

АППАРАТЫ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Описано апарати з псевдозрідженим шаром, що використовуються у виробництві різних теплоізоляційних матеріалів. Наведено приклад спрощеного розрахунку часу термообробки матеріалу, що застосовується для визначення конструктивних характеристик агрегату термообробки.

Описаны аппараты с псевдооживленным слоем используемые в производстве различных теплоизоляционных материалов. Приведен пример упрощенного расчета времени термообработки материала, применяемый для определения конструктивных характеристик агрегата термообработки.

The fluidized bed unit are used in manufacture of various heat-insulating materials are described. The example of simplified calculation of the processing thermal-treatment time of material, which used for definition of constructive characteristics of the heat treatment unit, is resulted.

T – температура термообработки;
 T_0 – начальная температура частицы;
 $U_{кр}$ – критическая влажность данного материала;

U_p – равновесная влажность при данной температуре;
 \bar{U} – текущее значение остаточной влажности;
 τ – время сушки.

Разработка эффективных методов сушки и термообработки дисперсных материалов приобретает важное практическое значение в связи с высокими требованиями, которые предъявляются к качеству готовой продукции и необходимостью перехода к энерго- и ресурсосберегающим технологиям.

Так, в производстве дисперсных теплоизоляционных материалов, эффективное ведение технологического процесса влияет не только на энергоэффективность производства и связанную с этим стоимость конечного изделия, но и на качественные показатели готового продукта, которые в свою очередь существенно влияют на энергосбережение в строительстве.

На отопление жилых помещений в Украине расходуется около 30 млн. тонн условного топлива в год, что является существенной долей от всего объема энергоносителей, потребляемых в стране. Подсчитано, что использование 1 м³ теплоизоляции обеспечивает экономию 1,4...1,6 тонн условного топлива в год. Но выпуск пористых утеплителей в Украине ничтожно мал. Для

сравнения, он характеризуется (на 2000 год) следующими цифрами на 1000 жителей: США – 500 м³, Швеция – 600 м³, Финляндия – 420 м³, Россия – 80 м³, Украина – 40 м³ [1]. Доля импортных теплоизоляционных материалов составляет более 40%, а с ростом цены на энергоносители выпускаемая на устаревшем оборудовании отечественная продукция может не выдержать конкуренции. Не в последнюю очередь проблема недостаточного производства утеплителей сказывается и на росте стоимости возведенного жилья.

Применение технологии псевдооживленного слоя открывает возможность создания агрегатов высокой технологической и энергетической эффективности вследствие снижения капитальных и эксплуатационных затрат.

Техника псевдооживленного слоя обладает рядом преимуществ: высокой интенсивностью проходящих в аппарате тепло-массообменных процессов, возможностью совмещения в одном аппарате нескольких процессов (стадий процессов), низкой металлоемкостью, простотой в изготовлении. Однако им свойственны некоторые

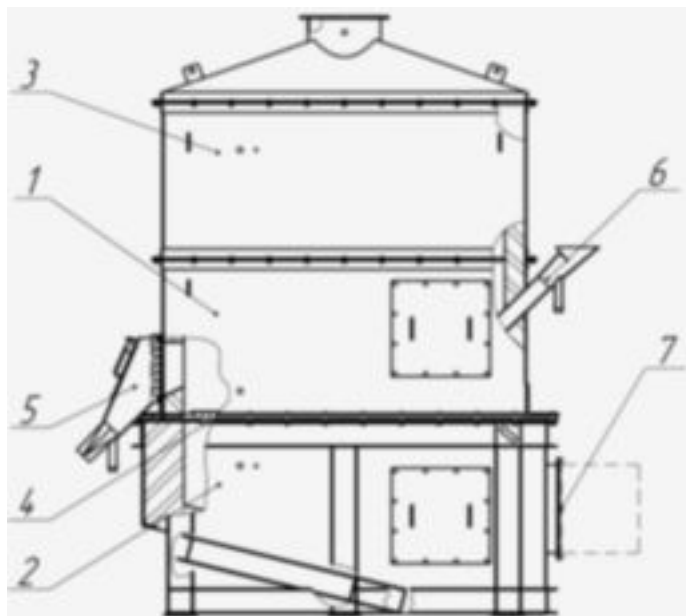


Рис. 1. Печь с псевдоожиженным слоем для термоподготовки перлита перед вспучиванием:
1 – рабочая камера; 2 – подрешеточная камера;
3 – сепарационная зона; 4 – газораспределительная решетка; 5 – выгрузочное устройство;
6 – загрузочное устройство; 7 – патрубок подвода горячего теплоносителя.

