

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРГУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ У СПІРАЛЬНОМУ НАГРІВАЛЬНОМУ ЕЛЕМЕНТІ ТЕРМОВАКУУМНОЇ УСТАНОВКИ

В. О. Кутовий

Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»
Національної академії наук України, вул. Академічна, 1, Харків, 61108, Україна,
e-пошта: kutovoy@kipt.kharkov.ua

У роботі розглядаються фізичні процеси у термовакуумній установці, які дозволяють ефективно проводити диспергування гетерогенних матеріалів. Проведено аналіз процесів тепло- масообміну, що впливають на диспергування гетерогенних матеріалів. Виконані розрахунки швидкості, частоти та довжини хвилі у спіральному нагрівальному елементі термовакуумної установки для різних кутів руху матеріальних частинок. Встановлено, що швидкість руху матеріальної частки у порожнині нагрівального елемента може становити понад тисячу кілометрів за секунду, а температура локального імпульсного парового вибуху підвищується до десятків мільйонів градусів. За такої температури, можливо, виникає локальний термоядерний синтез, у результаті якого водень перетворюється на гелій. Результати дослідження показують, що при термовакуумному диспергуванні гетерогенних матеріалів утворюються модифіковані нанодисперсні матеріали, з'являються нейтрино і прозорі бульбашки. Всі ці перетворення відбуваються у спіральному нагрівальному елементі термовакуумної установки протягом 15 секунд.

Ключові слова: термовакуумний процес, нанодисперсний матеріал, нейтрино, прозорі бульбашки, інтенсифікація.

ВСТУП

Існує безліч способів одержання нанодисперсних матеріалів, у тому числі метод електронно-променевого випаровування та осадження у вакуумі [1]. Але цей метод енергоємний і тривалий. Розробка нових функціональних матеріалів з індивідуальною структурою та властивостями є одним із прогресивних напрямків технологічного прогресу [2]. При розвитку науково-технічного прогресу ставляться завдання розробки та освоєння інноваційних видів установок, ефективних технологій переробки сировини, отримання нових матеріалів. Визначаються можливості створення репродуктивного процесу отримання наноматеріалів від лабораторних досліджень до промислового виробництва. У результаті науково-технічних досліджень у галузі створення наноматеріалів накопичується значний обсяг пізнавального матеріалу, що гарантує подальший розвиток наукових знань та технічних досягнень у даній області. У теперішній час наноматеріалознавство – це надто чимала область, що включає цілий ряд напрямів фізики, хімії, електроніки та інших наук. Зменшення розмірів частинок матеріалу від макро до нанометрів дозволяє поліпшити їх механічні характеристики й істотно змінити фізичні властивості, щільність матеріалу, температуру плавлення, температуру Дебая та Кюрі, збільшує швидкість дифузії та хімічних реакцій [3, 4]. Із результатів досліджень встановлено, що під час диспергування гетерогенних матеріалів у навколишньому середовищі з'являються нейтрино і прозорі бульбашки. Вивчаючи явища, які зумовлюють причину появи нейтрино та прозорих бульбашок у навколишньому середовищі,

дозволяє отримати унікальну інформацію про процеси, які відбуваються під час диспергування, що робить їх важливим інструментом у сучасній фізиці. Природа появи нейтрино та прозорих бульбашок практично не вивчена [5, 6]. Доктор Браян Мак Намара, астроном з Огайського університету в Афінах, на основі даних, отриманих з орбітальної рентгенівської обсерваторії «ЧАНДРА», вважає, що найбільш імовірною причиною виникнення бульбашок це потужні вибухи матерії.

Вивчивши процес отримання нейтрино та прозорих бульбашок у термовакuumній установці дасть додаткові відомості про їх властивості, взаємодію з навколишнім середовищем та дозволить створити нові альтернативні джерела енергії.

Метою даної роботи є розробка ефективного термовакuumного енергозберігаючого, екологічно чистого диспергування гетерогенних матеріалів та емпіричне дослідження нейтрино та прозорих бульбашок, що виявляються в процесі диспергування.

ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ДИСПЕРГУВАННІ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ

Методика експерименту термовакuumного диспергування гетерогенних матеріалів полягає у тому, що для ефективного та економічного одержання наноматеріалів необхідно забезпечити безперервний потік дослідного матеріалу у порожнині спірального нагрівального елемента який має температуру 400°C. Це можна здійснити, якщо матеріал надходить разом із повітрям у порожнину спірального нагрівального елемента. Виникає двофазна система газ-тверді частинки. Рух відбувається у висхідному потоці у нагрітому просторі при зниженні тиску [7]. Для безперервної роботи установки та стійкого руху частинки по спіральному нагрівальному елементу необхідно дотримуватись умов: вага твердих частинок у одному літрі повітря на вході в порожнину нагрівального елемента повинна бути не більше (1.0–1.2) г, що не перевищує стандартну величину щільності повітря. Це зумовлено тим, що термовакuumний процес утворює значну кількість нанодисперсних і дрібнодисперсних частинок, що рухаються у порожнині нагрівального елемента збільшуючи швидкість руху і температуру нагрівання. Необхідно, щоб у процесі термовакuumного диспергування гетерогенних матеріалів підтримувалася рівномірна щільність у навколишньому середовищі, що дозволяє нанодисперсним частинкам вільно переміщатися, не зіштовхуючись один з одним і обганяти частинки, що рухаються, з меншою швидкістю. Швидкість руху частинок матеріалу у порожнині спірального нагрівального елемента термовакuumної установки залежить від потужності локального імпульсного парового вибуху з виникненням ударної хвилі та за рахунок енергії теплового випромінювання від стінок нагрівача [8]. Чим більша швидкість руху матеріальної частинки, тим менша її маса, тим більший кут падіння частинки на протилежну стінку нагрівача. Швидкість матеріальної частки може досягати понад тисячу кілометрів за секунду, а локальна температура в імпульсі – десятки мільйонів градусів. Локальна імпульсна температура у декілька мільйонів градусів призводить до появи водню, який у результаті термоядерного синтезу перетворюється на ізотоп гелію. Для порівняння, потік іонізованих частинок гелієво-водневої плазми рухається із сонячної корони у навколишній простір зі швидкістю близько 1200 км/с. При цьому плазма у сонячній короні нагріватиметься до температур біля 10 млн К. Отже, у майбутньому можна без великих фінансових витрат і значних труднощів вивчати появу нейтрино, прозорих бульбашок і термоядерного синтезу, використовуючи малогабаритну енергозберігаючу термовакuumну установку.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛО – МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У ТЕРМОВАКУУМНІЙ УСТАНОВЦІ

На гетерогенний матеріал, що рухається у порожнині спірального нагрівального елемента діє відцентрова сила F

$$F = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (1)$$

де m – маса матеріалу, кг; v – швидкість руху матеріалу у порожнині спірального нагрівального елемента, м/с; R – радіус спіралі нагрівального елемента, м.

