

Секція: Нові технології транспортування, перетворення та зберігання енергії; впровадження енергоефективних, ресурсозберезувальних технологій; освоєння альтернативних джерел енергії; безпечна, чиста й ефективна енергетика

Назва проекту: Створення нових теплоізоляційних матеріалів на основі гідросилікатів шляхом формування пористої структури

Назва напрямку секції: 2. Впровадження енергоефективних, ресурсозберезувальних технологій

Організація-виконавець: Запорізька державна інженерна академія

Адреса: 69006, м. Запоріжжя, пр-т Соборний, 226

Назва пріоритетного тематичного напрямку Конкурсу проектів наукових робіт та науково-технічних (експериментальних) розробок молодих учених: Енергетика та енергоефективність

АВТОРИ ПРОЕКТУ:

Керівник проекту (П.І.Б.): Чейлитко Андрій Олександрович

Науковий ступінь: канд. техн. наук **вчене звання:** доц.

Місце основної роботи: Запорізька державна інженерна академія

Посада: докторант кафедри теплоенергетики

Тел.: 0632572506 **E-mail:** cheilytko@i.ua

Дата народження: 1984-11-16

Відповідальний виконавець проекту (П.І.Б., науковий ступінь, вчене звання, посада): Ільїн Сергій Віталійович, канд. техн. наук, без звання, доцент кафедри теплоенергетики.

Тел.: 0969888940 **E-mail:** svizp@mail.ru

Дата народження: 1987-06-10

Проект розглянуто й погоджено рішенням вченої (наукової, науково-технічної) ради (Запорізька державна інженерна академія) від "16" червня 2016р., протокол № 1.

Керівник проекту:

_____ Чейлитко А.О.

підпис

"__" _____ 2016 р.

Ректор

Запорізька державна інженерна академія

_____ В.А.Банах

підпис

"__" _____ 2016 р.

МП

Секція: Нові технології транспортування, перетворення та зберігання енергії; впровадження енергоефективних, ресурсозберезувальних технологій; освоєння альтернативних джерел енергії; безпечна, чиста й ефективна енергетика

ПРОЕКТ

науково-технічної (експериментальної) розробки молодих учених, що виконуватиметься за рахунок коштів загального фонду державного бюджету

Назва проекту: Створення нових теплоізоляційних матеріалів на основі гідросилікатів шляхом формування пористої структури

Пропоновані строки виконання проекту: з 01.08.2016 по 31.07.2018

Обсяг фінансування: 400 тис. грн., зокрема на 1-й рік 240 тис. грн., на 2-й рік 260 тис. грн.

1. АНОТАЦІЯ

Сутність проекту полягає у виконанні наступних пунктів:

1. Дослідити вплив розміру та форми пор на ефективну теплопровідність гідросилікатів за допомогою передових методів комп'ютерного моделювання, та фізичних експериментів.
2. Визначити оптимальні параметри пористості для тепло ізолюючих матеріалів, розробити технологію формування необхідної пористої структури та перевірити її дієздатність на практиці.
3. Сформулювати першу повноцінну теорію управління ефективною теплопровідністю гідросилікатів шляхом варіювання параметрами пористості.
4. Виконати техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

В результаті досліджень буде отримано: теорію управління пористою структурою гідросилікатів; можливість виготовляти глиноземні теплоізоляційні матеріали з необхідною теплопровідністю шляхом варіювання параметрами пористості; нові теплоізоляційні матеріали на основі глиноземів; вдосконалену технологію виготовлення вогнетривів, яка дозволить покращити вихідну продукцію та оптимізувати виробничий процес.

The main objectives of the project are:

1. Investigate the influence of pore size and shape on the effective thermal conductivity of hydrosilicates with using advanced methods of computer modeling and real experiments.
2. Determine the optimal parameters of porosity for heat insulating materials, develop the technology of porous structure formation and test its viability in practice.
3. Formulate first full theory of management of hydrosilicates effective thermal conductivity by varying the parameters of porosity.
4. Perform the feasibility study of decisions.

The results of research will be: theory management of porous structure of hydrosilicates; the possibility to produce alumina insulating materials with the desired thermal conductivity by varying the parameters of porosity; new insulating materials based on clays; advanced manufacturing technology of refractory that will improve output products and optimize the production process.

2. ПРОБЛЕМАТИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Прикладна проблема, на вирішення якої спрямовано проект: Розробка теоретичних и технологічних основ для створення нових пористих теплоізоляційних матеріалів з прогнозованими теплофізичними характеристиками

2.2. Об'єкт наукової роботи, науково-технічної (експериментальної) розробки: Об'єкт наукової роботи - технологія термічного структуроутворення пористої частинки.

2.3. Предмет наукової роботи, науково-технічної (експериментальної) розробки: Безліч експериментальних даних свідчать про наявність зв'язку між пористістю матеріалу і його теплофізичними властивостями. Вплив пористості на

теплопровідність матеріалу можна розглянути на прикладі наступних експериментальних даних. Значення коефіцієнтів теплопровідності заліза і гірської породи відрізняються майже в 18 разів, але при цьому засипка з кульок заліза і кульок гірської породи з однаковою пористістю 62,5% має майже однаковий коефіцієнт теплопровідності 0,0403 Вт/(м•К).

Більшість авторів які вивчають пористі матеріали, оцінюють лише кількісний показник - пористість. Питання про достатність даного критерію до сих пір не піднімалося. Хоча як свідчать проведені експериментальні дослідження при однаковій пористості матеріалу, але при різному розмірі пор теплопровідність матеріалу відрізняється майже в двічі.

3. СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЗРОБОК ЗА ТЕМАТИКОЮ

3.1. Аналіз результатів, отриманих авторами проекту за даною проблемою, тематикою, об'єктом та предметом наукової роботи та науково-технічної (експериментальної) розробки; у чому саме полягає внесок згадуваних вчених та чому їх напрацювання потребують продовження, доповнення, вдосконалення: Перед початком досліджень було виконано аналітичний огляд існуючих технологій, який показує, що дослідження в даному напрямку спрямовані на вивчення того чи іншого процесу окремо, а узагальнених теорій недостатньо для чіткого аналізу і побудови моделі процесу тепломасообміну вологої частинки, що спучується. Необхідно створити загальний метод, загальний підхід до вирішення даного питання: експериментальне знаходження та узагальнення характеристик тепломасообміну вологої пористої частинки; визначення оптимального параметра теплової обробки в залежності від теплофізичних параметрів (тривалості теплової обробки, температури, початкової вологості матеріалу); використання оптимальних результатів для побудови математичної моделі тепломасообміну частинки, які з'єднуються; розробка і випробування технологічної схеми термообробки частинок пористого матеріалу.

3.2. Аналіз результатів, отриманих іншими вітчизняними та закордонними вченими за даною проблемою, тематикою, об'єктом та предметом наукової роботи та науково-технічної (експериментальної) розробки; окремо проаналізувати напрацювання цих учених за останні 5 років із посиланням на конкретні публікації: В Eom J.-H., Kim Y.-W., Raju S. (2013). Processing and properties of macroporous silicon carbide ceramics: Journal of Asian Ceramic Societies, 1 (3), 220–242. doi: 10.1016/j.jascer.2013.07.003 розглядається пориста структура силікату вуглецю (Si) у керамічних виробках. Показано основні реакції одержання силікату вуглецю й залежність пористості отриманого керамічного виробу від синтезу вихідних компонентів. У статті, знімками надається отримана структура матеріалу і її пористість, але при однаковій пористості можна спостерігати абсолютно різну структуру. Також у статті показана залежність теплопровідності від пористості. З показників пористої структури крім загальної пористості, розглядається тільки однорідність розташування й форми пор.

В Pavlenko A.M., Koshlak H.V. (2015). Design of processes of thermal bloating of silicates, No 1, p.p. 118-122. авторами розглядається математична модель росту парового пухирця в необмеженому просторі. Теоретично, дану модель можна використати при спучуванні керамзиту парами води. Але експериментальних підтверджень цьому немає.

У роботі Bodnárová L., Hela R., Hubertová M., Nováková I. (2014). Behaviour of Lightweight Expanded Clay Aggregate Concrete Exposed to High Temperatures: International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, Vol:8, No:12, p.p.1205-1208, scholar.waset.org/1999.3/9999750 були отримані керамзитобетони з досить різною структурою пор через незначні варіації складу суміші й температури термообробки. У роботі [4] керамзит піддавався впливу високої температури термообробці. Зразки піддавалися впливу тепла з використанням стандартної температурної кривої по ISO-834. Проте, автори не враховували вплив температури й складу на отриману пористу структуру.

У Freire-Gormaly, M. The Pore Structure of Indiana Limestone and Pink Dolomite for the

Modeling of Carbon Dioxide in Geologic Carbonate Rock Formations [Electronic resource] / Department of Mechanical and Industrial Engineering. - University of Toronto, 2013. - Available at: https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/42840/1/Freire-Gormaly_Marina_201311_MASc_thesis.pdf дано опис пористої структури матеріалу. Але в запропонованих параметрах, що описують пористу структуру, є спрощення (прийняття поверхні пори за сферу). Також дана модель не дозволить змоделювати тривимірну пористість.

У ZHANG Xinming, WANG Jiping, GU Qinyang. Influence of random porosity structure on thermal conductivity of heterogeneous porous foam[J]. CIESC Journal, Chongqing, 2014, 65(3): 883-883. Available at: <http://www.hgxb.com.cn/EN/10.3969/j.issn.0438-1157.2014.03.016> проведено дослідження впливу випадкової пористої структури на теплопровідність гетерогенної піни. Досліди базувалися на комп'ютерному моделюванні та в якості вихідного зразка для моделі було взято графітову піну. Чисельні результати показали, що теплопровідність вспіненого матеріалу зменшується зі збільшенням хаотичності структури. Однак конвективна складова не була врахована. Під хаотичністю структури малося на увазі лише більша або менша кількість пор з різними розмірами у зразку.

У LI Sha, YONG Yumei, YIN Xiaolong et al. Numerical simulation for influence of pore characteristics on gas diffusion in porous media[J]. CIESC Journal, 2013, 64(4): 1248-1248. Available at: <http://www.hgxb.com.cn/EN/abstract/abstract13417.shtml> стохастичним шляхом за допомогою методу чисельного моделювання була створена пористість, котра наближена до природного пористого середовища. У змодельованому пористому середовищі було проведено чисельні моделювання дифузії газів з використанням методу решітчастих рівнянь Больцмана. Результати проведених експериментів показали, що процеси дифузії суттєво відрізняються в різних пористих мікро-структурах з однаковою пористістю. Також було показано, що розміри каналів впливають на швидкість дифузії. Суттєвим недоліком цієї роботи є те, що було розглянуто лише каналну пористість, при чому всі пори було між собою взаємозв'язані.