недостатки: вынос мелких фракций из слоя, возможность прямого проскока частиц, которые не являются определяющими и могут быть частично или полностью устранены, а в ряде случаев даже использованы как преимущество.

На базе многолетнего опыта разработки и внедрения аппаратов псевдоожиженного слоя в Институте газа НАН Украины разработаны техноло-

гии и аппараты с псевдоожиженным слоем, которые внедрены в производство в энергосберегающих технологиях получения теплоизоляционных материалов.

В производстве вспученного перлита на заводах строительных материалов (г. Бровары, Калиновка, Киевской обл.; г. Кривой Рог, г. Харьков, в Греции, – всего на 6 заводах) для термоподготовки исходного перлита внедрен аппарат с псевдоожиженным слоем (рис.1.), обеспечивающий, помимо снижения затрат топлива, возможность регулирования потребительских свойств вспученного перлита (насыпная плотность, прочность и водопоглощение). Его краткая техническая характеристика приведена в табл. 1.

Перлит – один из природных экологически чистых материалов многоцелевого назначения. Особенность перлитов – способность вспучиваться при высокотемпературной обработке с образованием, в зависимости от количества остаточной воды, материала с открытой или закрытой пористостью. Т.е. остаточная влага в перлите перед вспучиванием является основным фактором, который определяет его качественные характеристики. При производстве вспученного перлита на первом этапе измельченное вулканическое стекло проходит предварительную подсушку с целью удаления поверхностной влаги, на втором этапе проводится термообработка в аппарате с псевдоожиженным слоем желобного типа с целью удаления структурно связанной влаги, после чего ведется вспучивание материала при высокой температуре в вертикальной шахтной печи. Спецификой процесса термоподготовки

Табл. 1. Техническая характеристика печи термоподготовки перлита

1. Производительность	0,5 ... 1,5т/ч
2. Гранулометрический состав частиц	не более 3мм
3. Расход топлива: прир.газа, $P = 40\text{кПа}$ мазута, $P = 1\text{Мпа}$	20 ... 50 $\text{нм}^3/\text{ч}$ 15 ... 40 кг/ч
4. Расход воздуха ($P = 5...6\text{кПа}$)	1000...2200 $\text{нм}^3/\text{ч}$
5. Температура термоподготовки	330 ... 450 $^{\circ}\text{C}$
6. Время термоподготовки	3 ... 30мин
7. Габаритные размеры L×B×H	3,0×1,0×3,5 м

является необходимость обеспечить определенное время пребывания обрабатываемого материала при заданной температуре. Добиться равного достаточно длительного времени пребывания частиц обрабатываемого материала при постоянной температуре в типовых агрегатах (например, во вращающихся сушильных барабанах) невозможно [2]. Для обеспечения заданного времени пребывания обрабатываемых частиц (а, как известно, в аппаратах с кипящим слоем, вследствие продольного перемешивания, время пребывания разных частиц крайне неравномерно) используется ряд приемов (аппарат вытянут в длину, наклонен к месту выгрузки и др.).

Для определения требуемого времени термообработки перлита, других характеристик процесса, а также конструктивных параметров агрегата были проведены эксперименты, на основании обработки которых предложено упрощенное уравнение сушки для второго периода (периода падающей скорости сушки):

$$\bar{U} - U_p = (U_{кр} - U_p) e^{-30\tau},$$

а также определена зависимость, позволяющая связать критическую и равновесную влажность для термообратываемого материала в псевдооживленном слое в диапазоне температур $T = 275...475$ °С:

$$\frac{U_p}{U_{кр}} = 1,18 - 0,29 \frac{T - T_0}{T_0}.$$

На (рис.2) представлено сопоставление экспериментальных и расчетных данных, полученных с использованием упрощенного уравнения.

Однако перлит – не единственный материал, в производстве которого крайне важно проводить процесс термообработки сырья при определенной температуре в течение заданного периода времени. Сиопор – пористый теплоизоляционный материал с низкой насыпной плотностью ($70...250$ кг/м³, теплопроводность – $0,04...0,075$ Вт/м·К) получается при низкотемпературном (около 300 °С) вспучивании сиолита [3]. Сиолит – гидросиликат натрия с кремнеземистым модулем $m \geq 3,0$. Его получают на основе широко распространенного в Украине сырья – трепела (порода с содержанием до 75 % аморфного кремнезёма и натрия технического едкого $42...48$ % концентрации).