Відцентрова сила притискає вологий матеріал до стінки нагрівального елемента. Між поверхневою площиною вологого матеріалу та стінкою нагрівача утворюється контакт, що дозволяє максимально використовувати тепло нагрівального елемента. Відбувається миттєвий процес передачі теплової енергії від стінки нагрівача до вологого матеріалу. Елемент поверхні dS (m^2) вологого матеріалу отримує потужний потік теплової енергії dQ (Дж) з температурою T (К) за короткий проміжок часу Δt (с) за коефіцієнта теплопередачі a ($Bm/m^2 \cdot K$).

$$dQ = a \cdot T \cdot dt \cdot dS, \quad (2)$$

Тепловий опір R_c поверхневого шару визначає товщину проникнення теплової енергії у середину вологого матеріалу.

$$l = k \cdot R_c \cdot dS, \quad (3)$$

де l – товщина проникнення теплової енергії у вологий матеріал, м; k – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $Bm/m \cdot K$; R_c – тепловий опір, K/Bm .

Підставивши значення dS із виразу (2) у вираз (3), отримаємо товщину проникнення теплової енергії dQ у вологий матеріал за певний проміжок часу dt .

$$l = \frac{k \cdot R_c \cdot dQ}{a \cdot T \cdot dt} = \frac{k \cdot R_c \cdot P}{a \cdot T}, \quad (4)$$

де $P = dQ/dt$ – тепла потужність, яку отримує поверхневий шар матеріалу від стінки нагрівального елемента під час дотику, Bm .

З виразу (4) визначимо температуру нагрівання поверхневого шару матеріальної частинки

$$T = \frac{k \cdot R_c \cdot dQ}{a \cdot l \cdot dt} = \frac{k \cdot R_c \cdot P}{a \cdot l}, \quad (5)$$

З виразу (5) випливає, що температура (T) у поверхневому шарі вологого матеріалу під час дотику до стінки нагрівального елемента залежить від коефіцієнта теплопровідності (k), теплового опору матеріалу (R_c), потужності (P) нагрівального елемента, коефіцієнту теплопередачі (a), товщини поверхневого шару (l). Температура (T) поверхневого шару вологого матеріалу у момент дотику до стінки нагрівального елемента стає значно вищою за температуру (T_1) випаровування води, яка знаходиться у поверхневому шарі ($T \gg T_1$). Відбувається миттєве перегрівання рідини. Починається процес інтенсивного паро виділення у поверхневому шарі при тиску (P_1) навколишнього середовища. Тиск (P_1) у порожнині нагрівального елемента створює вакуумний насос. У результаті інтенсивного пароутворення тиск насиченої пари (P_2) у поверхневому шарі стає значно вищим, ніж на поверхні ($P_2 \gg P_1$). Таким чином, у поверхневому шарі у момент

дотику вологого матеріалу до гарячої стінки нагрівального елемента виникає концентрація теплової енергії, що призводить у обмеженому просторі до утворення локального імпульсного парового вибуху у середині якого зростає температура і тиск [9]. Одночасно відбувається інтенсивне локальне подрібнення матеріалу. Кожна відірвана від основної маси частинка набуває кінетичної енергії. Кінетична енергія матеріальної частинки залежить від теплової енергії (Q), яку одержує за короткий проміжок часу.

$$Q = dm \cdot c \cdot (T_3 - T_4) = dm \cdot c \cdot \Delta T, \quad (6)$$

де c – теплоємність матеріалу, Дж/(кг·К); T_3 – миттєва температура нагрівання поверхневого шару масою dm , К; T_4 – початкова температура поверхневого шару тіла, К; ΔT – різниця між початковою та кінцевою температурою нагрівання поверхневого шару, К. Тобто, кінетична енергія частинки еквівалентна тепловій енергії (Q), яку отримав поверхневий шар або окрема частинка масою dm .

$$dm \cdot c \cdot \Delta T = \frac{dm \cdot v^2}{2}, \quad (7)$$

Реорганізувавши вираз (7), отримаємо

$$\Delta T = \frac{v^2}{2c}, \quad (8)$$

Із виразу (8) витікає, що температура, яку отримує поверхневий шар або окрема матеріальна частинка залежить від квадрату швидкості руху на теплоємність. Чим вищу температуру має поверхневий шар матеріального тіла за малий проміжок часу, тим потужніший локальний імпульсний паровий вибух і тим вища швидкість руху дрібнодисперсних частинок. Паровий вибух утворює фронт ударної хвилі із надзвичайно високими значеннями надлишкового тиску у десятки МПа, високою температурою у кілька мільйонів градусів, а швидкість ударної хвилі в імпульсі може досягати (2000...8000) м/с [10]. Тривалість ударної хвилі становить (2...10) мс [11]. Вплив миттєвого збільшення тиску у декілька МПа і висока температура локального нагрівання здійснює інтенсивне випаровування вологи із матеріалу, утворюється газова суміш. При температурі, що перевищує 2500°C водяна пара розкладається на водень та кисень [12]. Матеріальні частинки, що відкололися від основної маси і знаходяться у безпосередній близькості від ударної хвилі, приймають на себе потужний силовий удар, що призводить до підвищення їх температури, подальшого дроблення з утворенням численних осколків різної форми і маси на які діє сила тяги (F_T).

$$F_T = m \cdot a_1, \quad (9)$$

де, a_1 – прискорення руху частинок тіла, м/с².

Коли матеріальна частинка рухається до стінки нагрівального елемента у протилежному напрямку дії відцентрової сили, то у цьому випадку сила тяги повинна бути більшою ніж відцентрова сила ($F_T > F$). Якщо рух частинки спрямований у бік дії відцентрової сили, тоді на неї впливає сумарна сила тяги і відцентрова сила ($F_T + F$). Припустимо, що сила тяги у якийсь момент часу дорівнює відцентровій силі ($F_T = F$),

$$m \cdot a_1 = \frac{m \cdot v^2}{R}; \quad \frac{m \cdot v}{\tau^2} = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (10)$$

Трансформуючи вираз (10), отримаємо,

$$\tau = \left(\frac{R}{v}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad (11)$$

де τ – релаксація матеріальної частинки під час дотику до стінки нагрівального елемента, с.

