**Звіт про науково-дослідну роботу: ” Дослідження функціональних властивостей матеріалів і покриттів для теплозахисних систем ракетно-космічної техніки та високотемпературних технологій, розробка методик і обладнання для їх отримання, дослідження та переробка промислових відходів з використанням концетрованих джерел енергії”**

**Мета роботи** - отримання та дослідження тугоплавких, теплозахисних, теплоізоляційних матеріалів та покриттів, а також наукової апаратури та обладнання для дослідження антифрикційних матеріалів при моделюванні факторів космічного простору, дослідження кінетики та особливостей термічних перетворень промислових відходів, що містять вольфрам, молібден та інші цінні інгредієнти з використанням сонячної та інших концентрованих джерел енергії.

Терміни виконання наукової роботи: початок І квартал 2009 р.

закінчення IV квартал 2011 р.

**Керівник роботи**: Фролов Г. О. д.т.н., Пасічний В. В. к.т.н.,

Дані про реєстрацію роботи: N 0109U000568

**Скорочений зміст висновків рецензентів.**

Відзначається актуальність виконаної роботи, її практична значимість полягає в  
виготовленні і дослідженні лабораторного варіанту модульного трибометра,

призначеного для встановлення адекватності триботехнічних характеристик, що одержані в умовах лабораторій і орбітального польоту. З використанням

концентрованих джерел сонячної енергії створений вогнетривкий керамічний  
матеріал, що замінює платину, та досліджена термічна переробка промислових відходів.

**Пропозиції про подальше використання результатів роботи**.

Результати роботи рекомендувати для використання в авіаційно-космічній техніці та машинобудуванні; керамічні матеріали із захисними покриттями на ЗАТ «Північні кристали» м. Апатит;

Визначення теплопровідності зразків вуглец-вуглецевих матеріалів та трьохшарових  
панелей в ДП«КБ«Південне».

**РЕФЕРАТ**

**Мета роботи** - отримання та дослідження, тугоплавких, теплозахисних, теплоізоляційних.

матеріалів і покриттів, а також наукової апаратури та обладнання для дослідження антифрикційних матеріалів при моделюванні факторів космічного простору, дослідження кінетики та особливостей термічних перетворень промислових відходів, що містять вольфрам, молібден та інші інгредієнти, з використанням концентрованих джерел енергії.

**Об'єкт дослідження** - процеси взаємодії металевих частинок при високошвидкісному зіткненні з різними основами, модульний трибометр для встановлення адекватності результатів триботехнічних досліджень в умовах наземної лабораторії і орбітального польоту, теплофізичні характеристики матеріалів в умовах, що моделюють орбітальний політ і входження в атмосферу, високотемпературні технології отримання покриттів на керамічних матеріалах та переробки промислових відходів з використанням концентрованих джерел енергії.

**Методи дослідження** - радіаційний і конвективний нагрів, випробування в вакуумі при низьких та високих температурах, металографічний, мікрорентгеноспектральний, рентге- ноструктурний і інші аналізи і дослідження.

Підтверджена працездатність конструкції модульного трибометра для встановлення адекватності результатів триботехнічних випробувань антифрикційних матеріалів в умовах лабораторії і орбітального польоту. Створена комп'ютеризована установка для визначення коефіцієнтів теплопровідності нізькотеплопровідних матеріалів в діапазоні температур від мінус 150 до +300С в вакуумі і атмосферному тиску.