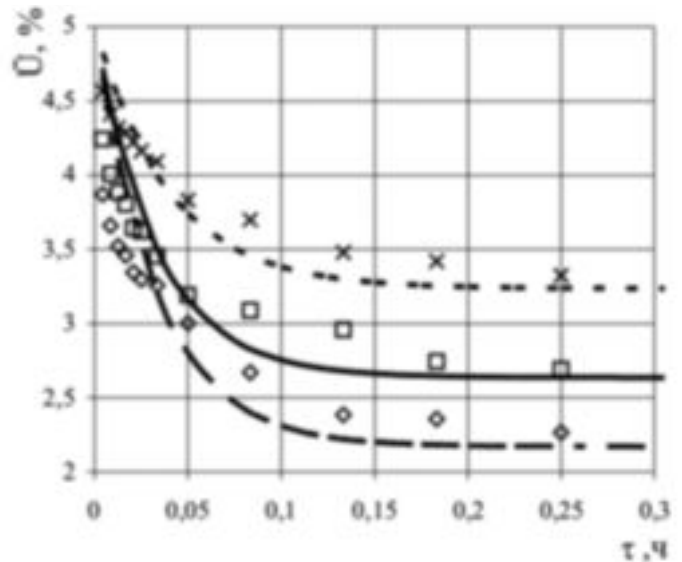


Рис. 2. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных по дегидратации перлита при различной температуре термообработки. Эксперимент: × – $T = 275$ °С, □ – $T = 320$ °С, ◇ – $T = 355$ °С; Расчетные кривые: ----- – $T = 275$ °С, ————— – $T = 320$ °С, -.-.-.-.- – $T = 355$ °С.

Используется сиопор в основном в строительстве в качестве тепло- звукоизоляционной засыпки, заполнителя для бетонов и др. В его производстве для термообработки исходного дробленого материала используется аппарат – сушилка-поризатор, аналогичный представленному на рис.1. В нем происходит и удаление избыточной влаги, и вспучивание, вследствие выделения пара из глубины частицы.

На следующем этапе производства необходимо охладить продукт для предупреждения его слипания и провести разделение его частиц по размеру. Вследствие применения каскадного аэродинамического классификатора с псевдооживленным слоем (холодильник-классификатор) переменного по высоте сечения (рис.3.) можно проводить эти два процесса одновременно. Особенно эффективна аэродинамическая классификация в таких аппаратах для мелких легких частиц или частиц неправильной формы (< 1 мм), трудно поддающихся рассеиванию на ситах. Краткая техническая характеристика аппарата приведена в табл. 2.

Табл. 2. Техническая характеристика холодильника-классификатора

1. Производительность	до 6т/ч
2. Количество фракций на выходе	2 ... 4
3. Размер исходных частиц	не более 1,25мм
4. Чистота фракций	85 ... 90%
5. Расход воздуха	3200 м ³ /ч
6. Габаритные размеры L×B×H	3,3×0,5×3,0 м

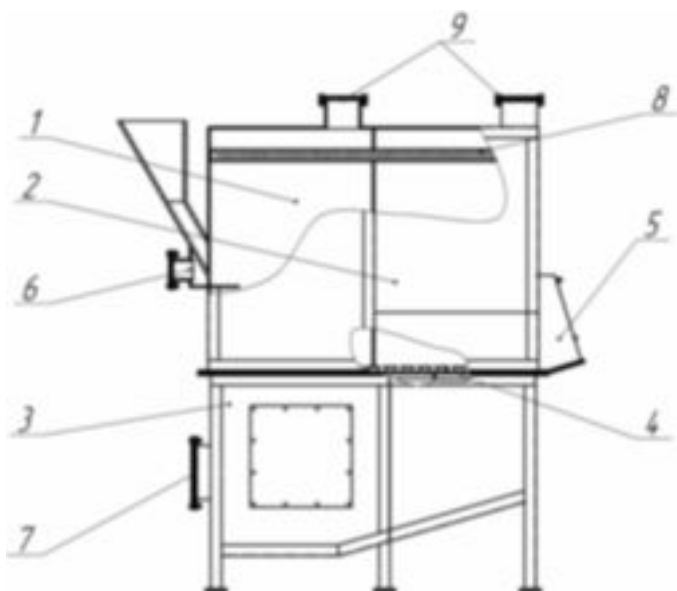


Рис. 3. Каскадный аэродинамический классификатор с псевдооживленным слоем:
1 – первая рабочая камера; 2 – вторая рабочая камера 3 – подрешеточная камера;
4 – газораспределительная решетка;
5 – выгрузочное устройство; 6 – загрузочное устройство; 7 – патрубок подвода дутьевого воздуха; 8 – жалюзийная сепарационная решетка;
9 – патрубки отвода фракционированного сырья.