У A. Druma, M. Alam and C. Druma, "Surface Area and Conductivity of Open-Cell Carbon Foams," Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Vol. 5 No. 1, 2006, pp. 73-86. doi:10.4236/jmmce.2006.51005. розроблена аналітична модель для визначення площі поверхні і теплопровідності вспінених матеріалів зі сферичною формою пор та різною пористістю. Отримана аналітична модель не просто базується на сферичній формі пор, але й на конкретному їх розташуванні в матеріалі. Нажаль розглянуті приклади не охоплюють усієї варіації розташувань. Теоретично отриманий аналітичний метод може бути використаний у подальших дослідженнях, однак буде необхідно внести суттєві зміни стосовно форми і розташування пор.

У Lopez-Pamies, O., Ponte Castaneda, P., I. Idiart, M. Effects of internal pore pressure on closed-cell elastomeric foams [Electronic resource] / International Journal of Solids and Structures, 2012. - Available at: http://www.researchgate.net/publication/256733990_Effects_of_internal_pore_pressure_on_closed-cell_elastomeric_foams проведені дослідження з впливу тиску в порах на еластомери з закритою пористістю. Розглянуто зміну тиску в порах при різних гідростатичних впливах. Однак не було запропоновано способу розрахунку тиску в порах та не було встановлено залежність ефективної теплопровідності від тиску в порах.

У Raed, K., Barth G., Wulf R., Gross U. Gas atmosphere and pore size distribution effects on the effective thermal conductivity of nano-scaled insulations [Electronic resource] / German. - Freiberg, 2005. - Available at: <http://tu-freiberg.de/fakult4/iwtt/ttd/publikationen-ma/>

Nimmo, J. R. Porosity and Pore Size Distribution [Text] / Encyclopedia of Soils in the Environment: London. - Elsevier - 2004. - p. 295-303.

показано зміну теплопровідності від температури для різних діаметрів пор, однак температура в порах дорівнювала температурі навколишнього середовища.

Можливість заповнення пори двофазною або рідкою середою не було розглянуто. У Nimmo, J. R. Porosity and Pore Size Distribution [Text] / Encyclopedia of Soils in the Environment: London. - Elsevier - 2004. - p. 295-303. розглянуто природу пористості, розміри пор, види пор та їх розподіл в солях. Не було розглянуто вплив типу, розміру та способу розташування пор на теплопровідність.

У Yusuke Asakuma, Tsuyoshi Yamamoto Effective thermal conductivity of porous materials and composites as a function of fundamental structural parameters / Computer Assisted Mechanics and Engineering Sciences 20(2):89 • January 2013. Available at: http://cames.ippt.gov.pl/pdf/CAMES_20_2_2.pdf були проведені дослідження теплопровідності гомогенізацією. Досліджені фактори, котрі визначають ефективну теплопровідність пористих структур та композитів, таких як об'ємне відношення суцільної та дисперсної фаз, ступінь провідності, число Біо та щільноупакованість часток моделі. У якості форми пор було використано лише сферу та варіації розташування пор в матеріалі розглянуто не в повній мірі.

3.3. Перелік основних публікацій (не більше 10-ти) закордонних і вітчизняних вчених (окрім публікацій авторів, що наведені у доробку), які містять аналоги і прототипи та є основою для проекту:

Таблиця 1

№	Повні дані про статті
1	Eom J.-H., Kim Y.-W., Raju S. (2013). Processing and properties of macroporous silicon carbide ceramics: Journal of Asian Ceramic Societies, 1 (3), 220-242. doi: 10.1016/j.jascer.2013.07.003
2	Pavlenko A.M., Koshlak H.V. (2015). Design of processes of thermal bloating of silicates, No 1, p.p. 118-122.
3	Bajare D., Kazjonovs J., Korjakins A. (2013). Lightweight Concrete with Aggregates Made by Using Industrial Waste: Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, № 4(5). - Riga Technical University, Faculty of Civil Engineering, Latvia. DOI: http://dx.doi.org/10.5755/j01.sace.4.5.4188
4	Bodnárová L., Hela R., Hubertová M., Nováková I. (2014). Behaviour of Lightweight Expanded Clay Aggregate Concrete Exposed to High Temperatures: International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, Vol:8, No:12, p.p.1205-1208, scholar.waset.org/1999.3/9999750
5	Freire-Gormaly, M. The Pore Structure of Indiana Limestone and Pink Dolomite for the Modeling of Carbon Dioxide in Geologic Carbonate Rock Formations [Electronic resource] / Department of Mechanical and Industrial Engineering. - University of Toronto, 2013. - Available at: https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/42840/1/Freire-Gormaly_Marina_201311_MASc_thesis.pdf https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/42840/1/Freire-Gormaly_Marina_201311_MASc_thesis.pdf
6	ZHANG Xinming, WANG Jiping, GU Qinyang. Influence of random porosity structure on thermal conductivity of heterogeneous porous foam[J]. CIESC Journal, Chongqing, 2014, 65(3): 883-883. Available at: http://www.hgxb.com.cn/EN/10.3969/j.issn.0438-1157.2014.03.016
7	LI Sha, YONG Yumei, YIN Xiaolong et al. Numerical simulation for influence of pore characteristics on gas diffusion in porous media[J]. CIESC Journal, 2013, 64(4): 1248-1248. Available at: http://www.hgxb.com.cn/EN/abstract/abstract13417.shtml
8	A. Druma, M. Alam and C. Druma, "Surface Area and Conductivity of Open-Cell Carbon Foams," Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Vol. 5 No. 1, 2006, pp. 73-86. doi:10.4236/jmmce.2006.51005.
9	Lopez-Pamies, O., Ponte Castaneda, P., I. Idiart, M. Effects of internal pore pressure on closed-cell elastomeric foams [Electronic resource] / International Journal of Solids and Structures, 2012. - Available at: http://www.researchgate.net/publication/256733990_Effects_of_internal_pore_pressure_on_closed-cell_elastomeric_foams

