



Чмель В. М.



Новікова І. П.



Алексєєва Л. В.

Чмель В. М., канд. техн. наук, старший науковий співробітник, Інститут технічної теплофізики НАН України (ІТТФ).

вул. Желябова, 2-а, м.Київ, 03052, Україна,
✉ chmel.valerii@gmail.com ☎ 38-066-780-00-07

Новікова І. П., науковий співробітник, Інститут технічної теплофізики НАН України (ІТТФ),

вул. Желябова, 2-а, м.Київ, 03052, Україна
✉ chmel.valerii@gmail.com ☎ 38-063-103-30-36

Алексєєва Л. В., зав. сектором перліту, ДП «Науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів і виробів» (НДІБМВ), вул.Костянтинівська,68, м.Київ, 04080, Україна.
✉ rdibmp@users.ldc.net ☎ 38-095-011-44-67

V. Chmel, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Science of Ukraine, Zelyabova, 2-a, Kyiv, 03052, Ukraine

✉ chmel.valerii@gmail.com ☎ 38-066-780-00-07

S. Novikova, Researcher, Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Science of Ukraine, Zelyabova, 2-a, Kyiv, 03052, Ukraine

✉ chmel.valerii@gmail.com ☎ 38-063-103-30-36

L. Alyekseyeva, Director of perlite division, State Enterprise «Ukrainian Research and Design Institute of Building Materials and Products «RDIBMP», Konstantinovska, 68, Kyiv, 04080, Ukraine,
✉ rdibmp@users.ldc.net ☎ 38-095-011-44-67

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПРЯМОВИСНОЇ КОНІЧНОЇ ПЕЧІ СПУЧУВАННЯ ПЕРЛІТУ МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ МУ-5

RESEACH OF THE WORKING PROCESS OF A VERTICAL CONICAL FURNACE OF EXPANSION OF PERLITE OF THE MOBILE UNIT MU-5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОНИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ВСПУЧИВАНИЯ ПЕРЛИТА МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ МУ-5

Анотація. Розглянуті результати досліджень робочого процесу прямовисної конічної печі спучування перліту розробки ІТТФ НАН України, що входить до складу мобільної перлітової установки МУ – 5, яка створена спільно ІТТФ НАН України та ДП «НДІБМВ на основі мобільної пересувної перлітової установки МПУ.

Дослідження робочого процесу прямовисної конічної печі проведені на Броварському заводі будівельних конструкцій з використанням перлітової сировини родовища Фогош Закарпатської області України при роботі на природному газі.

В результаті досягнуті наступні технічні характеристики: продуктивність печі 450-500 кг/год за сировиною, насипна густина одержаного спученого перлітового піску 75 – 100 кг/м³ з розміром зерен 0,16-1,25 мм, питома витрата природного газу 11,1 м³/м³.

Ключові слова: термообробка, перлітова сировина, родовище Фогош, Закарпатська область України, двостадійна технологія, мобільна перлітова установка, конічна піч, спучений перлітовий пісок, задана насипна густина, мінімальна питома витрата газу.

Annotation. The results of reseach of the working process of a vertical conical furnace of perlite developed by ITTF of the NAS of Ukraine, which is part of the mobile perlite installation MU-5, created jointly by ITTF of the NAS of Ukraine and SE «RDIBMP» on the basis of the MPU mobile perlite installation are considered. Reseach of the working process of the vertical conic furnace were carried out at the Brovarsky plant of building structures with using perlite raw materials of Fogosh deposit of Transcarpathian region of Ukraine when operating on natural gas.

As a result, the following technical characteristics were achieved: furnace capacity 450-500 kg / h for raw materials, bulk density of the obtained expanded perlite sand 75-100 kg / m³ with a grain size of 0.16-1.25 mm, specific expense of natural gas 11.1 m³ / m³

Key words: thermal processing, perlite raw material, Fogosh deposit, Transcarpathian region of Ukraine, two stage technology, mobile perlite installation, conical furnace, expanded perlite sand, predetermined bulk density, minimal the specific expense of natural gas.

