

# Облікова картка НДДКР

Державний обліковий номер: 0223U003787

Державний реєстраційний номер: 0122U200743

Відкрита

Дата реєстрації: 03-07-2023



## 1. Етапи виконання

Номер етапу: 1

**Назва етапу:** Розроблення надвисокочастотної радіопрозорої кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників

**Початок етапу:** 09-2022

**Закінчення етапу:** 12-2022

**Вид звітнього документа:** Проміжний звіт

## 2. Виконавець

**Назва організації:** Державний вищий навчальний заклад "Український державний хіміко-технологічний університет"

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 02070758

**Підпорядкованість:** Міністерство освіти і науки України

**Адреса:** просп. Гагаріна, буд. 8, м. Дніпро, Дніпровський р-н., Дніпропетровська обл., 49005, Україна

**Телефон:** 380567462706

**Телефон:** 380567462668

**E-mail:** udhtu@udhtu.edu.ua

**WWW:** <http://udhtu.edu.ua>

## 3. Власник результатів НДДКР (продукції)

**Назва організації:** Міністерство освіти і науки України

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 38621185

**Адреса:** проспект Берестейський, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

**Підпорядкованість:** Кабінет Міністрів України

**Телефон:** 380444813221

**E-mail:** mon@mon.gov.ua

**WWW:** <https://mon.gov.ua/ua>

## 4. Джерела та напрями фінансування

**Підстава для проведення робіт:** 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

**КПКВК:** 220 1040

**Напрямок фінансування:** 2.4 - розробки найважливіших новітніх технологій за державним замовленням

## Джерела фінансування

Джерело фінансування: 7713 - кошти держбюджету

Фактичний обсяг фінансування за звітний етап: 724.700 тис. грн.

## 5. Науково-технічна робота

### Назва роботи (укр)

Розроблення складів і технології виготовлення кордієритової кераміки для надвисокочастотної авіаційної і ракетної техніки та носіїв каталізаторів

### Назва роботи (англ)

Development of compositions and production technology of cordierite ceramics for ultra-high-frequency aviation and rocket technology and catalyst carriers

### Реферат (укр)

Об'єкт дослідження – фізико-хімічні та технологічні процеси одержання кордієритової кераміки з заданим комплексом фізико-технічних властивостей. Мета роботи – розроблення складів і фізико-хімічних основ енергозберігаючої технології кордієритової кераміки, що володіють комплексом спеціальних властивостей і застосовується для виготовлення радіопрозорих виробів ракетної техніки, які працюють в надвисокочастотному електромагнітному полі. Методи дослідження – розрахункові та основні фізико-хімічні методи досліджень. Визначена послідовність перебігу хімічних реакцій утворення кордієритової фази з компонентів стекл евтектичних складів системи  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ . Одержаний хімічний склад стекл для виготовлення щільноспеченої і пористої кераміки на основі кордієриту. Досліджені технологічні параметри виготовлення, особливості мікроструктури і фазового складу, розроблений хімічний та речовинний склад кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників, за якими запропоноване нове технічне рішення та подана 1 заявка на отримання охоронного документу України на об'єкт права інтелектуальної власності (на винахід). Розроблена математична модель. Наведений опис технологічних параметрів одержання кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників. Виготовлений експериментальний зразок надвисокочастотної радіопрозорої кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників. Галузі застосування: С 23.44 Виробництво інших керамічних виробів технічного призначення; С 26.51 Виробництво інструментів і обладнання для вимірювання, дослідження та навігації; С 30.30 Виробництво повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування.

### Реферат (англ)

The object of research is physico-chemical and technological processes of obtaining cordierite ceramics with a given complex of physical and technical properties. The purpose of the work is to develop the compositions and physico-chemical bases of the energy-saving technology of cordierite ceramics, which have a complex of special properties and are used for the manufacture of radio-transparent products of rocket technology that work in an ultra-high-frequency electromagnetic field. Research methods – calculation and basic physico-chemical research methods. The sequence of chemical reactions of cordierite phase formation from glass components of eutectic compositions of the  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  system was determined. The obtained chemical composition of glasses for the production of densely fired and porous ceramics based on cordierite. The manufacturing technological parameters, features of the microstructure and phase composition were studied, the chemical and material composition of cordierite-based ceramics for nasal antenna fairings was developed, according to which a new technical solution was proposed and 1 application was submitted for obtaining a protection document of Ukraine for an object of intellectual property rights (for an invention). A mathematical model has been developed. A description of the technological parameters of obtaining cordierite-based ceramics for nose antenna fairings is given. An experimental sample of ultra-high-frequency radio-transparent ceramics based on cordierite for nose antenna fairings was made. Fields of application: C 23.44 Production of other technical ceramic products; C 26.51 Manufacture of instruments and equipment for measurement, research and navigation; C 30.30 Production of air and space aircraft, related equipment.