В производстве микросфер из зол ТЭС (п.г.т. Мироновка, Киевской обл.) внедрены агрегаты с псевдооживленным слоем для сушки дисперсных, склонных к слипанию, материалов с трудноудаляемой влагой [4]. На рис. 4. приведены технологические схемы производства мощностью 1 т/ч по готовому продукту – высушенным алюмосиликатным микросферам из зол ТЭС.

Микросферы – это полые алюмосиликатные микрошарики размером от 1 – 3 мкм до 500мкм,

в редких случаях до 1-2 мм, еще их называют це-носферами. Образование зольных микросферы происходит при расплавлении минеральной части частиц размолотого угля в высокотемпературном факеле пылеугольных горелок и одновременном газовыделении из глубины расплавленных частичек. Происходит как бы раздув расплава и формируется полая сфера с толщиной стенки от 2 до 30мкм. Алюмосиликатные полые микросферы находят применение в производстве сферопластиков; для предотвращения распространения и гашения пламени в хранилищах нефти и нефтепродуктов, в качестве легкого и тугоплавкого заполнителя в обмазке разливочных ковшей и заливочных горловин в металлургии и т.д.

Товарный продукт – цельные отклассифицированные по размеру и по плотности высушенные микросферы. Но процесс сушки зольных микросфер весьма не простое занятие – их стенки имеют микропоры (микротрещины) ширина которых соизмерима с размерами молекулы воды, и процесс диффузии влаги наружу чрезвычайно длителен. При недосушке – в складированных микросферах идет медленный процесс диффузии влаги на поверхность, после чего товарный продукт теряет текучесть. Увеличить скорость процесса сушки, увеличив температуру нельзя, происходит разрушение микрошариков. Часто для их сушки используют дорогостоящие и энергонезэффективные вакуумные сушилки.

В представленной на рис.4. схеме I, в качестве сушилки применен аппарат с псевдооживленным слоем инертного зернистого материала с внутренним диаметром рабочей камеры 860 мм, работающий с полным выносом высушенных микросфер, которые улавливаются в рукавном фильтре и через шлюзовый затвор поступают на рассев.

Табл. 3. Техническая характеристика установок сушки микросфер

1. Производительность		1,0т/ч
2. Расход топлива (природного газа)		40м ³ /ч
3. Расход воздуха		3600м ³ /ч
4. Температура теплоносителя		350 ... 400 °С
5. Температура в слое		100 ... 110 °С
6. Скорость газов на уровне газораспределительной решетки:	I схема	2м/с
	II схема	0,2 м/с