Матеріальні частинки рухаються у порожнині нагрівального елемента з різною швидкістю. У цей час відбувається електризація частинок, причому, великі і дрібні частинки набувають заряди протилежних знаків [13]. Напруга статичної електризації може досягати значення достатнього для відриву електронів від атомів у результаті відбувається іонізація. Іони утворюють електричне поле, яке сприяє виникненню нової кристалічної модифікації матеріалу, нейтринного потоку та прозорих бульбашок. Причиною появи прозорих бульбашок, ймовірно, є локальний потужний паровий вибух із виникненням ударної хвилі усередині якої утворюється висока температура та тиск. Ударна хвиля діє на вологу, яка знаходиться у навколишньому середовищі. Виникає повітряна бульбашка, оболонка якої складається з молекул води, оскільки вода має один із найвищих показників поверхневого натягу серед рідин. Усередині бульбашки, що утворилася, дислокується газ на який впливає сильний статистичний заряд, що призводить до хвильового руху молекул газу з довжиною хвилі яка укладається ціле число разів у замкнутому просторі. Утворюється енергетичний резонансний коливальний контур. З'являється сійво.

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ У ПОРОЖНИНІ НАГРІВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТУ

Якщо тіло рухається лінійно у нагрівальному елементі, то його середня швидкість становить 6.7 м/с. Однак, під час руху у порожнині спірального нагрівального елемента термовакуумної установки матеріальна частинка рухається зигзагоподібно від однієї стінки до іншої. У зв'язку з чим швидкість її руху в термовакуумній установці залежить від кута руху до протилежної стінки нагрівального елемента та від довжини пройденого шляху.

Проведемо розрахунок швидкості руху частинки тіла під різними кутами до протилежної стінки спірального нагрівального елемента. Для цього із місця (С), передбачуваного дотику матеріального тіла зі стінкою нагрівального елемента, встановимо перпендикуляр до протилежної стінки (Рис. 1).

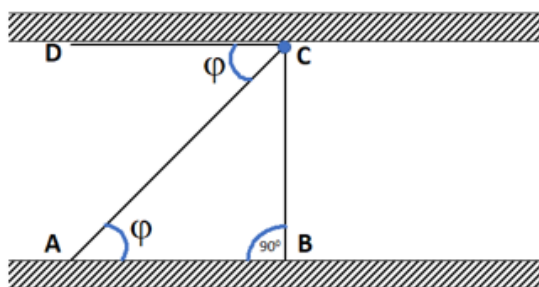


Рис. 1. Один із можливих переміщень матеріальної частинки від одної стінки до протилежної стінки у порожнині нагрівального елемента

Із місця (С) проведено лінію під кутом (φ) до протилежної стінки нагрівального елемента. Отримаємо прямокутний трикутник АВС, у якого кут АСД дорівнює куту САВ. Сторона ВС прямокутного трикутника АВС дорівнює внутрішньому діаметру нагрівального елемента (d), а сторона АВ дорівнює частині стінки нагрівального елемента. Передбачається, що в даний момент рух тіла у порожнині нагрівального елемента від однієї стінки до іншої відбувається по гіпотенузі АС під кутом падіння (φ) до

протилежної стінки нагрівача. У даному випадку гіпотенуза AC прямокутного трикутника має розмір

$$AC = \frac{BC}{\sin\varphi} = \frac{d}{\sin\varphi}, \quad (12)$$

Вичислимо сторону АВ.

$$AB = \sqrt{AC^2 - BC^2} = \sqrt{\left(\frac{d}{\sin\varphi}\right)^2 - d^2} = \sqrt{\frac{d^2 \cdot \cos^2\varphi}{\sin^2\varphi}} = d \cdot \text{Ctg}\varphi, \quad (13)$$

Визначимо у скільки разів відрізок AC більший відрізку АВ. У стільки разів шлях пройдений матеріальною частинкою буде більшим від прямолінійного руху, у стільки разів буде більшою її швидкість руху

$$\frac{AC}{AB} = \frac{d}{\sin\varphi \cdot d \cdot \text{Ctg}\varphi} = \frac{1}{\sin\varphi \cdot \text{Ctg}\varphi} = \frac{\sin\varphi}{\sin\varphi \cdot \cos\varphi} = \frac{1}{\cos\varphi}, \quad (14)$$

У нашому випадку

$$\lambda = 2 \cdot AB = 2 \cdot d \cdot \text{Ctg}\varphi, \quad (15)$$

де λ – довжина хвилі, м.

Звідки швидкість руху частинки тіла відповідно буде

$$v = 6.7 \frac{1}{\cos\varphi} = \frac{6.7}{\cos\varphi}, \quad (16)$$

Визначимо частоту коливання частинки тіла у порожнині спірального нагрівального елемента

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{6.7}{2 \cdot d \cdot \text{Ctg}\varphi \cdot \cos\varphi}$$

У Табл. 1, в межах допустимої похибки, наведено результати розрахунків швидкості руху (v), довжини хвилі (λ) і частоти коливань (f) при різних кутах (φ) руху матеріальної частинки у порожнині спірального нагрівального елемента.

Із результатів розрахунку слідує, що при русі під кутом $\varphi = 89^\circ 59' 59''$ до протилежної стінки нагрівального елемента матеріальна частинка рухається із швидкістю 1400 км/с і частотою $5.8 \cdot 10^{12}$ Гц. Довжина хвилі $0.24 \cdot 10^{-6}$ м. Це свідчить про те, що у цьому діапазоні може рухатися матеріальна частинка розмір якої не перевищує $0.24 \cdot 10^{-6}$ м. Згідно з виразом (11), час впливу температури нагрівального елемента на матеріальну частинку під час її дотику до стінки при швидкості її руху 1400 км/с становить $6 \cdot 10^{-4}$ с, а локальна температура нагрівання мікрочастинок у імпульсі, згідно з виразом (8), може досягати 34 мільйонів градусів. Локальна імпульсна температура в десятки мільйонів градусів призводить до появи водню, який у результаті локального термоядерного синтезу перетворюється на ізотоп гелію. Якщо буде визначено, що у термовакuumній установці під час диспергування з'являється деяка кількість гелія-3 або гелія-4, то можна стверджувати, що у спіральному нагрівальному елементі термовакuumної установки відбувається локальний термоядерний синтез, який є перспективною областю подальших наукових досліджень. Гіпотетично, ми напевно у даний час стоїмо на порозі наукових доказів можливості здійснення холодного термоядерного синтезу у термовакuumній установці.