№	Повні дані про статті
10	Raed, K., Barth G., Wulf R., Gross U. Gas atmosphere and pore size distribution effects on the effective thermal conductivity of nano-scaled insulations [Electronic resource] / German. – Freiberg, 2005. – Available at: http://tu-freiberg.de/fakult4/iwtt/ttd/publikationenen-ma/
11	Nimmo, J. R. Porosity and Pore Size Distribution [Text] / Encyclopedia of Soils in the Environment: London. – Elsevier – 2004. – p. 295-303.
12	Yusuke Asakuma, Tsuyoshi Yamamoto Effective thermal conductivity of porous materials and composites as a function of fundamental structural parameters / Computer Assisted Mechanics and Engineering Sciences 20(2):89 • January 2013. Available at: http://cames.ippt.gov.pl/pdf/CAMES_20_2_2.pdf

4. МЕТА, ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ТА ЇХ АКТУАЛЬНІСТЬ

4.1. Ідеї та робочі гіпотези проекту: Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

- визначити основні гази-пороутворювачі і реакції, в яких вони утворюються;
- визначити шляхи можливості збільшення або зменшення пористості матеріалу за рахунок збільшення або зменшення певних вихідних компонентів;
- визначити вплив добавок алюмінію та оксиду алюмінію на кінцеву пористу структуру;
- визначити можливість створення локальних пор шляхом збільшення локального вмісту вологи вихідної суміші;
- визначити принцип дії дифузійного генезису; розглянути, в яких саме пористих матеріалах пори виникають за рахунок дифузійного генезису; з'ясувати, до чого призводить велика швидкість фронту кристалізації;
- визначити принцип дії генезису деструкції; розглянути вплив виникнення розривів у структурі матеріалу; з'ясувати, чим саме обумовлений ріст системи пор;
- розглянути спосіб розрахунку швидкості поровиникнення; побудувати та проаналізувати залежність кількості центрів поровиникнення та швидкості росту пор від температури;
- визначити можливість математичного моделювання управління пористою структурою;
- знаходження умов існування пори;
- аналітичне знаходження часу виникнення пори;
- визначення загальних залежностей зміни кількості пор і пористості при спученні матеріалів, на основі глинозему;
- складання математичної моделі, яка описує зміну кількості пор в матеріалі на основі глинозему.

4.2. Мета і завдання, на вирішення яких спрямовано проект: Мета і завдання наукового проекту - розробка теоретичних і технологічних основ для створення нового пористого теплоізоляційного матеріалу з прогнозованими теплофізичними характеристиками. У роботі представлені залежності теплофізичних властивостей матеріалу від різних параметрів термообробки, критеріальні рівняння для опису процесів тепломасообміну матеріалу при його термообробці, математична модель тепломасообміну частинки, що спучується в потоці, дослідження залежностей аеродинамічних параметрів потоку від геометричних розмірів вихрового апарату, методика розробки конструкції вихрового апарату для забезпечення оптимальних параметрів термообробки, уточнення математичної моделі витання часток у вихровому апараті при термообробці.

4.3. Обґрунтування актуальності та/або доцільності виконання завдань: Теплоізоляційні матеріали на основі глинозему є широко розповсюдженими. У багатьох галузях використовують виключно такі матеріали, а це в свою чергу забезпечує постійність ринку збуту. Майже у кожній країні є ряд підприємств по

виготовленню таких матеріалів, так наприклад в Україні є 18 основних спеціалізованих підприємств. Однак незважаючи на широку область застосування та постійність ринку збуту продаж таких матеріалів для багатьох виробників зазнає спаду. Така тенденція обумовлена тим, що розвиток глиноземних теплоізоляційних матеріалів вже тривалий час стоїть на місці. А отже користувачі починають шукати більш доцільну заміну цим матеріалам. Для забезпечення розвитку та конкурентоспроможності пористих глиноземних матеріалів є два шляхи: перший полягає у виробництві матеріалу з покращеними ключовими властивостями, одним яких безумовно є теплопровідність; другий полягає в максимальній оптимізації процесу виготовлення матеріалу з вже існуючими характеристиками, що дозволить знизити їх вартість та тимчасово втримати або навіть збільшити, на деякий час, ринок збуту. Завдання поставлені у даному проекті дозволять заповнити важливу, відсутню "нішу" в аналітичних та емпіричних дослідженнях таких матеріалів. Отримані результати стануть базисом як для виготовлення нових матеріалів з покращеними теплофізичними властивостями, так і для оптимізації процесу виготовлення матеріалу з вже існуючими характеристиками. Також результати у повній мірі зможуть бути використані для вдосконалення інших неметалевих пористих теплоізоляційних матеріалів та частково для пористих металевих матеріалів (які також широко розповсюджені).

