследователска дейност в лабораторни и полупромишлени условия е подготвен технически проект за проектиране и изграждане на опитен завод за производство на жълти павеа (с комплексни характеристики превъзхождащи оригиналните „жълти павеа“) и допълнителен асортимент от паважни елементи и плочки. Разгледаният технологичен подход е съобразен със съществуващото стандартно оборудване, типично за силикатната промишленост и може да бъде адаптиран към суровините от различни находища и индивидуалните производствени възможности на конкретни предприятия. Предвижда се изготвянето на предварителна партида прототипи за експериментална реставрация на ограничен уличен участък (до 20 m<sup>2</sup>) с амортизирана оригинална настилка, което позволява наблюдение и изследване на образците в реална експлоатационна среда.

Същевременно след частично модифициране технологичният режим и разработените рецептурни състави са приложими при производството на по-широк спектър от продукти: цветни плочи за декоративна облицовка на сгради, материали за футеровка на промишлени агрегати, изготвяне на керамични мозайки и други.

## Благодарности

Настоящата разработка е извършена с финансовата подкрепа на Фонд Научни изследвания при изпълнение на научно-изследователски проект № КП-06-ОПР 03/4 14.12.2018 г.

## Литература

1. Contract: KP-06-OPR 03/4 of 14.12.2018 (MES 02/18/4), Competition for funding of fundamental science investigations on social challenges – 2018, Research project of topic: "Study of the conditions of synthesis and properties of colored petrurgical materials based on sedimentary and metamorphic rocks", Head of the research team: Kr. Toncheva, Beneficiary: Institute of Metal Science, equipment, and technologies with Center for Hydro- and Aerodynamics "Acad. A. Balevski" – BAS, Sofia, Project status: current.
2. Lakov L., N. Stoimenov, P. Conev, V. Vasilev, B. Jivov, Kr. Toncheva, "Physic and chemical, mechanical properties and tomographic analysis of the new "yellow brick" from petrurgic material", DCB 2016, International Conference on Civil Engineering Design and Construction (Science and Practice), 15-17 September 2016, Varna, Bulgaria, 2016, pp. 115-120.
3. Lakov L., Sv. Encheva, P. Conev, V. Vasilev, B. Jivov, Kr. Toncheva, "Manufacturing technology, chemical and phase composition of new "yellow brick", obtain on a based of sedimentary rocks", DCB 2016, International Conference on Civil Engineering Design and Construction (Science and Practice), 15-17 September 2016, Varna, Bulgaria, 2016, pp. 121-127.
4. Lakov L., S. Encheva, P. Tsonev, B. Jivov, M. Aleksandrova, K. Toncheva, "Production of prototypes of "yellow paving stones" in Bulgaria PART I: Physical and chemical properties", Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 53 (6), 2018, pp. 1144-1149.
5. Lakov L., M. Kandeва, P. Tsonev, V. Vasilev, B. Jivov, M. Aleksandrova, K. Toncheva, N. Stoimenov, "Production of prototypes of "yellow paving stones" in Bulgaria PART II: Tribological and mechanical indicators", Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 53 (6), 2018, pp. 1150-1156.
6. Lakov L., M. Gacheva, Sv. Encheva, St. Yordanov, B. Jivov, A. Aleksandrova. Petrographic analysis and structure of new colored petrurgical materials. International Journal "NDT Days, Volume 1, Issue 3, 2018, pp. 276-281.
7. Lakov L., M. Gacheva, K. Yankova, St. Yordanov, B. Jivov, S. Rafailov, K. Toncheva, "New petrurgical materials for the production of yellow bricks and artistic-decorative items", Engineering Sciences, LV, 2018, No. 2, pp. 30-39.