Незважаючи на заяви деяких наукових дослідників, спробувати відтворити подібні реакції при кімнатній температурі поки що не мали успіху. Так як керований термоядерний синтез вимагає високих температур та тиску і тому залишається предметом суперечок та дискусій.

Таблиця 1. Результати розрахунку швидкості (v), частоти (f) та довжини хвиль (λ) у нагрівальному елементі термовакuumної установки для різних кутів (φ) руху матеріальних частинок

φ	89°59'59"	89°59'58"	89°59'57"	89°59'56"	89°59'55"	89°59'54"	89°59'53"	89°59'52"	89°59'51"
$v, \text{ м/с}$	$1.4 \cdot 10^6$	$6.9 \cdot 10^5$	$4.5 \cdot 10^5$	$3.5 \cdot 10^5$	$2.8 \cdot 10^5$	$2.3 \cdot 10^5$	$2.0 \cdot 10^5$	$1.7 \cdot 10^5$	$1.5 \cdot 10^5$
$\lambda, \text{ м}$	$0.24 \cdot 10^{-6}$	$0.46 \cdot 10^{-6}$	$0.73 \cdot 10^{-6}$	$0.95 \cdot 10^{-6}$	$0.12 \cdot 10^{-5}$	$0.14 \cdot 10^{-5}$	$0.17 \cdot 10^{-5}$	$0.19 \cdot 10^{-5}$	$0.21 \cdot 10^{-5}$
$f, \text{ Гц}$	$5.8 \cdot 10^{12}$	$1.5 \cdot 10^{12}$	$620 \cdot 10^9$	$370 \cdot 10^9$	$233 \cdot 10^9$	$164 \cdot 10^9$	$118 \cdot 10^9$	$90 \cdot 10^9$	$72 \cdot 10^9$
φ	89°59'50"	89°59'49"	89°59'30"	89°59'	89°58'59"	89°57'	89°56'	89°55'	89°54'
$v, \text{ м/с}$	$1.37 \cdot 10^5$	$1.25 \cdot 10^5$	$4.6 \cdot 10^4$	$2.3 \cdot 10^4$	$2.26 \cdot 10^4$	$7.5 \cdot 10^3$	$5.7 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^3$	$3.8 \cdot 10^3$
$\lambda, \text{ м}$	$0.23 \cdot 10^{-5}$	$0.26 \cdot 10^{-5}$	$0.8 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-5}$	$1.42 \cdot 10^{-5}$	$0.42 \cdot 10^{-4}$	$0.56 \cdot 10^{-4}$	$0.7 \cdot 10^{-4}$	$0.8 \cdot 10^{-4}$
$f, \text{ Гц}$	$59 \cdot 10^9$	$48 \cdot 10^9$	$5.7 \cdot 10^9$	$1.6 \cdot 10^9$	$1.59 \cdot 10^9$	$1.8 \cdot 10^8$	$1.0 \cdot 10^8$	$6.6 \cdot 10^7$	$4.8 \cdot 10^7$
φ	89°53'	89°52'	89°50'	89°47'	89°45'	89°30'	89°25'	89°21'	88°59'59"
$v, \text{ м/с}$	$3.2 \cdot 10^3$	$2.8 \cdot 10^3$	$2.3 \cdot 10^3$	$1.8 \cdot 10^3$	$1.5 \cdot 10^3$	$7.7 \cdot 10^2$	$6.6 \cdot 10^2$	$5.9 \cdot 10^2$	$3.8 \cdot 10^2$
$\lambda, \text{ м}$	$0.98 \cdot 10^{-4}$	$0.11 \cdot 10^{-3}$	$0.14 \cdot 10^{-3}$	$0.18 \cdot 10^{-3}$	$0.2 \cdot 10^{-3}$	$0.42 \cdot 10^{-3}$	$0.48 \cdot 10^{-3}$	$0.54 \cdot 10^{-3}$	$0.84 \cdot 10^{-3}$
$f, \text{ Гц}$	$33 \cdot 10^6$	$25 \cdot 10^6$	$16 \cdot 10^6$	$9.8 \cdot 10^6$	$7.5 \cdot 10^6$	$1.8 \cdot 10^6$	$1.3 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^6$	$45.0 \cdot 10^4$
φ	88°	87°	86°	85°	84°	83°	82°	81°	80°
$v, \text{ м/с}$	$1.9 \cdot 10^2$	$1.3 \cdot 10^2$	96	77	65	54	48	43	39
$\lambda, \text{ м}$	$1.7 \cdot 10^{-3}$	$2.6 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$	$4.2 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$6.0 \cdot 10^{-3}$	$6.8 \cdot 10^{-3}$	$7.6 \cdot 10^{-3}$	$8.5 \cdot 10^{-3}$
$f, \text{ Гц}$	$114 \cdot 10^3$	$51 \cdot 10^3$	$29 \cdot 10^3$	$18 \cdot 10^3$	$13 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^3$	$5.6 \cdot 10^3$	$4.5 \cdot 10^3$
φ	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	30°
$v, \text{ м/с}$	23.2	19.6	15.9	13.4	11.7	10.4	9.5	8.8	7.7
$\lambda, \text{ м}$	$1.29 \cdot 10^{-2}$	$1.75 \cdot 10^{-2}$	$2.24 \cdot 10^{-2}$	$2.77 \cdot 10^{-2}$	$3.36 \cdot 10^{-2}$	$4.03 \cdot 10^{-2}$	$4.8 \cdot 10^{-2}$	$5.7 \cdot 10^{-2}$	$8.3 \cdot 10^{-2}$
$f, \text{ Гц}$	1803.9	1121.4	708.4	483.6	347.6	258.8	197.4	152.9	93.1
φ	20°	15°	10°	5°	4°	3°	2°	1°	0°
$v, \text{ м/с}$	7.13	6.9	6.8	6.73	6.72	6.71	6.7	6.7	6.7
$\lambda, \text{ м}$	0.13	0.18	0.27	0.55	0.69	0.92	1.4	2.8	–
$f, \text{ Гц}$	53.8	38.7	25.0	12.3	9.8	7.3	4.9	2.4	–