Розроблено методику розрахунку процесу зчеплення частинок і основи при високошвидкісному зіткненні, проведено цикл розрахунків критичної швидкості для різних сполучень матеріалів, які співударяються, і різних розмірів частинок. З розглянутих матеріалів частинок (АL,Co, Cu, , Fе) найбільша критична швидкість спостерігається у заліза, що якісно узгоджується з опублікованими результатами по спробах напилення сталевих частинок. Розроблено нову конструкцію киснево-паливного пальника для високошвидкісного газополум'яного нанесення захисних порошкових покриттів. Нанесені тестові покриття з АL2Оз та ВК13. Встановлено, що тільки сукупне використання технологічних прийомів (використання , шаруватої кераміки, підбір матеріалу основи та покриття, обробка матеріалу покриття концентрованим світловим випромінюванням з формуванням мікро- та наноструктур фрактального типу і утворення частково острівної кристалічної структури Nb2 О5, що демпфірують теплове розширення, розбиття матеріалу основи на фрагменти зі згладженими кутами) мало синергетичний ефект і дозволило створити керамічні контейнери з надвисокою стійкістю до теплових ударів в широкому діапазоні температур (Ткім.- 1000°С).

Модернізовано сонячну піч СГУ-3, що дало можливість здійснювати відцентрове розпилювання зразків стрижневої форми та контролювати в разі необхідності відокремлення рідинної фази в процесах термічної переробки промислових відходів. Два види відходів електронагрівачів досліджувались при використанні концентрованого сонячного нагріву: карборунд SіС та композит Мо-30%Sі. Основними продуктами переробки були дрібнодисперсні (нанорозмірні) конденсовані порошки відповідно SiO2 та суміш МоОз і SіО2 у співвідношенні біля 3,5:1. При використанні відцентрового розпилення композиту Мо-30%Sі було отримано дисиліцид молібдену у гранульованому вигляді. Досліджувались також відходи у вигляді стружки псевдосплаву W-15% Сu, уламків композиту із вмістом вольфраму 20 % та інші. Розроблено методику та проведено дослідження змочування ряду ультра вогнестійких керамічних матеріалів розплавом вугільних шлаків при концентрованому променевому нагріві в оптичній печі УРАН-1. Методи і устаткування для здобуття покриттів використовуються в ІПМ НАН України для нанесення покриттів; керамічні матеріали із захисними покриттями на основі Nb2О5 використовуються на ЗАТ "Північні кристали" м. Апатит; результати визначення теплопровідності зразків стільникової теплоізоляції та вуглець-вуглецевих матеріалів - в ДП «КБ "Південне"».

**КЛЮЧОВІ СЛОВА**: РАДІАЦІЙНИЙ І КОНВЕКТИВНИЙ НАГРІВ, ТЕПЛОВЕ РОЗШИРЕННЯ, ТЕРМОСТІЙКІСТЬ, ВИСОКОШВИДКІСНЕ КИСНЕВО-ПАЛИВНЕ НАПИЛЕНЯ, ПРОМИСЛОВІ ВІДХОДИ.

**ПУБЛІКАЦІЇ**

Скороход В.В., Косторнов А.Г., Фролов Г.А. Результаты наземных испытаний трибометра и тепловых труб для КЭ «Материал-Трение и «Трубка» / Звіт до СОSРАR. Академпериодика. - 2011. - С.

- 24.

Фролов Г.А. Разработка и испытания материалов для ракетно-космической техники / Фролов Г.А. Чернышов Л.И. // Перспективы космических исследований Украины /под радакцией О.П. Федорова - К., Академпериодика, 2011. -С. 206-216.

Исаев К. Б., Ремесло В. В. Конструкция устройства для получения расплава материалов и методика определения их теплопроводности // Авиационно-космическая техника и технология. -2011- .V; С. 190-193.

Методика определения теплопроводности газотермических покрытий / С. В. Бучаков К. Б. Исаев, В. М. Кисель, В. В. Ремесло, Г. А. Фролов // Вестник двигателестроения. - 201. С. 31-35.

Фролов Г.А., Циганенко В.С., Пасичный В.В. Тепловые испытания элементов изделий ракетно- космической техники при радиационном нагреве // Авиационно-космическая техника и технология. 2010г.

Фролов Г.А., Гамуля Г.Д., Колотило А.Д. Модульний трибометр для исследования адекватности параметров трения в условиях орбитального полета и наземных лабораториях // Космічна наука і технологія.2010г.