Аннотация. Рассмотрены результаты исследований рабочего процесса конической печи вспучивания перлита разработки ИТТФ НАН Украины, которая входит в состав мобильной перлитовой установки МУ-5, созданной совместно ИТТФ НАН Украины и ГП «НИИСМИ» на основе мобильной передвижной перлитовой установки МПУ.

Исследования рабочего процесса вертикальной конической печи были проведены на Броварском заводе строительных конструкций с использованием перлитового сырья месторождения Фогош Закарпатской области Украины при работе на природном газе.

В результате достигнуты следующие технические характеристики: производительность печи 450-500 кг/ час по сырью, насыпная плотность полученного вспученного перлитового песка 75-100 кг/м³ с размером зерен 0,16-1,25 мм, удельный расход газа 11,1 м³/м³.

Ключевые слова: термообработка, перлитовое сырье, месторождение Фогош, Закарпатская область Украины, двухстадийная технология, мобильная перлитовая установка, коническая печь, вспученный перлитовый песок, заданная насыпная плотность, минимальный удельный расход газа.

Вступ

В промисловості широко використовується спучений перлітовий пісок: для сухих будівельних сумішей, для легких бетонів, для тепло та звукоізоляції.

На отримання перлітового піску з необхідними фізичними характеристиками впливають властивості перлітової сировини і умови її термообробки.

В ДП «НДІБМВ» була створена двостадійна технологія обробки перлітової сировини з використанням нових теплоагрегатів.

Головним розробником технологічного обладнання для спученого перлітової сировини протягом 50 років є ДП «НДІБМВ», останні роки агрегати для спучування: шахтні та конічні печі розробляють спільно ДП «НДІБМВ» та ІТТФ НАН України. В 70 роках в ДП «НДІБМВ» була розроблена прямо-висна конічна піч ПТВ [1].

Відмінною особливістю печі є суміщення процесів термоміодготовки, спучування і оплавлення зерен перліту в одному агрегаті.

Піч (Рис. 1) має внутрішній та зовнішній конуси, що вставлений один у другий, створюючи кільцевий канал, палинковий пристрій, розташований в нижній частині печі, пристрій для подачі вторинного повітря, патрубок для подачі сировини та патрубок виводу димових газів та спученого матеріалу. Внутрішній конус печі виконаний у вигляді теплообмінника з тангенціальним патрубком для подачі сировини та центральним патрубком, розташованим над піччю, для відбору знепиленого повітря.

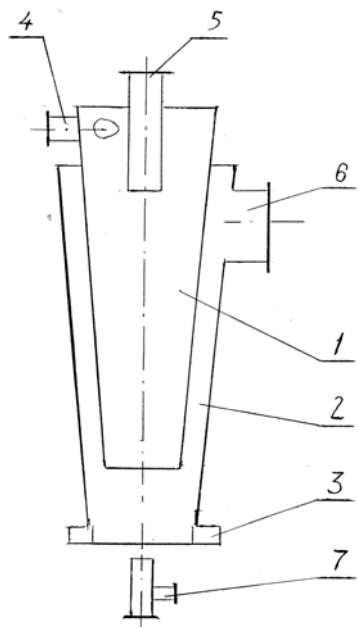


Рис.1. Прямовисна конічна піч спучування перліту:

- 1 – внутрішній конус;
- 2 – зовнішній конус;
- 3 – завихрювач;
- 4 – патрубок подачі сировини;
- 5 – патрубок видалення газів з внутрішнього конусу;
- 6 – патрубок видалення димових газів з печі;
- 7 – палинковий пристрій.

При роботі печі фракціонується, висушена перлітова сировина поступає у внутрішній конус і відкидається на його внутрішню поверхню, далі по спіралі опускається до низу, нагріваючись від металевої поверхні конусу, під час чого відбувається процес термopідготовки сировини.

Термopідготовлена сировина поступає в зону випалу печі, частинки перліту взаємодіють з продуктами згоряння палинкового пристрою, спучуються та оплавляються з поверхні і разом з димовими газами відсмоктуються в кільцевий канал між конусами і далі виносяться з печі в систему осадження.

Таким чином, процес термообробки перлітової сировини в прямовисній конічній печі відбувається за двостадійним технологічним процесом: термopідготовка перлітової сировини – у внутрішньому конусі, спучування і оплавлення сировини – у зоні спучування зовнішнього конусу.