Із результатів розрахунку слідує, що при русі під кутом $\varphi = 89^\circ 59' 59''$ до протилежної стінки нагрівального елемента матеріальна частинка рухається із швидкістю 1400 км/с і частотою $5.8 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$. Довжина хвилі $0.24 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Це свідчить про те, що у цьому діапазоні може рухатися матеріальна частинка розмір якої не перевищує $0.24 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Згідно з виразом (11), час впливу температури нагрівального елемента на матеріальну частинку під час її дотику до стінки при швидкості її руху 1400 км/с становить $6 \cdot 10^{-4} \text{ с}$, а локальна температура нагрівання мікрочастинок в імпульсі, згідно з виразом (8), може досягати 34 мільйонів градусів. Локальна імпульсна температура у десятки мільйонів градусів призводить до появи водню, який у результаті локального термоядерного синтезу перетворюється на ізотоп гелію. Якщо буде визначено, що у термовакuumній установці під час диспергування з'являється деяка кількість гелія-3 або гелія-4, то можна стверджувати, що у спіральному нагрівальному елементі термовакuumної установки відбувається локальний термоядерний синтез, який є перспективною областю подальших наукових досліджень. Гіпотетично, ми напевно у даний час стоїмо на порозі наукових доказів можливості здійснення холодного термоядерного синтезу у термовакuumній установці. Незважаючи на заяви деяких наукових дослідників, спробувати відтворити подібні реакції при кімнатній температурі поки що не мали успіху. Так як керований термоядерний синтез вимагає високих температур та тиску і тому залишається предметом суперечок та дискусій.

Якщо вибухова хвиля спрямована до протилежної стінки нагрівального елемента під кутом $\varphi = 89^\circ 59' 58''$, то разом із вибуховою хвилею рухається дрібнодисперсний матеріал, розмір якого не перевищує довжину хвилі $0.48 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ з частотою коливання

1.4 ТГц і швидкістю 670 км/с. Час впливу температури нагрівального елемента на матеріальну частинку під час її дотику до стінки становить $8.6 \cdot 10^{-4}$ с. Із результатів розрахунку витікає, що зміна кута напрямку руху нанодисперсної частинки в одну секунду у діапазоні ($89^{\circ}59'58'' \dots 89^{\circ}59'59''$) збільшує її швидкість приблизно у 2.0 рази, а частоту коливання – 3.9 разів.

Зміна кута напрямку руху матеріальної частинки до протилежної стінки нагрівального елемента у діапазоні ($89^{\circ}58'59'' \dots 89^{\circ}59'59''$) у одну хвилину збільшує швидкість руху у 62 рази, а частоту коливання – у $3.6 \cdot 10^3$ разів.

Зміна напрямку руху матеріальної частинки до протилежної стінки нагрівального елемента у один градус у діапазоні ($88^{\circ}59'59'' \dots 89^{\circ}59'59''$) збільшує її швидкість руху у $3.6 \cdot 10^3$ рази, а частоту коливання – у $1.3 \cdot 10^7$ разів.

Отже, матеріальна частка, що змінила швидкість руху, масу, розмір, може переходити із одного частотного діапазону у інший частотний діапазон і міняти кут руху, що забезпечує енергоефективне, високопродуктивне безперервне диспергування матеріалу у вакуумному середовищі спірального нагрівального елемента.

Відповідно до виразу (8) двофазний потік нагріється до 100°C на швидкості 590 м/с. і куті руху між стінками нагрівача $\varphi = 89^{\circ}21'$. У цей час питома теплоємність двофазного потоку є сумою теплоємності вуглецю і повітря. Дія температури нагрівального елемента на матеріальну частинку під час її дотику до стінки становить $3.0 \cdot 10^{-2}$ с.

Із результатів, наведених у таблиці витікає, що у діапазоні кутів $\varphi = (80^{\circ} \dots 50^{\circ})$ можуть рухатися частинки розміром від 8.5 мм до 40 мм, а швидкість руху цих частинок перевищує величину прискорення вільно падаючого тіла.

У діапазоні кутів від 21° і майже до 50° рух матеріальних частинок хаотичний. Швидкість руху нижче ніж прискорення вільно падаючого тіла. Частинки переходять від ламінарного руху до турбулентного. В цей час температура матеріальної частинки підвищується за рахунок часткового дотику до стінки нагрівального елемента і потоку теплового випромінювання, що надходить від стінки нагрівального елемента.

У діапазоні кутів $\varphi = (20^{\circ} \dots 0^{\circ})$ рух гетерогенного матеріалу у нагрівальному елементі відбувається майже прямолінійно, (лінія CD, Рис. 1) тобто потік ламінарний. У цей час матеріальні частинки знаходяться поза фронтом ударної хвилі. На них впливає тільки потік теплового випромінювання, що надходить від стінки нагрівального елемента.

Якщо нанодисперсна частинка рухається до протилежної стінки нагрівального елемента під кутом $\varphi = 90^{\circ}$, то пройдений нею маршрут у часі буде одним і тим самим, тобто частина знаходиться у потенційній ямі. Але цього не відбувається через те, що зрушення по фазі для нанодисперсних частинок створює потік навколишнього середовища, що утворюється вакуумним насосом, який являється аналогом чорної діри, куди прагнуть всі матеріальні частинки.

Отже кожна новостворена матеріальна частка у нагрівальному елементі термовакуумної установки рухається своєю траєкторією під строго певним кутом, має свою частоту руху, швидкість, масу.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОВАКУУМНОГО ПРОЦЕСУ ДИСПЕРГУВАННЯ ВУГЛЕЦЮ

Проведемо експериментальні дослідження термовакуумного процесу диспергування вуглецю марки С1 у термовакуумній установці, який має гексагональну решітку (Рис. 2). Початковий розмір частинок вуглецю становить 6 мм, вологість 5.8%.

Із результатів дослідження установлено, що після обробки графіту у термовакуумній установці одержано нанодисперсний одношаровий графіт розміром (10...50) нм (Рис. 3).