5. ПІДХІД, МЕТОДИ, ЗАСОБИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЗРОБОК ЗА ПРОЕКТОМ

5.1. Визначення підходу щодо виконання наукової роботи та науково-технічної (експериментальної) розробки, обґрунтування її новизни: Перед початком досліджень було виконано аналітичний огляд існуючих технологій, який показує, що дослідження в даному напрямку спрямовані на вивчення того чи іншого процесу окремо, а узагальнених теорій недостатньо для чіткого аналізу і побудови моделі процесу тепломасообміну вологої частинки, що спучується. Необхідно створити загальний метод, загальний підхід до вирішення даного питання: експериментальне знаходження та узагальнення характеристик тепломасообміну вологої пористої частинки; визначення оптимального параметра теплової обробки в залежності від теплофізичних параметрів (тривалості теплової обробки, температури, початкової вологості матеріалу); використання оптимальних результатів для побудови математичної моделі тепломасообміну частинки, які з'єднуються; розробка і випробування технологічної схеми термообробки частинок пористого матеріалу.

До нової методології відноситься розробка методів аналітичного та емпіричного формування необхідної пористої структури матеріалу з заданими теплофізичними властивостями. Також буде розроблено новий метод оцінки енергоефективності існуючого обладнання виробництва вогнетривів та методика створення нових пористих теплоізоляційних матеріалів на основі гідросилікатів.

Буде запропоновано залежність коефіцієнта теплопровідності сухих пористих матеріалів, що виражає сукупний вплив розмірів чарунки і об'ємної ваги. Буде проведено ряд експериментів, які дозволяють зробити висновок, що при спученні матеріалу необмеженого стінками судини спучування відбувається нерівномірно по горизонтальній площині. Необхідно підібрати оптимальний діаметр пор на основі коефіцієнта теплопровідності сухих пористих матеріалів за допомогою оптимізації методом золотого перетину, дослідити регулювання процесу поро-утворення в матеріалах на основі езотермічної реакції. Планується розробка нового матеріалу на основі глинозему. Експериментальним шляхом, буде проведено дослідження впливу відкритої і загальної пористості на вогнетривких матеріалах.

5.2. Нові або оновлені методи та засоби, методика та методологія наукової роботи та науково-технічної (експериментальної) розробки, що створюватимуться авторами у ході виконання проекту: Методи дослідження включають математичне моделювання процесів тепломасообміну, які протікають в частинках які спучуються.

5.3. Особливості структури та складових проведення наукової роботи та науково-технічної (експериментальної) розробки: Проведення дослідження буде

відбуватися в два етапи. На першому етапі буде проведено теоретичний аналіз, математичне та фізичне моделювання процесів отримання якісних пористих матеріалів. Для реалізації процесу моделювання використовується Solid Works. Математичне моделювання процесів деформації продуктів синтезу виконується з використанням програмного забезпечення Ansys, котре базується на використанні методу кінцевих елементів.

На другому етапі буде використаний повний комплекс методів дослідження з визначення структури, теплофізичних характеристик вогнетривів при проведенні експериментальних досліджень. Визначення теплофізичних характеристик вогнетривів буде здійснено рентгеноспектральним і хімічним методами. Дослідження виконуються у відповідності з існуючими стандартами на приладах і обладнанні, що пройшли метрологічний контроль. Обробка статистичних даних здійснюється регресійно-кореляційним методом.

6. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ ТА ЇХ НАУКОВА НОВИЗНА

6.1. Докладно представити зміст очікуваних результатів, навести попередні описи методик, суспільних практик, положень, регламентів, пристроїв, технологій, обладнання, стандартів, проектів нормативно-технічних документів, творів, що створюватимуться, змінюватимуться та/або доповнюватимуться авторами: Очікуванні результати полягають у тому, що будуть розглянуті особливості формування пористої структури матеріалу з прогнозованими теплофізичними характеристиками, проведені дослідження пористих структур теплоізоляційних та будівничих матеріалів на основі гідросилікатів, розроблений математичний опис формування пористої структури. Також планується створити нові пористі теплоізоляційні матеріали на основі гідросилікатів та розробити нові схеми створення оптимальних пористих структур.

6.2. Вказати, які з очікуваних результатів можуть бути науково обґрунтованими та доведеними, спиратимуться на закономірності природи, а які - корисними практико-методичними напрацюваннями: Проаналізувавши запропоновані закономірності, можна сказати, що чим менше розмір пор, тим менше конвективна складова теплообміну, але якщо розглядати кінетику росту пор, то при збільшенні радіуса пори зменшуватиметься внутрішній тиск пор, а значить і зменшуватиметься теплопровідність пор. Знаходження оптимального розміру пор можливо тільки після з'ясування механізму зростання пор, зокрема, зміна концентрації газу всередині пори при її розвитку і ймовірність зростання пори за рахунок поглинання нею іншої пори.

Для досягнення рівномірної пористості необхідно мінімізувати градієнт температур і в'язкості за матеріалом під час його теплової обробки. Також, при спучуванні суміші, необхідно прибрати непотрібні домішки з температурою плавлення вище температури спучування.

Дотримуючись перерахованих вище умов і визначивши оптимальні режими теплової обробки (які залежатимуть від хімічного складу вихідної суміші) можна отримати високоякісний екологічно чистий теплоізоляційний матеріал. При цьому якщо спучування матеріалу проводити при низьких температурах (до 300°C), то єдиним що виділяється речовиною в атмосферу є водяні пари.