Проведені спільно ДП «НДІБМВ» та ІТТФ НАН України дослідження робочого процесу конічної печі на Броварському ЗСК у 1985–1989р.р. [2], показали, що при високій якості продукції вона має підвищений шум та вузький діапазон за фракціями сировини (просип крупної фракції перліту).

По результатам досліджень були виявлені механізми появи просипу перлітової сировини та визначені акустичні властивості печі. Це дозволило розробити спосіб, який забезпечив змінювати діапазон фракційного складу перлітової сировини та час перебування в зоні термopідготовки шляхом створення у внутрішньому ко-

нусі висхідного потоку, а також спосіб зменшення шуму за рахунок зміни власних частот печі і, відповідно, зміни імпедансу на зрізі пристрою подачі вторинного повітря.

Все це лягло в основу спільної розробки ДП «НДІБМВ» та ІТТФ НАН України – нову конструкцію конічної печі [3]. Її відмінною особливістю є можливість створення висхідного потоку продуктів згоряння у внутрішньому конусі, що веде до збільшення часу перебування часток перліту в зоні термopідготовки, а також збільшує її температуру.

Піч була використана для створення мобільної пресувної перлітової установки МПУ спільно ДП «НДІБМВ» та ІТТФ НАН України. Установка була призначена для ОАО «КРИОГЕНМАШ» (м. Балашиха, Московської обл.) для виробництва спученого перлітового піску з метою використання в якості теплоізоляції установок розділення повітря [4].

Експлуатація печі у складі установки МПУ на Ново-Липецькому металургійному комбінаті (Російська Федерація) дозволила отримати з української перлітової сировини родовища Фогош 6000 м³ спученого перлітового піску з насипною густиною 75 – 90 кг/м³, зерновим складом 0,14 – 2,5 (модуль крупності 1,4-1,8), який був направлений в сховище спученого перліту, а згодом в установку розділення повітря.

Також при її експлуатації був виявлений недолік. У наслідок того, що патрубок виводу димових газів та спученого матеріалу приєднаний безпосередньо до зовнішнього корпусу по його осі, потік газів в кільцевому каналі між конусами не однорідний, створюється застійна зона з протилежного боку патрубку виводу димових газів, в якій температура газів нижча на 100–150°C. Це викликає нерівномірний нагрів обох конусів, що веде: по перше, до погіршення роботи теплообмінника, і, як наслідок, відбувається неефективний нагрів сировини та випадання в просип крупних фракцій і, по друге, до термічних напруг в матеріалі конусів, що веде до їх деформації та руйнуванню – виникненню тріщин, відрив фланців.

З метою одержання спученого перлітового піску необхідної якості (фракційний склад, насипна густина, пориста структура, тощо) для різних галузей промисловості та широкого впровадження мобільної технології, ІТТФ НАН України та ДП «НДІБМВ» створили за замовленням Головного управління промислової, науково-технічної та інноваційної політики ВО Київської міської ради (КМДА) удосконалену мобільну установку МУ-5 (Рис. 2) [5,6].



Рис. 2. Мобільна перлітова установка МУ-5.

В мобільній установці використана прямовисна конічна піч розробки ІТТФ НАН України, яка враховує досвід експлуатації попередньої конструкції печі в мобільній установці МПУ.

Дослідження робочого процесу

При розробці конічної печі спучування перліту, призначеної для роботи у складі мобільної установки МУ – 5, Інститут технічної теплофізики НАН України врахував недоліки, притаманні конічним печам ПТВ і, шляхом створення рівномірної течії в кільцевому каналі між конусами, виключив нерівномірний нагрів і появлення термічних напруг в матеріалі корпусів.

Конічна піч була виготовлена Броварським заводом будівельних конструкцій за кресленнями Інституту і встановлена на лінії виробництва спучування перліту.

Конічна піч спучування має наступні технічні характеристики:

- Продуктивність – 450–500 кг/год по сировині.
- Паливо: природний газ з теплою згоряння – 8000 ккал/н м³ або мазут М100 чи дизпаливо з теплою згоряння 9000–10000 ккал/кг.
- Питома витрата тепла – 1148 ккал/кг.