Індекс УДК: 621.315.612.6; 666.266.3; 666.266.5; 666.266.6; 666.3/.7, 629.73.002.3, 629.73.002.3; 666.3:661.6; 621.315.612.6; 666.266.3; 666.266.5; 666.266.6; 666.3/.7

## 6. Науково-технічна продукція (НТП)

### НТП 1

**Назва продукції (укр):** Математична модель щодо визначення основних техніко-експлуатаційних властивостей в залежності від вмісту окремих компонентів та технологічних параметрів виготовлення кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників

**Назва продукції (англ):** Mathematical model for determining the main technical and operational properties depending on the content of individual components and technological parameters for the production of cordierite-based ceramics for nose antenna fairings

**Очікувані результати:** Модель

**Галузь застосування:** С 23.44 Виробництво інших керамічних виробів технічного призначення

**Опис продукції (укр):** Розроблена математична модель представляє собою комплекс математичних формул з коефіцієнтами, які відповідають вмісту скла в композиції та температури випалу кордієритової кераміки. Вона дозволяє оцінити вплив двох факторів (температури випалу кераміки і вмісту скла в її складі) на водопоглинання, пористість, уявну щільність, термічний коефіцієнт лінійного розширення та межу міцності на стискання кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників. Завдяки чому кількість експериментальних досліджень значно зменшується. Призначення: виробництво керамічних матеріалів носових антенних обтічників. Аналогів математична модель не має. Запропонована математична модель сприяє зниженню собівартості кінцевого продукту за рахунок значного зменшення кількості експериментальних досліджень. Розроблена математична модель на навколишнє середовище не впливає.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія енергоресурсів, Економія матеріалів, Зменшення зносу обладнання, Підвищення продуктивності праці

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** УДХТУ

**Споживачі продукції:** підприємства хімічної промисловості

**Перспективні ринки:** Україна, ЄС, США

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

### НТП 2

**Назва продукції (укр):** Хімічний склад стекел для виготовлення щільноспеченої і пористої кераміки на основі кордієриту.

**Назва продукції (англ):** Chemical composition of glasses for the production of densely sintered and porous ceramics based on cordierite.

**Очікувані результати:** Склад

**Галузь застосування:** С 23.44 Виробництво інших керамічних виробів технічного призначення.

**Опис продукції (укр):** Запропонований хімічний склад стекел для виготовлення щільноспеченої і пористої кераміки на основі кордієриту з наступними межами вмісту компонентів, мол. %: MgO 18–24; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16–19 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9–10; SiO<sub>2</sub> 48–56 і характеризуються невисокими температурами кристалізації (940–990°C) та ТКЛР – (43,0–51,5)•10<sup>-7</sup>, град<sup>-1</sup>. Продуктами кристалізації розроблених стекел є безпосередньо кордієрит, а також фази, які є вихідними компонентами в твердофазних реакціях утворення кордієриту: форстерит, кліноенстатит, ?-тридиміт. Використання розроблених стекел дозволяє одержати щільноспечену і пористу кераміку на основі кордієриту. Призначення: для виготовлення щільноспеченої надвисокочастотної кераміки для авіаційної і ракетної техніки, а також пористої кераміки для носіїв каталізаторів. Технічні переваги: на відміну від аналогів, стекла мають зниженні на 150–200°C температури варіння. Запропонований хімічний склад стекел для виготовлення щільноспеченої і дрібнопористої кераміки на основі кордієриту

дозволяє управляти фазовим складом і мікроструктурою кераміки, досягати заданого комплексу фізико-технічних властивостей, сприяє імпортозаміщенню, а також зниженню собівартості кінцевого продукту за рахунок зменшення температури варіння самих стекол і температури спікання кераміки. Хімічний склад стекол для виготовлення щільноспеченої і пористої кераміки на основі кордієриту на навколишнє середовище не впливає.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія енергоресурсів, Економія матеріалів, Зменшення зносу обладнання, Підвищення продуктивності праці