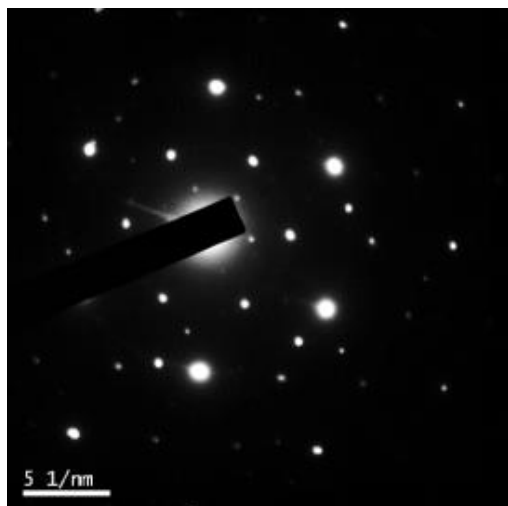


Рис. 2. Гексагональна, графітова решітка.
Початковий матеріал

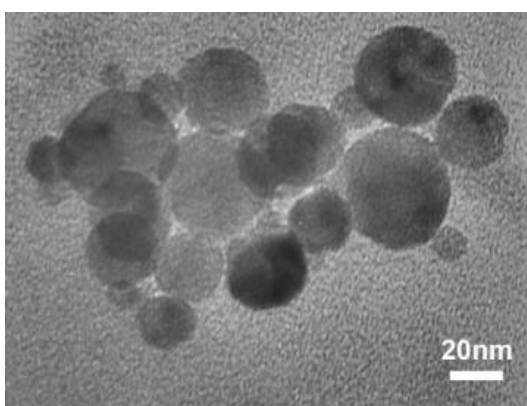


Рис. 3. Одношаровий графіт після обробки
у термовакуумній установці

Для отримання зображення кристалічної структури та поверхні об'єкта з високою просторовою роздільною здатністю, а також для детального розгляду будови графіту, початкового і обробленого у термовакуумній установці, використовували скануючий та просвічуючий електронні мікроскопи.

Під час термовакуумного процесу у поверхневому шарі матеріальної частинки здійснюється локально імпульсний вибух, що призводить до модифікації нових вуглецевих матеріалів. Відбувається перехід матерії із однієї форми до іншої. Отже на основі графіту С1, після обробки у термовакуумній установці було виявлено моноклінну модифікацію з кутом $\beta = 99^\circ 5'$ (Рис. 4).



Рис. 4. Моноклінна модифікація решітки
графіту з кутом $\beta = 99^\circ 5'$ після обробки у
термовакуумній установці

Все це підтверджено діаграмою інтенсивності рентгенівських відображень графіту С1 у (початковому) та термічно обробленому стані (Рис. 5).

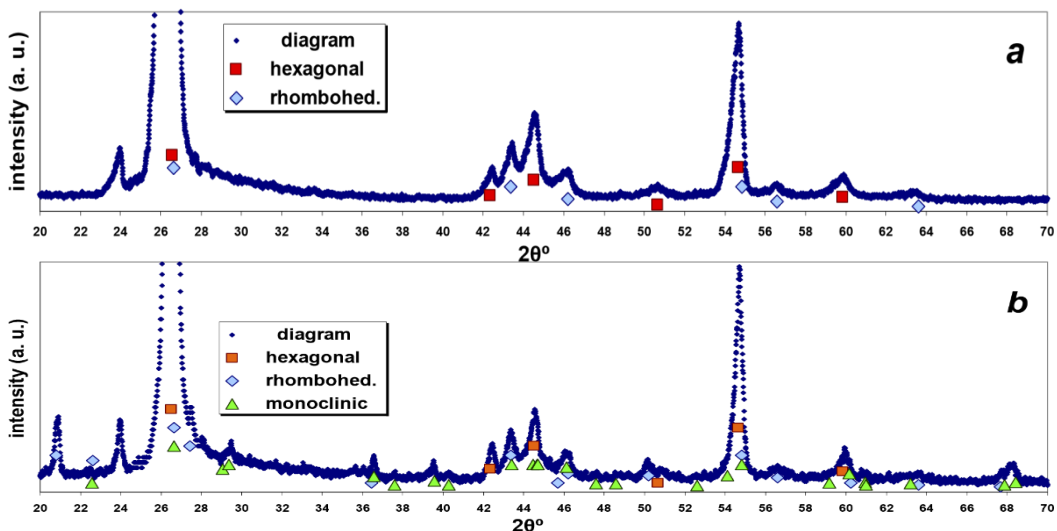


Рис. 5. Фрагменти рентгенівської діаграми з позначеннями розрахункових відбитків від компонентів початкового графіту С1, (а). Графіт оброблений у термовакуумній установці, (b)

Під час диспергування вуглецю виникає потік нейтрино і з'являються прозорі бульбашки які візуально помічаються у спеціально виготовленій пастці. Розмір бульбашок становить (4...5) сантиметра. Внутрішня частина бульбашки, наприклад, світиться слабким оранжево-фіолетовим кольором, а ближче до оболонки переважає синій колір. Колір світіння бульбашки може бути різним і залежить від різноманітності, кількості і концентрації газової суміші, яка там знаходиться.

Отже, термовакуумний процес дає можливість з мінімальними енергетичними затратами за 15 секунд одержувати нанодисперсні модифікації нових вуглецевих матеріалів, створює передумови для іонізації, виникненню потоку нейтрино і прозорих бульбашок. Надалі варто дослідити іонізаційні процеси які відбуваються у термовакуумній установці у залежності від температури спірального нагрівального елемента. Також слід ретельно вивчити появу нейтрино і прозорих бульбашок і зафіксувати їх зародження на швидкісну камеру. У процесі диспергування також необхідно визначити газовиділення гелію у навколишній простір нагрівального елемента, з'ясувати його склад та кількість, що підтверджує наявність локального термоядерного синтезу у термовакуумній установці.

ТЕРМОВАКУУМНИЙ ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ АМОРФНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ

Як відомо, одним із найпоширеніших методів отримання нанодисперсних порошків діоксиду цирконію є гідротермальний [14]. Однак, описаний спосіб дозволяє отримувати нанодисперсний діоксид цирконію у водних, кислотних та спиртових розчинах протягом тривалого часу.