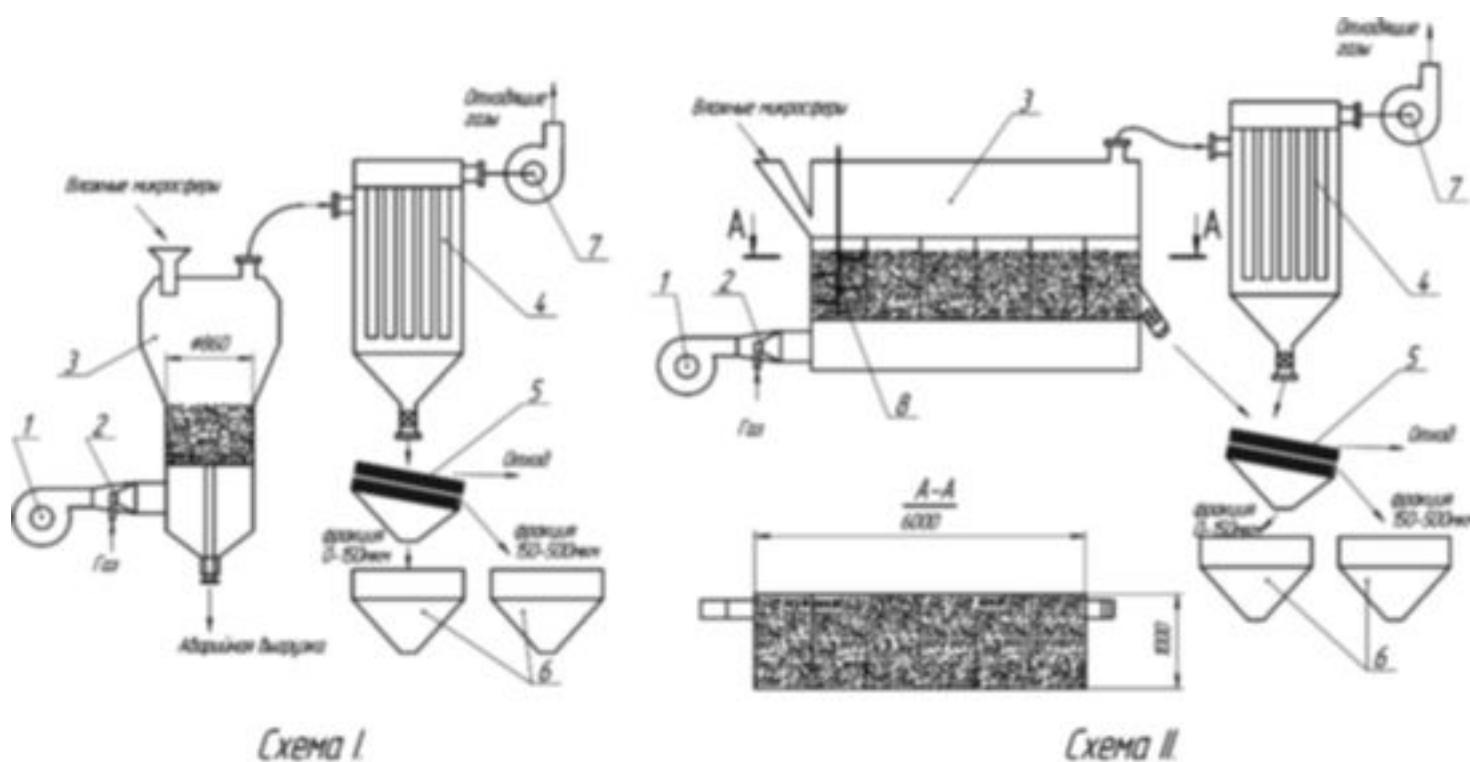


Рис. 4. Схемы установок с псевдооживленным слоем для сушки микросфер.

I – с инертным слоем зернистого материала, II – с аппаратом с вертикальными перегородками:
 1 – дутьевой вентилятор, 2 – горелочное устройство, 3 – корпус установки, 4 – рукавный фильтр,
 5 – двухситовой грохот, 6 – бункер готовой продукции, 7 – дымосос, 8 – перемешивающее устройство.

Готовый продукт складывают в бункера накопителя, откуда по мере надобности его или возвращают на повторную сушку, или отправляют на фасовочную машину.

В схеме II применен прямоугольный, в поперечном сечении, аппарат с размерами в свету 6х1м и вертикальными перегородками, обеспечивающими направленное перемещение высушиваемого материала. В первой по ходу материала зоне

установлено перемешивающее устройство для устранения завалов влажного материала. Высота псевдооживленного слоя достигала 1...1,2м. Таким образом, объем находящегося в сушилке материала достигает 6 м³, что обеспечивает длительное время пребывания и равномерное высушивание микросфер. При невысокой рабочей скорости и наличии расширения в верхней части аппарата вынос материала не превышает

нескольких процентов. Техническая характеристика схем сушки представлена в табл. 3.

Таким образом, применение разработанной в Институте газа НАН Украины техники псевдоожиженного слоя для термообработки дисперсных материалов в ряде производств теплоизоляционных материалов обеспечивает помимо снижения капитальных и энергетических затрат на единицу продукции также улучшение потребительских свойств этих материалов и, как следствие, энергосбережение при отоплении зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Генералов Б.В., Крифукс О.В.* Развитие производства эффективного минерального тепло-

изоляционного материала бисипор // *Строительные материалы.* — 2003. — №11. — С.26.

2. *Алексеева Л.В.* Технологические особенности производства вспученного перлита из сырья различных месторождений // *Строительные материалы и изделия.* — 2005. — №6. — С. 25–29.

3. *Хвастухин Ю.И., Эйне И.А., Когута Н.К., Роман С.Н., Собченко В.В.* Получение в псевдоожиженном слое пористого материала — сиопора // *Экотехнологии и ресурсосбережение.* — 2002. — №5. — С.19–24.

4. *К.П.Костогрыз, Хвастухин Ю.И.* Сушка и классификация микросфер из золы ТЭС в аппаратах с псевдоожиженным слоем // *Экотехнологии и ресурсосбережение.* — 2007. — №2. — С. 21–29.