8. Gacheva M., L. Lakov, B. Jivov, S. Yordanov, M. Aleksandrova, "Investigation the conditions for obtaining bulgarian yellowcolored pavings, equivalent in color to the imported produced on base of sedimentary rock". International Scientific Journal "Machines. Technologies. Materials.", Year XIII, Issue 3, 2019, pp. 144-146.
9. Gacheva M., L. Lakov, B. Jivov, K. Marinova, S. Yordanov, S. Rafailov, "Technology for the Preparation of White and Colored Petrurgical Materials on the Basis of Sedimentary Rocks". International Journal "NDT Days", Volume II, Issue 2, Year 2019, 2019, pp.182-187.
10. Lakov L., M. Gacheva, B. Jivov, S. Yordanov, "Stimulation of the crystallization processes of casts of petrurgical materials obtained by the gas counter-pressure casting method". International Scientific Journal "Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations", Year V, Issue 2, 2019, pp. 37-39.
11. Lakov L., M. Gacheva, B. Jivov, S. Yordanov, "Secondary crystallization of petrurgical materials obtained by gas counter-pressure casting", Engineering Sciences, LVI, 2019, No. 1, pp. 57-66.
12. 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.
13. Bachvarova-Nedelcheva A., R. Iordanova, K. L. Kostov, V. Ganev, S. Yordanov, Y. Dimitriev, "Synthesis and Structural Characterization of a Glass in the  $Ag_2O-SeO_2-MoO_3$  System", Journal of Non-Crystalline Solids 481, 2018, pp. 138-147.
14. Mutafchieva G., "Technological development of lighting fixtures in the field of silicate design", Collection reports, Design & applied arts – Sofia, NAA, 2018, pp. 138-144.
15. Mutafchieva G., "Modern trends and development of lighting fixtures in the field of silicate design", PhD thesis for the award of the educational and scientific degree "Doctor", NAA, Bibliography 87, 2020, p. 215.
16. Petkov V., M. Aleksandrova, R. Valov, "Partial oxidation of biocompatible titanium alloy Ti6Al4V during deposition of glassy carbon coating", International Journal "NDT Days", Vol. III, Issue 4, Year 2020, pp. 225-230.
17. Petkov V., M. Aleksandrova, V. Blaskov, "Deposition of  $ZrO_2$  thin films obtained by sol-gel method on monolithic composite with layered structure of  $Nb_3O_7Ti/Al$ ", International Scientific Journal "Machines. Technologies. Materials", Year XVI, Issue 2/2022, pp. 58-61.
18. Mukhtarov P., R. Bojilova, "Influence of solar and geomagnetic activity on the ionosphere over Bulgaria", Comptes rendus de l'Acad'emie bulgare des Sciences, 70, 9, Publishing House of BAS "Prof. Marin Drinov", 2017, pp. 1289-1296.
19. Bojilova R., P. Mukhtarov, "Relationship between the critical frequencies of the ionosphere over Bulgaria and geomagnetic activity", Comptes rendus de l'Acad'emie bulgare des Sciences, 73, 8, Publishing House of BAS "Prof. Marin Drinov", 2020, pp. 1113-1122.
20. Lakov L., B. Jivov, M. Aleksandrova, S. Yordanov, K. Toncheva, „Synthesis, phase composition and microstructure of colored ceramic materials based on diopside“. International Scientific Journal Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations, Year VI, Issue 3 / 2020, Scientific Technical Union of Mechanical Engineering INDUSTRY 4.0, 2020, pp. 77-79.
21. Toncheva K., L. Lakov, M. Gacheva, B. Jivov, "Metal molding equipment for yellow pavet forming", International Journal "NDT Days", Volume III, Issue 2, 2020, pp. 100-103.
22. Lakov L., G. Mutafchieva, G. Peev, M. Aleksandrova, B. Jivov, "Physicochemical and technological researches of marls from the area of the village lovets related to the production of the new "yellow paving stones". International Scientific Journal Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations, Year VII, Issue 3/2021, Scientific Technical Union of Mechanical Engineering INDUSTRY 4.0, 2021, pp.107-109.
23. Mutafchieva G., L. Lakov, M. Aleksandrova, G. Peev, "Technology for production of reduced yellow paving stones on the basis of modified marl clay from the Alexandra quarry, the village of Lovets, Bulgaria" (Part 1), International Scientific Journal "Machines. Technologies. Materials", Issue 3/2022, pp. 96-99.
24. Patent № 66924 B1/31.12.2021, Name of the invention "Petrurgical material", Authors: Lakov L., P, Tsonev, V. Vasilev, Place of application Bulgaria, Status – valid.