На підставі аналізу існуючих теорій і методів термообробки вологої пористої частинки показана відсутність цілісного підходу до теоретичного опису процесу термічного спучення пористих матеріалів. У зв'язку з цим необхідно розробити новий теоретичний і технологічний підходи до термічного спучення частинки з метою створення теплоізоляційного матеріалу на основі гідросилікату, що має низький коефіцієнт теплопровідності і мінімальні економічні витрати при виробництві.

Усі очікувані результати будуть науково - обґрунтовані, доведені та корисними.

6.3. Довести наукову (науково-прикладну) новизну результатів наукової роботи та науково-технічної (експериментальної) розробки на основі їх змістовного порівняння з існуючими аналогами у світовій науці на основі посилань на конкретні публікації (таблиця 1 цієї Форми) та довести переваги

отримуваного над наявним: Наукова новизна полягає у тому, що:

- вперше будуть розроблені комплексні показники пористої структури;
- вперше буде розроблена залежність теплопровідності матеріала від комплексних показників пористості для гідросилікатів;
- вперше буде визначена швидкість пороутворення та швидкість росту пор у гідросилікатів при їх термообробці;
- вперше буде проведено дослідження впливу зміни конвективної складової ефективного коефіцієнту теплопровідності пористих теплоізоляційних матеріалів від розміру та розташування пор;
- вперше буде розроблене узагальнене рівняння ефективного коефіцієнта теплопровідності пористих матеріалів.

7. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ ТА СУСПІЛЬСТВА

7.1. Визначити та обґрунтувати використання очікуваних результатів для конкретної галузі суспільної практики, вирішення вітчизняних і світових проблем; довести відповідність потребам суспільства та економіки країни, за наявності - потребам світового ринку: Гідросилікати і гідроалюмосилікати широко застосовуються в різних областях енергетичної та будівельної промисловості. Спученням вихідної піно маси отримують піноскло, газобетони, керамзит, пінобетон, теплоізоляцію на основі кремнезему і т.д. Вони мають чудові високотемпературні теплоізоляційні і теплозахисні властивості. Данні матеріали служать відмінним тепловим бар'єром і найкращими з наявних засобами захисту від пожеж і впливів теплової енергії при високотемпературних технологічних процесах. Однак, незважаючи на розповсюдженість та необхідність таких матеріалів, їх розвиток вже давно стоїть на одну місці. Адже нічого окрім зміни хімічного складу ніхто навіть не пропонує розглянути. Це означає, що на фоні з швидко еволюціонуючим навколишнім світом такі матеріали поступово застарівають. І настане час коли вони не будуть конкурентоспроможними. А це в свою чергу призведе до суттєвого удару по економіці країни, адже більшість підприємств з виробітку вогнетривів будуть змушені зупинити свою роботу через не окупність виробництва. Для прикладу в Україні є 18 основних спеціалізованих підприємств з виробництва вогнетривів: Ватутінський, Великоанадольський і Часівоярський вогнетривий комбінат, ПАТ «Запоріжвогнетрив», «Білокаменські вогнетриви», Овруцький гірничо-збагачувальний комбінат, Дружківське і Кіровоградське рудоуправління, Кондратівський, Пантелеймонівський, Костянтинівський, Красногоровський, Микитівський, Красноармійський дінасовий заводи, АТ «Огнеупорметаллсервіс» і компанія «Керамос Мінерал», Христофорівський завод вогнетривих блоків і бетонів, Михайлівське виробництво вогнетривів.

7.2. Навести запланований перелік практичних методик, положень, регламентів, пристроїв, технологій, обладнання, стандартів, інформаційно-аналітичних матеріалів, творів, рекомендацій, пропозиції до органів влади та інших документів, що можуть бути передані потенційним замовникам для використання поза межами організації-виконавця: Знаючи залежність теплофізичних властивостей матеріалу від параметрів пористості та маючи повноцінну теорію управління пористою структурою можна буде суттєво покращити наявні на даний момент вогнетриви. При чому, при необхідності зовсім не змінюючи їх хімічного складу. Такий крок дозволить не лише протриматись на плаву вітчизняним виробникам, але й зайняти ключові позиції на міжнародних ринках. Не кажучи вже про те, що методика виробництва вогнетривів на базі управління пористою структурою надасть поштовх для розвитку цих матеріалів у новому напрямку. Під час виконання досліджень буде використовуватись наступне обладнання: муфельна піч, прес-форми, вимірювач теплопровідності зондовий, гідросилікати різноманітного походження.

7.3. Запланувати проведення маркетингових досліджень щодо просування науково-прикладних результатів на світовий ринок, визначити потенційних замовників, навести перелік реальних майбутніх користувачів, з якими вже встановлено договірні відносини (з підтвердженням листами підтримки від

представників провідної наукової спільноти, потенційних інвесторів або реального сектору економіки): Поява нових вогнетривів з покращеними теплофізичними властивостями та розумною ціною миттєво сколихне ринок. Потенційними замовниками цієї технології можуть бути як вітчизняні підприємства з виробітку вогнетривів (зазначені в пункті 7.1.) так і аналогічні підприємства з Європи та Америки. Така тенденція буде обумовлена бажанням кожної з компаній зберегти свою долю ринку. Однак для отримання більш точної інформації щодо можливих замовників в розділі ТЕО буде проведено маркетингове дослідження для просування науково-прикладних результатів на світовий ринок.