Для проведення пуску конічної печі, встановленої у лінії виробництва спучування перліту Броварського заводу будівельних конструкцій (Рис. 3), на підставі отриманих в роботі [5] режимів спучування перлітової сировини родовища Фогош, були проведені розрахунки теплових параметрів прямовисної конічної печі спучування при її роботі на природному газі.



Рис. 3. Прямовисна конічна піч ПТФ НАНУ, встановлена у лінії виробництва спученого перліту Броварського ЗБК

За розрахунками, конічна піч розробки Інституту технічної теплофізики НАН України дозволяє отримувати спучений перлітовий пісок при витраті природного газу біля 11,5 м³ на один метр кубічний спученого перлітового піску, що є одним з найкращих показників серед обладнання для спучування перліту світових виробників.

Пуск конічної печі спучування перліту був здійснений трьома серіями. Параметри та результати найбільш характерних режимів пуску наведені в таблиці 1. Розмірності наведені згідно використаних БЗБК вимірювальних приладів.

Перший пуск печі, здійснений в серії 0, був проведений для на-

лагодження взаємодії всіх елементів лінії виробництва спучування перліту. Він показав:

- Запуск паливкового пристрою здійснюється легко, але витрати природного газу на паливковий пристрій – розрахункові не відповідали показанням лічильника газового пункту підприємства. Останній завищував витрату газу на 50 м³/год.
- Живильник сировини не забезпечував необхідні витрати. Як бачимо (Табл.1), була досягнута витрата 100 кг/год.
- Спучений перліт мав густину 150 кг/ м³.
- Питома витрата газу сягала 37,99 м³/ м³.

До наступних пусків був модернізований живильник сировини та встановлена термopара для заміру температури газів на виході з внутрішнього конуса, а також була ліквідована розбіжність в визначенні обсягів газу за показаннями лічильника і за розрахунками по показанням приладів встановлених на паливковому пристрої.

Підчас роботи печі її корпус, при вірно встановленому паливковому пристрої (по вісі конуса), нагрівається рівномірно. Для безпечної експлуатації печі, після першого пуску вона була теплоізолявана.

Пуски серій 1 та 2 були направлені на відпрацювання режимів роботи печі, які б відповідали розрахунковим і забезпечували виробництво перліту потрібних параметрів.

При пусках використовувалась перлітова сировина, характеристики якої наведені в таблиці 2. Зазначена сировина відповідала вимогам конічної печі спучування.

Як видно з таблиці 1, при пусках на паливковому пристрої коефіцієнт надлишку повітря був $\alpha_{пн} = 1,024 - 1,084$, що близько до номінального – 1,05, при якому паливковий пристрій працює найбільш ефективно і відповідає робочому процесу печі.

Коефіцієнт надлишку повітря печі α_n був в межах 1,348–1,525, що значно менший розрахункового ($\alpha_n=1,903$). Робота печі при таких коефіцієнтах надлишку повітря була викликана необхідністю збільшення температури на виході з печі та відсмоктуванням частки високотемпературних газів із внутрішнього конуса.

Загалом пробні пуски провадилися при температурі газів на виході з печі в двох діапазонах 840–850°C та 860–880°C, при цьому температура на виході внутрішнього конуса задавалась різною, що відповідало різній ступені термopідготовки сировини у внутрішньому конусі.

Таблиця 1.

Параметри та результати пуску конічної печі розробки Інституту технічної теплофізики НАН України