Для дослідження термовакуумного процесу було взято гідроксид цирконію із розміром частинок порядку (10...2) мм, вологістю 85.7% (Рис. 6). У початковий момент технологічного процесу гідроксид цирконію рухається у порожнині нагрівального елемента відносно стінки нагрівального елемента в діапазоні кутів $\varphi = (20^\circ \dots 0^\circ)$ його швидкість руху мала, а температура тіла нижче температури випаровування води. В цей час за рахунок потоку повітря, що надходить у нагрівальний елемент спільно з гранулою гідроксиду цирконію, відбувається випаровування води тільки з поверхні досліджуваного об'єкту, у результаті чого на поверхні гранули утворюється зневоднений шар з тріщинками (Рис. 7).



Рис.6. Гідроксид цирконію

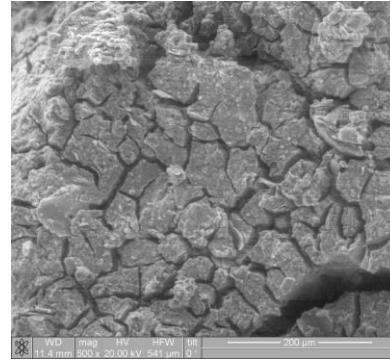


Рис. 7. Гідроксид цирконію. Початкова стадія руху у нагрівальному елементі

При подальшому русі гідроксиду цирконію у порожнині нагрівального елементу його швидкість збільшується, кут руху до протилежної стінки нагрівального елементу зменшується, тиск і температура у поверхневому шарі зростає. Іде інтенсивне випаровування води з гідроксиду цирконію і гідроксид цирконію модифікується на діоксид цирконію.

Термовакuumний процес утворює діоксид цирконію високої чистоти безпосередньо з гідроксиду цирконію, без водних, кислотних і спиртових добавок (Табл. 2). Час знаходження вихідного матеріалу у термовакuumній установці 15 с.

Таблиця 2. Домішки у отриманому діоксиду цирконію

Елемент	ZrO ₂	Fe	Al	Ca	Cu	Sn	Si	Cr	Mn	Ti	Mg	Pb
%	<99.4	>0.1	>0.1	>0.1	0.012	0.0073	>0.1	0.038	0.016	>0.1	0.0015	0.026

У результаті термовакuumного процесу із гідроксиду цирконію утворюється чистий діоксид цирконію у аморфному стані хаотично орієнтованих кристалітів вологістю 1.2%, з пористою структурою розміром (20...200) нм, розвиненою питомою поверхнею та великим обсягом сорбційного простору (Рис. 8).

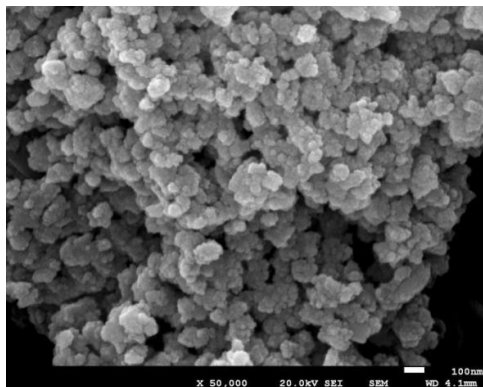


Рис. 8. Аморфний діоксид цирконію

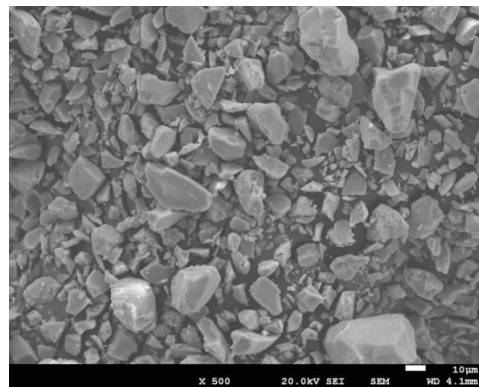


Рис. 9. Кристалічний діоксид цирконію

Одночасно з аморфним діоксидом цирконію у термовакuumній установці також отримано дрібнодисперсний кристалічний діоксид цирконію (Рис. 9). Отже термовакuumний процес утворює кристалографічні модифікації матеріалу.

Аморфний діоксид цирконію було затримано фільтром тонкого очищення, а кристалічні фракції – фільтром грубої очистки. Аморфний діоксид цирконію одержано з виходом у 30% від загальної маси. Таким чином, аналізуючи отримані результати термовакuumного процесу, можна визначити механізми впливу на досліджуваний об'єкт і створити високоефективний технологічний метод утворення нанодисперсних матеріалів.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень встановлено, що швидкість руху матеріальних частинок у порожнині спірального нагрівального елемента термовакuumної установки залежить від потужності локального імпульсного парового вибуху з виникненням ударної хвилі та за рахунок енергії теплового випромінювання від стінок нагрівача. Чим більша швидкість руху матеріальної частинки, тим менша її маса, тим більший кут падіння частинки на протилежну стінку нагрівального елемента. Швидкість руху може досягати більше тисячі кілометрів на секунду. При цьому підвищується імпульсна температура середовища, збільшується кінетична енергія матеріальних частинок, значно прискорюються потоки електронів, протонів та інших заряджених частинок. Утворюється модифікований нанодисперсний матеріал, виникає потік нейтринів і прозорі бульбашки.

Гетерогенні матеріали у термовакuumній установці за короткий проміжок часу піддаються послідовно дії силових, теплових, деформаційних, іонізаційних впливів, а можливо, і локальному термоядерному синтезу, що значно прискорює процес отримання нанодисперсних матеріалів з новими фізико-хімічними та механічними властивостями.

Встановлено, гіпотетично, що термовакuumний процес може створювати передумови для отримання водню, який у результаті локального термоядерного синтезу перетворюється на ізотоп гелію.