7.4. Обґрунтувати цінність очікуваних результатів для світової та вітчизняної науки: З наукової точки зору отримані результати будуть унікальними. Вони дозволять розглянути проблеми вдосконалення пористих теплоізоляційних матеріалів зовсім з іншого ракурсу ніж раніше. Отримані залежності ефективної теплопровідності від параметрів пористості та розроблені методики управління пористою структурою будуть слугувати надійним "фундаментом" для подальшого вдосконалення неметалевих пористих теплоізоляційних матеріалів. Науковий досвід отриманий під час цих досліджень дозволить суттєво поглибити знання з фізики елементарних часток та теплофізики в цілому. Адже майже кожна теоретична складова дослідження буде підкріплена реальним експериментом, а такий досвід є безцінним.

7.5. Довести цінність результатів для підготовки фахівців у системі освіти, зокрема вищої кваліфікації, навести прізвища, імена, по батькові та тематику магістрантів і докторантів, що братимуть участь у виконанні проекту: По тематиці даного проекту планується захист докторської дисертації Чейлитко Андрія Олександровича на тему «Формування теплофізичних властивостей матеріалу шляхом створення прогнозованих пористих структур», а також планується включити проведені дослідження до двох кандидатських дисертацій Носова Максима Андрійовича з темою «Теоретичні та технологічні основи створення пористих металевих виробів з заданими теплофізичними властивостями» та Чейлитко Анастасії Андріївни з темою «Вплив форми та розміру включень графіту на теплопровідність металевих елементів охолоджуючих конструкцій». За отриманими даними планується написання статей та тез в журнали фахових видань з ISSN, в журнали які входять до наукометричних баз Scopus та Index Copernicus. Також ці дані послугують джерелом написання монографій для опублікування як на території України так і за її межами (5-15 арк.).

7.6. Довести, що задля одержання наведених науково-прикладних результатів варто витратити відповідні кошти державного бюджету, що соціально-економічний чи екологічний ефект від впровадження результатів проекту перевищить витрати: Економічну та соціальну вигоду від впровадження майбутніх результатів важко недооцінити. Адже виготовлення покращених вогнетривів, як мінімум, дозволить вітчизняним виробникам скласти гідну конкуренцію на міжнародному ринку. Це в свою чергу призведе до збереження робочих місць та стабільного надходження коштів у казну країни. Як максимум, доля ринку вітчизняних виробників вогнетривів зросте, що призведе до збільшення: виробництва; кількості робочих місць; коштів, що надходять в казну країни.

8. ФІНАНСОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИТРАТ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

8.1. Обсяг витрат на заробітну плату (розрахунок за посадами та кількістю працівників, залучених до виконання, загальний та по роках):

-

8.2. Обсяг витрат на матеріали, орієнтовний розрахунок за групами матеріалів (загальний та по роках):

-

8.3. Обсяг витрат на енергоносії, інші комунальні послуги (за видами, на підставі порівняльного розрахунку попередніх періодів, загальний та по роках):

-

8.4. Інші витрати (за видами, із обґрунтуванням їх необхідності, загальні та по роках):

-

8.5. Зведений кошторис проекту (загальний та по роках):

-

8.6. Перелік обладнання (із зазначенням цін та виробників), необхідного для виконання наукової роботи, науково-технічної (експериментальної) розробки:

-

9. ДОРОБОК ТА ДОСВІД АВТОРІВ ЗА ТЕМАТИКОЮ ПРОЕКТУ (за попередні 5 років)

9.1. Зазначити h-індекс керівника проекту згідно з базою даних Scopus та веб-адресу його відповідного авторського профілю:

-

9.2. Зазначити сумарний h-індекс згідно з базою даних Scopus семи виконавців проекту (крім керівника проекту) та веб-адреси їх відповідних авторських профілів:

-

9.3. Перелік статей у журналах, що входять до наукометричних баз даних Web of Science та Scopus, Index Copernicus (для гуманітарного та соціоекономічного напрямів):

9.4. Статті, що входять до наукометричних баз даних Web of Science, Scopus, Index Copernicus (для гуманітарного та соціоекономічного напрямів) та які не входять до пункту 9.3 цієї глави:

Таблиця 3

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії (позначити прізвища авторів) зі списку виконавців
1	-

9.5. Опубліковані за темою проекту статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України та мають ISSN, статті у закордонних журналах, що не увійшли до пунктів 9.3, 9.4 цієї глави, а також матеріали англійською мовою доповідей на міжнародних конференціях у виданнях, що входять до наукометричних баз даних Web of Science, Scopus та/або Index Copernicus:

Таблиця 4

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; позначити прізвища авторів, які належать до списку виконавців
1	<u>Чейлитко А.О.</u> Зародження пор та їх вплив на властивості матеріалу / А.О. Чейлитко // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 5/1 (25). – С. 30 – 35 DOI: 10.15587/2312-8372.2015.48177
2	<u>Чейлытко А.А.</u> Влияние геометрических размеров вихревого аппарата на его аэро-динамическое сопротивление / А.А. Чейлытко // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2013. – №6/8 (66). – С. 45 – 49.
3	<u>Назаренко І.А.</u> Вибір ефективної форми донного відбивача для рівномірного нагріву високотемпературного пеку / І.А. Назаренко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – Харків: Технологічний центр, 2014. – №2/1 (16). – С.70-74
4	<u>Назаренко, І. А.</u> Вибір ефективної ізоляції для резервуарів з високотемпературним пеком / І. А. Назаренко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – Харків :

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; позначити прізвища авторів, які належать до списку виконавців
	Технологічний центр, 2013. -№2/2(10). - С. 11-13.