№ з/п	Параметри	Розмірність	Серія проведення пуску/ номер пуску														
			0					1					2				
			1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
1.	Тиск повітря подачі сировини	кПа	0,5	0,3	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25				
2.	Розрідження перед пічкою	x100Па	2,1	2,25	2,25	2,15	2,0	2,15	2,0	2,1	2,25	1,8	1,75				
3.	Розрідження перед внутрішнім конусом	x100Па	1,3	1,25	1,15	1,1	1,0	1,0	1,3	0,3	0,4	0,8	1,0				
4.	Тиск повітря в завихрювачі	кг/м ²	3	9	10	7	7	8	8	7,5	11,2	15	15				
5.	Витрата повітря в завихрювач	м ³ /год	107	185	195,3	163,5	163,5	174,7	174,7	169,2	207,7	239,3	239,3				
6.	Тиск повітря перед паливковим пристроєм	кПа	0,8	1,15	1,2	1,2	1,25	1,25	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2				
7.	Витрата повітря в паливковий пристрій	м ³ /год	480	575	588	588	600	600	588	588	588	588	588				
8.	Тиск газу перед паливковим пристроєм	кПа	28	30	28	28	30	30	29	30	30	28	28				
9.	Витрата газу на паливковий пристрій	м ³ /год	56,99	58,99	56,99	56,99	58,99	58,99	57,99	58,99	58,99	56,99	47,28				
10.	Коефіцієнт надлишку повітря в паливковому пристрої		0,885	1,024	1,084	1,084	1,068	1,068	1,065	1,047	1,047	1,084	1,084				
11.	Коефіцієнт надлишку повітря печі		1,08	1,35	1,443	1,385	1,359	1,379	1,38	1,348	1,415	1,525	1,841				
12.	Температура газів на виході з печі	°C	930	880	839	840	880	880	870	850	850	860	885				
13.	Температура газів на виході з внутрішнього конуса	°C	-	180	170	164	170	178	200	130	110	120	135				
14.	Насипна густина спученого перліту	кг/м ³	150	140	185	175	125	145	200	165	155	105	110				
15.	Завантаження печі сировиною	кг/год	100	380	540	>540	406	406	450	468	330	410	469				
16.	Продуктивність печі	м ³ /год	1,5	2,75	3,6	3,08	3,25	2,8	2,25	2,84	2,75	3,9	4,26				
17.	Питома витрата газу	м ³ /м ³	37,99	21,45	15,83	18,5	18,15	21,06	25,77	20,77	21,45	14,6	11,1				

Таблиця 2.

Характеристика перлітової сировини

№ з/п	Серія проведення пуску	Номер пуску	Насипна густина, кг/м ³	Вологість, %	Втрати при розжарюванні, по масі, %	Гранулометричний склад по масі, %					
						Розмір отворів сит, мм					
						2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Дно
1.	0	1	1200,6	0,89	5,2	3,1	39,8	29,8	7,7	6,0	13,6
2.	2	1	990,0	-	-	-	0,5	10,6	21,0	50,0	17,9
3.	2	2	1020	-	-	1,4	2,4	15,0	18,7	41,7	20,8

Отриманий підчас пусків спучений перлітовий пісок, в залежності від температури на виході з печі та внутрішнього конусу мав різну насипну густину.

При цьому питома витрата газу також була різною.

Характеристики отриманого перлітового піску наведені в таблиці 3. На підставі аналізу таблиць 1 та 3 була побудована залежність насипної густини перлітового піску від температури на виході із внутрішнього конусу при температурах на виході з печі в двох діапазонах 840–850°C та 860–880°C (Рис.4).

Як видно, насипна густина спученого перлітового піску в обох діапазонах температур залежить від температури на виході з внутрішнього конусу. Найменша насипна густина при низьких температурах. Можливим поясненням цьому є те, що при високих температурах у внутрішньому конусі з'являється інтенсивний висхідний потік, який ізолює частки перлітової сировини від стінок внутрішнього конусу, що порушує їх термopідготовку. А тепла висхідного потоку недостатньо для її проведення. Тому існує оптимум температур на виході з внутрішнього конусу, який відповідає заданій насипній густині при мінімальній питомій витраті газу. Як приклад можуть бути розглянуті пуски серії 1 (2) та 2 (4, 5) в яких піч працювала при коефіцієнті надлишку α_n в межах 1,348 – 1,525 і витрата сировини була на рівні 410 – 540 кг/год при середній питомій витраті газу 14,6 м³/м³. В той же час на режимі 2 (5) піч працювала при коефіцієнті надлишку повітря печі $\alpha_n = 1,841$ близько до розрахункового ($\alpha_n = 1,903$) і на зазначеному режимі при витраті сировини до 500 кг/год питома витрата газу була 11,1 м³/м³, що значно менше розрахункової.

Можна додати, що для отримання перлітового піску з меншою насипною густиною більш прийнятний високотемпературний діапазон – 860–880°C.