Термовакuumний процес є прогресивним засобом одержання нанодисперсних матеріалів: підвищує ефективність термотехнологічного обладнання, знижує енерговитрати, скорочує час одержання нанодисперсних матеріалів, здешевлює технологічний процес. Результати дослідження можуть бути використані для ефективного безперервного енергозберігаючого, екологічно чистого термовакuumного процесу отримання нових наноматеріалів, детального вивчення нейтринного потоку, прозорих бульбашок і термоядерного синтезу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Movchan B. A.* Electron Beam Technology of Evaporation and Vapor Deposition of Inorganic Materials with Amorphous, Nano- and Microstructure // *Nanosys. Nanomater. Nanotechnol.* – 2004. – V. 2, N. 4. – P. 1103–1126.
2. *Jadhav S. D., Shaikh I. A.* Synthesis of Nanoparticles an Overew, a Review Article // *IJTSRD.* – 2019. – V. 3, N. 3. – P. 426–428.
3. *Vinnikov V. P., Generalov M. B.* Methods for Obtaining Nano-Dispersed Powders. – Profession, 2016. – 240 p.
4. *Konstantinova T. E., Danilenko I. A., Tokiy V. V., Glazunova V. A.* Obtaining Nano-Dispersed Zirconium Dioxide Powders. From Innovation to Innovation // *Sci. Innov.* – 2005. – V. 1, N. 3. – P. 76–87.
5. *Hillebrandt W., Niemeyer J. C.* Type Ia Supernova Explosion Models // *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* – 2000. – V. 38. – P. 191–230.
6. *Slatyer Su. M., Finkbeiner T. R., Giant D. P.* Gamma-ray Bubbles from Fermi-LAT: Active Galactic Nucleus Activity or Bipolar Galactic Wind? // *Astrophys. J.* – 2010. – V. 724. – P. 1044–1082.
7. *Patent WO/2007/013866 (A1).* Apparatus for drying of wet dispersed raw materials / Kutovyi Volodymyr. – Claimed: 15.01.2005. Published: 01.02.2007. Application number WO2005UA00051 20051115. Priority Document number: UA200550007488 20050727.
8. *Kutovyi V.* Physical processes in the thermal vacuum system // *AJPA.* – 2022. – V. 10. N. 1. – P. 1–7.
9. *Bulanov N. V.* Explosive Boiling of Dispersed Liquids. – Ekaterinburg, 2011. – 232 p.

10. Sysoev N. N., Shugaev F. V. *Shock Waves in Gases and Condensed Media*. – M. University, 1987. – 133 p.
11. Zeldovich Ya. B., Raizner Yu. P. *Physics of Shock Waves and High-Temperature Hydrodynamic Phenomena*. – M.: Science, 1966. – 686 p.
12. Hauch A., Ebbesen S. D., Jensen S. H., Mogensen M. Highly efficient high temperature electrolysis // *J. Mater. Chem.* – 2008. – V. 18. – P. 2331–2340.
13. Lukyanov A. B. *Physical and Colloid Chemistry*. – M.: Chemistry, 1988. – 288 p.
14. Zhukov A. V., Chizhevskaya S. V., Pyae Pyo, Panov V. A. Heterophase Synthesis of Zirconium Hydroxide from Zirconium Oxychloride // *Inorg. Mater.* – 2019. – V. 55, N. 10. – P. 1051–1058.

REFERENCES

1. Movchan B. A. Electron Beam Technology of Evaporation and Vapor Deposition of Inorganic Materials with Amorphous, Nano- and Microstructure. *Nanosyst. Nanomater. Nanotechnol.* 2004. **2**(4): 1103.
2. Jadhav S. D., Shaikh I. A. Synthesis of Nanoparticles an Overew, a Review Article. *IJTSRD.* 2019. **3**(3): 426.
3. Vinnikov V. P., Generalov M. B. *Methods for Obtaining Nano-Dispersed Powders*. (Profession, 2016).
4. Konstantinova T. E., Danilenko I. A., Tokiy V. V., Glazunova V. A. Obtaining Nano-Dispersed Zirconium Dioxide Powders. From Innovation to Innovation. *Sci. Innov.* 2005. **1**(3): 76.
5. Hillebrandt W., Niemeyer J. C. Type Ia Supernova Explosion Models. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 2000. **38**: 191.
6. Slatyer Su. M., Finkbeiner T. R., Giant D. P. Gamma-ray Bubbles from Fermi-LAT: Active Galactic Nucleus Activity or Bipolar Galactic Wind? *Astrophys. J.* 2010. **724**: 1044.
7. *Patent number W0/2007/013866 (A1)*. Kutovyi Volodymyr. Apparatus for drying of wet dispersed raw materials. 2007. Claimed: 15. 01. 2005. Published: 01.02.2007. Application number WO2005UA00051 20051115. Priority Document Number: UA200550007488 20050727.
8. Kutovyi V. Physical Processes in the Thermal Vacuum System. *AJPA.* 2022. **10**(1): 1.
9. Bulanov N. V. *Explosive Boiling of Dispersed Liquids* (Ekaterinburg, 2011).
10. Sysoev N. N., Shugaev F. V. *Shock Waves in Gases and Condensed Media* (M. University, 1987).
11. Zeldovich Ya. B., Raizner Yu. P. *Physics of Shock Waves and High-Temperature Hydrodynamic Phenomena* (M.: Science, 1966).
12. Hauch A., Ebbesen S. D., Jensen S. H., Mogensen M. Highly Efficient high temperature electrolysis. *J. Mater. Chem.* 2008. **18**: 2331.
13. Lukyanov A. B. *Physical and Colloid Chemistry* (M.: Chemistry, 1988).
14. Zhukov A. V., Chizhevskaya S. V., Pyae Pyo, Panov V. A. Heterophase Synthesis of Zirconium Hydroxide from Zirconium Oxychloride. *Inorg. Mater.* 2019. **55**(10): 1051.

RESULTS THE STUDY DISPERSION HETEROGENEOUS MATERIALS IN SPIRAL HEATING ELEMENT THERMAL – VACUUM INSTALLATION

V. O. Kutovyi

*National Scientific Center "Kharkov Institute of Physics and Technology",
National Academy of Sciences of Ukraine, 1, Akademicheskaya Str., Kharkov-61108, Ukraine,
e-mail: kutovoy@kipt.kharkov.ua*

The paper considers physical processes in a thermal – vacuum installation that allow for the effective dispersion of heterogeneous materials. The analysis of heat and mass transfer processes affecting the dispersion of heterogeneous materials carried out. The calculations of the velocity, frequency and wavelength in spiral heating element of the thermal – vacuum installation for different angles of movement of material particles performed. It established that the velocity of movement of the material part in the cavity of the heating element be more than a thousand kilometers per second, and the temperature of the local pulsed steam explosion increases to tens of millions of degrees. At such a temperature, local thermonuclear fusion may occur, as result of which hydrogen converted into helium. The results of the study show that during thermal – vacuum dispersion of heterogeneous materials, modified nanodispersed materials formed, neutrinos and transparent bubbles appear. All these transformations occur in spiral heating element of the thermal – vacuum installation within 15 s.

Keywords: *thermal – vacuum process, nanodispersed material, neutrino, transparent bubbles, intensification.*