Баранов В.Л., Засядько А.А., Фролов Г.А. Интегрально-дифференциальный метод решения обратной коэффициентной задачи теплопроводности // Инженерно-физический журнал. - 2010. Т. 85.

Гамуля Г.Д., Фролов Г.А., Колотило А.Д., Боровик Д.В. Комплект модульных трибометров для космического эксперимента «Материал-Трение» и результаты его испытаний // Космічна наука і технологія. -. Т. 15, №2. -СІ 1-19.

Фролов Г.А., Гамуля Г.Д., Колотило А.Д., Боровик Д.В. Моделирование условий работы узлов трения космических аппаратов // Вісник двигунобудування. 2009. №3. - С. 198-202.

Косторнов А.Г., Скороход В.В., Солнцев В.П., Фролов Г.А. Обеспечение теплового режима космических аппаратов в широком диапазоне температурных условий // Вісник українського матеріалознавчого товариства. 2009. Випуск другий. Київ. - С. 8-14.

Исаев К.Б., Рогозинская А.А., Ахонин С.В., Сабокарь В.К., Вржижевский Э.Л. Теплофизические характеристики у-сплава алюминида титана // Авиационно-космическая техника и технология. 2009. 10 -С. 128-131.

Паустовський О.В., Фролов Г.О., Новікова В.І., Мордовец Н.М., Циганенко В.С., Моляр О.Г. Ісаєва Л.П., Костенко О.Д. Зносостійкість електроіскрових покриттів з ТіN, ТіВ2 і Мо на сталі 30ХГСА після обробки концентрованим сонячним випромінюванням // Порошкова металургія. - 2009..-С. 49-53.

Пат. На корисну модель 66124 Российская федерация, МПК F24j ,2/12, 2/13, 2/14, 2/42 (2006.01). Пристрій для двостороннього нагрівання у сонячній печі / Литвиненко Ю.М., Фролов Г.А. -№ u 2011 06720; заяв.-30.05.11;опубл. 26.12.11, Бюл. № 24.

Пасичный В.В., Остапенко С.А., Пасичная М.С., Исаева Л.П., Тимофеева И.И. Исследование процесса термической переработки в солнечной печи отходов электродов из композита Мо-30%(мас.)Sі. Электрические контакты и электроды: Труды ИПМ НАН Украины. Сер. «Композиционные, слоистые и градиентные материалы и покрытия» (Отв. ред Минакова Р.В.) // Киев: ИПМ НАНУ. - 2010. - С. 244-249.

Пасичннй В.В., Корчемная В.С., Остапенко С.А., Пасичная М.С. Особенности процесса  
термической переработки концентрированным лучистым нагревом псевдосплава Мо-Ni(1%) Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2009. - № 2. - С. 53-58.

Дослідницький стенд «Сонячний концентратор - двигун Стірлінга» та його базові характеристики. В.П.Студенець, В.В. Пасічний, С.О. Остапенко, П.А. Миротнюк // Відновлювана енергетика. - 2011. № 1. 5-Ю.

Пасичний В.В., Корчемная В.С., Остапенко С.А., Пасичная М.С. Переработка отходов молибдена в солнечной печи / Энерготехнологии и ресурсосбережение. -2009. - № 2. - С. 53 58.

Пасічний В.В. Універсальна двопозиційна сонячна піч «Каскад» та методика термічної переробки відходів вольфрамового дроту/ Відновлювана енергетика. -2009. -№ 2. - С. 25-29.

Радченко П.Я.,Паничкина В.В., Гетьман О.И., Пасичний В.В., Остапенко С.А. Влияние структуры металлических слоев на физико-механические свойства многослойных керамико-металлических композитов/ Порошковая металлургия. -2009. -№ 3/4. -С. 91-98.

Косторнов А.Г., Пасичый В.В., Фущич О.И. Использование вольфрамата меди,  
полученного переработкой вольфрамсодержащих отходов, в качестве добавки к антифрикционному материалу/ Порошковая металлургия. -2009. - № 11/12. - С. 132-139.