9.6. Монографії та (або) розділи монографій, що опубліковані за темою проекту українськими видавництвами: Чейлытко А.А. Особенности влияния пористости на теплопроводность глиноземистых материалов: моногр. Дніпропетровськ: Середняк Т.К., 2015. – 76 с. ISBN 978-617-7257-62-1 Чейлытко А.А., Павленко А.М. Вспучивание пористого кремнеземистого материала: моногр. Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 130 с. ISBN 978-3-659-46789-9.

9.7. Монографії та (або) розділи монографій, що опубліковані у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу: -

9.8. Охоронні документи (патенти) на об'єкти права інтелектуальної власності, що отримані:

Таблиця 7

№	Назви документів та їх вихідні дані
1	-

9.9. Дисертації кандидата наук (доктора філософії) та доктора наук, захищені виконавцями проекту:

Таблиця 8

№	Назви документів та їх вихідні дані
1	Чейлытко Андрій Олександрович «Розробка теоретичних та технологічних основ теплової обробки вологих дисперсних матеріалів у вихрових апаратах» за спеціальністю 05.14.06 – „Технічна теплофізика і промислова теплоенергетика”, Павленко А.М., Харків, Інститут проблем машинобудування ім. Підгорного, 2011
2	Ільїн Сергій Віталійович «Підвищення ефективності процесів теплообміну в обмотках силового трансформатора шляхом вдосконалення параметрів системи охолодження» за спеціальністю 05.14.06 – „Технічна теплофізика і промислова теплоенергетика”, Яковлева І.Г., 2013, Дніпродзержинський державний технічний університет
3	Назаренко Ірина Анатоліївна «Підвищення ефективності роботи систем нагріву високотемпературного пеку на основі розробки їх раціональних режимів роботи» за спеціальністю 05.14.06 – „Технічна теплофізика і промислова теплоенергетика”, Яковлева І.Г., 2013, Дніпродзержинський державний технічний університет

9.10. Індивідуальні гранти (стипендії) на наукові стажування в Україні та за кордоном, що фінансувалися за рахунок Державного бюджету України та/або закордонними організаціями (сумарна кількість місяців для керівника та семи виконавців проекту): -

9.11. Гранти на виконання наукових робіт/науково-технічних (експериментальних) розробок, за якими працювали виконавці, що фінансувалися закордонними організаціями: -

9.12. Авторами проекту виконано робіт за договорами та грантовою тематикою на суму (вказується відповідно до підтвердних документів (довідка бухгалтерії ВНЗ, НУ) у рамках заявленого наукового напрямку): -

10. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ:

Таблиця 12

№	Назви показників очікуваних результатів	Кількість
1	Будуть опубліковані за темою проекту статті в журналах, що входять до наукометричних баз даних Web of Science, Scopus та/або Index Copernicus (для гуманітарного та соціоекономічного напрямів)	2
2	Заплановані статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України і мають ISSN, статті у закордонних журналах, що не увійшли до пункту 1 цієї таблиці, а також тези англійською мовою доповідей на міжнародних конференціях у виданнях, що входять до наукометричних баз даних Web of Science, Scopus та/або Index Copernicus	6
3	Монографії та (або) розділи монографій, що будуть опубліковані за темою проекту українськими видавництвами (вказується кількість друкованих аркушів)	1
4	Монографії та (або) розділи монографій, що будуть опубліковані у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу (вказується кількість друкованих аркушів)	0
5	Буде впроваджено наукові або науково-практичні результати шляхом укладання договорів, продажу ліцензій, грантових угод	2

11. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

Таблиця 13

Етапи роботи	Назва та зміст етапу	Очікувані результати етапу Звітна документація
1 етап (2016)	Дослідження впливу розміру та форми пор на теплопровідність гідросилікатів	Очікувані результати етапу: Рівняння ефективного коефіцієнта теплопровідності пористого матеріалу. Параметри процесів створення матеріалів на основі гідросилікату з покращеними характеристиками. Звітна документація: Проміжний звіт. 2 статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України і мають ISSN, 1 стаття у закордонному журналі; 1 патент;
2 етап (2017)	Розробка технології формування заданої пористої структури	Очікувані результати етапу: Рівняння для знаходження тиску всередині замкнутої сферичної пори. Алгоритм знаходження оптимальних параметрів спучення керамзиту.

Етапи роботи	Назва та зміст етапу	Очікувані результати етапу Звітна документація
		Звітна документація: Проміжний звіт. 2 статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України і мають ISSN, 1 стаття у закордонних журналах,; 1 монографія; 1 патент; 2 теми магістерських робіт. 1 стаття у журналі що входить до наукометричних баз даних Web of Science або Scopus
3 етап (2018)	Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.	Очікувані результати етапу: Технологія енергоефективного виробництва по створенню нових пористих матеріалів на основі гідросилікатів Звітна документація: Заключний звіт. 1 стаття у журналі що входить до наукометричних баз даних Web of Science або Scopus, 1 монографія (17), 2 патент

12. ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ

Молоді вчені до 35 років, з них:
кандидатів: 3, докторів: 0;
наукові працівники без ступеня: 2;
інженерно-технічні кадри: 0, допоміжний персонал: 0;
докторанти: 1; аспіранти: 2; студенти: 0.
Р а з о м : 7.

13. ОСНОВНІ ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ (з оплатою в межах запиту):

Таблиця 14

№	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Дата народження
1	Назаренко Ірина Анатоліївна	канд. техн. наук	доц.	доцент кафедри теплоенергетики. Запорізька державна інженерна академія	1981-10-08