Висновки:

- Для роботи з конічною піччю забезпечити рівномірну, сталу подачу сировини.
- Використати шибера на газоходах конічної печі спучування, які б дали можливість точно встановлювати необхідні параметри.
- Для отримання спученого перлітового піску з сировини родовища Фогош роботу конічної печі провадити при температурах на її виході – 860–880°C, при температурі на виході з внутрішнього конусу відповідно до марки спученого перлітового піску.
- Досягнута питома витрата газу майже відповідає розрахунковій.
- Витрата тепла в печі дозволяє збільшити її завантаження сировиною і збільшити продуктивність, при цьому можливе досягнення питомої витрати газу менше розрахункової.
- Існує оптимум температур на виході з внутрішнього конусу, який відповідає заданій насипній густині спученого перлітового піску при мінімальній питомій витраті газу.

Таблиця 3.

Характеристика спученого перлітового піску

№ з/п	Серія м ³ проведення пуску	Номер пуску	Насипна густина, кг/м ³	Гранулометричний склад по масі, %					
				Розмір отворів сит, мм					
				2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Дно
1.	0	1	150	17,4	32,8	22,0	11,8	11,0	5,0
2.	1	2	185	1,0	1,4	14,5	28,4	44,0	11,7
3.	1	4	125	-	0,2	11,2	26,6	45,6	16,4
4.	1	5	145	-	4,0	30,0	28,0	25,6	12,4
5.	2	2	165	-	1,2	22,2	30,4	41,0	5,2
6.	2	3	155	-	1,2	25,0	30,8	38,4	4,6
7.	2	4	105	-	0,4	17,2	22,0	38,8	21,6

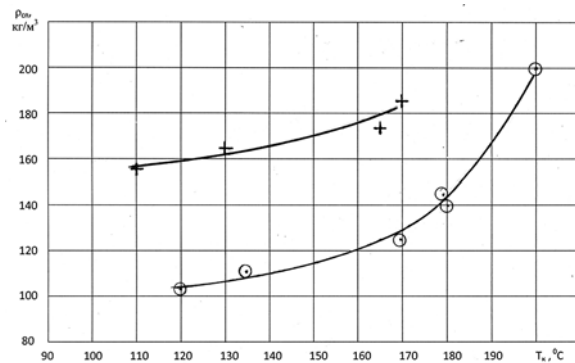


Рис. 4. Залежність насипної густини спученого перлітового піску від температури на виході із внутрішнього конусу: o – при температурі на виході з печі 860–880°C; + – при температурі на виході з печі 840–850°C.

Література:

- Вертикальная коническая печь для обжига сыпучего материала. А.С. СССР №690267. Голубчин А.Г., Жуков А.В., Исаакян Р.Г. и др. – 05.10.79г. Бюл. №37
- Чмель В.Н., Новикова И.П., Алексеева Л.В. Исследование рабочего процесса печи термopідготовки и вспучивания перлита. // Дисперсні системи. XX наукова конференція країн СНД, 23-27 вересня 2002р. Одеса, Україна. Тези доповідей. – Одеса: Астропринт, 2002. – С. 275.
- «Вертикальна конічна піч для випалу сипучого матеріалу» Патент України на винахід №50884. Чмель В.М., Носач В.Г., Алексеева Л.В. та інш. – 15.11.2002р., Бюл. №11.
- Алексеева Л.В., Чмель В.Н., Новикова И.П. /Особенности производства вспученного перлитового песка на мобильной установке с вертикальной конической печью. // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №6 с.22-25.
- Розробка технології і мобільної установки з виробництва спученого перлітового піску з вітчизняної сировини. Чмель В.М., Новикова И.П. /Заклучний звіт про науково-технічну роботу за договором № 20 від 25.10.2005р. з Головним управлінням промислової, науково-технічної та інноваційної політики ВО Київської міської Ради (КМДА). – № держ.реєс.0105U008996, ІТФ НАН України, Київ, 2006, с.51.
- Алексеева Л.В., Чмель В.М., Новикова И.П. /Мобильная установка «МУ-5» з виробництва спученого перлітового піску. // Будівельні матеріали та виробн. 2008. – №6 с.43-45.