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** УДХТУ

**Споживачі продукції:** підприємства хімічної промисловості

**Перспективні ринки:** Україна, ЄС, США

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

### НТП 3

**Назва продукції (укр):** Хімічний та речовинний склад кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників.

**Назва продукції (англ):** Chemical and material composition of cordierite-based ceramics for nose antenna fairings.

**Очікувані результати:** Матеріали

**Галузь застосування:** С 23.44 Виробництво інших керамічних виробів технічного призначення

**Опис продукції (укр):** Хімічний та речовинний склад кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників дозволяє одержати кордієритову кераміку для надвисокочастотної техніки, що відноситься до технології щільноспечених керамічних та склокристалічних матеріалів з низькою питомою вагою, які містять в якості кристалічної фази  $\gamma$ -кордієрит і використовуються для виготовлення високотемпературних матеріалів для надвисокочастотної техніки, зокрема носових обтічників літальних апаратів, засобів радіосупроводу в авіаційній та ракетній техніці, а також виробів електронної техніки. Кордієритова кераміка, яка одержана при зниженій температурі 1300°C, володіє комплексом високих показників: нульовими значеннями водопоглинання і відкритої пористості, що обумовлює їх високу уявну щільність (2,33–2,37 г/см<sup>3</sup>). За рівнем діелектричної проникності (4,3) і діелектричних втрат (0,001) розроблена кераміка відповідає вимогам до сучасних діелектричних матеріалів. Призначення: виробництво носових обтікачів літальних апаратів, приладів радіосупроводу та інших діелектричних матеріалів. На відміну від аналогів, хімічний та речовинний склад кераміки на основі кордієриту дозволяє отримати високочастотні вироби радіотехнічного призначення складної форми. При цьому знижуються енергетичні витрати на процес виготовлення кераміки за рахунок зниження температури випалу з 1330°C до 1300°C, а також скорочення його тривалості з 4 год до 1 год. Хімічний та речовинний склад кераміки на основі кордієриту, дозволяє одержати кордієритову кераміку при зниженій температурі випалу 1300°C, а також за рахунок скорочення тривалості процесу випалу з 4 год до 1 год буде мати нижчу собівартість, що буде сприяти зменшенню вартості кінцевого продукту. Розроблений хімічний та речовинний склад кераміки на основі кордієриту для надвисокочастотної техніки на навколишнє середовище не впливає.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія енергоресурсів, Економія матеріалів, Зменшення зносу обладнання, Підвищення продуктивності праці

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** УДХТУ

**Споживачі продукції:** підприємства хімічної промисловості

**Перспективні ринки:** Україна, ЄС, США

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## НТП 4

**Назва продукції (укр):** Опис технологічних параметрів одержання кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників.

**Назва продукції (англ):** Description of the technological parameters of obtaining cordierite-based ceramics for nose antenna fairings.

**Очікувані результати:** Методи, теорії

**Галузь застосування:** С 23.44 Виробництво інших керамічних виробів технічного призначення; С 30.30 Виробництво повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування.

**Опис продукції (укр):** Запропонований опис технологічних параметрів одержання кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників. Наведені основні технологічні параметри виготовлення обтічників з кордієритової кераміки. Опис дозволяє виготовляти обтічники для літальних апаратів, які відсутні в номенклатурі українських виробників. Зазначений опис дозволяє одержати обтічники за знижених температур. Призначення: виробництво носових обтічників літальних апаратів. На відміну від аналогів, опис технологічних параметрів одержання кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників дозволяє отримати термостійкі радіопрозорі вироби складної форми. При цьому знижуються енергетичні витрати на процес виготовлення кордієритової кераміки за рахунок зменшення температури варіння стекол, які використовуються в якості компонентів кераміки, зниження температури випалу та скорочення тривалості процесу випалу кераміки. Запропонований опис технологічних параметрів одержання кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників дозволяє виготовляти вироби з нижчою собівартістю за рахунок зниження температури варіння стекол, які використовуються в якості компонентів кордієритової кераміки, зниження температури випалу і скорочення тривалості процесу випалу кераміки, а також сприятиме зменшенню залежності вітчизняних підприємств оборонного комплексу від імпорتنих комплектуючих матеріалів. Розроблений опис технологічних параметрів одержання кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників на навколишнє середовище не впливає.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія енергоресурсів, Економія матеріалів, Зменшення зносу обладнання, Підвищення продуктивності праці

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** УДХТУ

**Споживачі продукції:** підприємства хімічної промисловості

**Перспективні ринки:** Україна, ЄС, США

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## НТП 5

**Назва продукції (укр):** Експериментальний зразок надвисокочастотної радіопрозорої кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників

**Назва продукції (англ):** Experimental sample of ultra-high-frequency radio-transparent ceramics based on cordierite for nose antenna fairings

**Очікувані результати:** Матеріали

**Галузь застосування:** С 23.44 Виробництво інших керамічних виробів технічного призначення; С 30.30 Виробництво повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування.

**Опис продукції (укр):** Експериментальний зразок надвисокочастотної радіопрозорої кераміки на основі кордієриту для носових антенних обтічників виготовлений методом шлікерного лиття має наступні фізико-технічними показники: водопоглинання (0%); відкрита пористість (0%); уявна щільність (2,37 г/см<sup>3</sup>); межа міцності на стискання (314 МПа); ТКЛР

в діапазоні 20–400°C 14•10<sup>-7</sup> град<sup>-1</sup>; термічна стійкість (900°C); вогнетривкість (1350°C); діелектрична проникність (4,3); тангенс кута діелектричних втрат (0,001). Аналогів в номенклатурі українських виробників носових антенних обтікачів для радіокерованих ракет не має. Призначення: виробництво носових обтікачів літальних апаратів. На відміну від аналогів, експериментальний зразок отриманий за знижених енергетичних витратах, сприяє імпортозаміщенню. Експериментальний зразок надвисокочастотної радіопрозорої кераміки на основі кордієриту, одержаний при знижених температурах випалу, буде мати нижчу собівартість, що буде сприяти зменшенню собівартості кінцевого продукту, а саме носових антенних обтічників. Розроблений експериментальний зразок для надвисокочастотної техніки на навколишнє середовище не впливає.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія енергоресурсів, Економія матеріалів, Зменшення зносу обладнання, Підвищення продуктивності праці

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:**

**Виробник продукції:** УДХТУ

**Споживачі продукції:** підприємства хімічної промисловості

**Перспективні ринки:** Україна, ЄС, США

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## 7. Бібліографічний опис

1. Zaichuk, A. Thermodynamic analysis of the reaction formation of the cordierite phase during the synthesis of low-temperature heat-resistsnt ceramics on glasses of the MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> system [Text] / A. Zaichuk, A. Amelina, Y. Kalishenko, Y. Hordieiev // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Vol. 6, № 12 (120). – P. 51-59. (Scopus3 індексом SNIP ≥ 0,4). <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/268140>.
2. Заявка № а 2022 00000 Україна, МПК (11.2022) C03C 10/00, C03C 10/08, C03C 10/12. Кордієритова кераміка для надвисокочастотної техніки [Текст] / Зайчук О.В., Амеліна О.А., Каліщенко Ю.Р., Гордєєв Ю.С. (Україна); заявник та патентовласник Держ. вищ. навч. закл. «Укр. держ. хім. – технол. ун-т». – № а 2022 00000; заявл. 30.11.22.

## 8. Звітна документація

**Кількість сторінок в звіті:** 88

**Мова звіту:** Українська

**Кількість файлів у звіті:** 1

## 9. Заключні відомості

### Перелік осіб-виконавців

Амеліна Олександра Андріївна (к.т.н., с.д.)

Гордєєв Юрій Сергійович (д.філософ)

Зайчук Олександр Вікторович (д.т.н., проф.)

Каліщенко Юлія Русланівна

Сігунов Олексій Олександрович (к.т.н., доц.)

Філоненко Даниїл Володимирович

Хоменко Олена Сергіївна (к.т.н., доц.)

Щербіна Олександр Ігоревич

**Керівник організації:**

Сухий Костянтин Михайлович (д.т.н., професор)

**Керівники роботи:**

Зайчук Олександр Вікторович (д.т.н., професор)

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності  
УкрІНТЕІ**



Юрченко Т.А.