

Міністерство освіти і науки України

**«НАУКА: БЕЗПЕКА КРАЇНИ ТА РОЗВИТОК
ВІЙСЬКОВО-ПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ»**

Матеріали інформаційно-комунікативного заходу

12-13 жовтня 2016 року

м. Київ

УДК 53.08, 617, 62, 677.5, 669

Наука: безпека країни та розвиток

військово-промислового комплексу:

Інформаційно-комунікативний захід (м. Київ, 12-13 жовтня 2016),

відп. ред. В.С.Шовкалюк. – К.: ТОВ «Міжнародний виставковий центр», 2016.-176 с.

Розглянуто актуальні питання інноваційного розвитку економіки в державі, зокрема, поширення досвіду та знань в інноваційній сфері, проблеми комерціалізації науково-технічних розробок та трансферу технологій, світовий досвід та українські реалії впровадження інноваційних технологій в контексті підвищення якості життя населення України.

Спеціалісти, вчені та викладачі, науковці, державні службовці центральних і місцевих органів виконавчої влади знайдуть для себе у збірнику корисну інформацію для досліджень, використання в практиці та щодо шляхів розв'язання нагальних проблем інноваційного розвитку.

Редакційна колегія: В.С. Шовкалюк (відпов.ред.), Д.Ю. Чайка, О.В. Іванов

ЗМІСТ

Шкарлет С.М., Казимир В.В.

Перспективи співпраці технологічного університету, підприємств та військових Чернігівського регіону в оборонній сфері 7

Марченко А.П.

Наукові дослідження НТУ «ХПІ» в галузі вітчизняного озброєння і військової техніки 10

Ільченко М.Ю.

Діяльність інноваційно-виробничого об'єднання «Київська політехніка» у сфері національної безпеки і оборони 12

Ляпа М.М., Артюхов А.Є., Омеляненко В.А.

Сумський державний університет – оборонній промисловості: освіта – наука – виробництво 17

Соболь О.В., Білозеров В.В., Субботіна В.В.

Використання методів поверхневого зміцнення у плазмових потоках для підвищення функціональних властивостей деталей техніки військового призначення 22

Савцова О.В., Брагіна Л.Л., Воронов Г.К., Кураш Л.С.

Високоміцні бронеситали як елемент композиційного захисту неброньованої техніки 23

Ткачук М.А., Шейко О.І., Набоков А.В., Грабовський А.В., Литвиненко О.В.

Теоретичні основи та практика проектно-технологічного забезпечення тактико-технічних характеристик бойових броньованих машин 27

Васильєв А.Ю., Танченко А.Ю., Ткачук М.М., Скріпченко Н.Б., Лісовол Я.М.

Обґрунтування структури та параметрів бронекорпсців легко броньованих машин за критеріями захищеності 32

Веретельник О.В., Мартиненко О.В., Костенко Ю.В., Набоков А.В., Мазур І.В.

Динамічні процеси в елементах військових колісних та гусеничних машин при бойовому застосуванні 37

Буря А.І., Ерєміна Е.А., Калиниченко С.В., Комисар А.А.

Разработка углепластики для изготовления шаров опорно-поворотного устройства башни бронетранспортёра 43

К.Ф.Боряк, О.Ф.Дяченко

Плащ-накидка військовослужбовця для маскуванню від тепловізійних приладів спостереження та розвідки 48

Шембель О.М., Маркевич О.В., Максютя І.М., Коломоєць О.В.,**Задерей Н.Д., Недужко Л.І., Апостолова Р.Д., Песков Р.П., Артамонов В.Г.**

Інноваційні високоенергоємні літєві та літій-іонні джерела струму для живлення портативної техніки спеціального призначення. Розробки

науково-дослідної лабораторії хімічних джерел струму (НДЛ ХДС) ДВНЗ УДХТУ	53
Черваков О.В., Суворова Ю.О., Андріянова М.В. Антикорозійні покриття для захисту металевих конструкцій і виробів спеціального призначення	58
Черваков Д.О., Герасименко К.О. Кулетривкі ситеми з полімерних матеріалів	60
Перерва В.О., Карпович О.В. Дослідження структури зварного з'єднання при зварюванні полим катодом високоміцного титанового сплаву ВТ6С	62
Калафатова Л.П., Поколенко Д.В. Ситалокераміка – проблеми і перспективи створення матеріалу із заданими фізико-технічними властивостями для виготовлення елементів ракет	65
Горяшенко С.Л. Технологія підвищення захисних властивостей тканин	68
Кириченко В.І., Сіренко Г.О., Свідерський В.П., Кириченко Л.М. Нові методи і технології хімічних і фізико-технічних проблем сучасних композиційних матеріалів: альтернативних ПМ матеріалів із технічних олій; створення антифрикційних КМ на основі полімерів для високонантажених, тепло напружених металополімерних вузлів тертя	69
Каплун В.Г., Каплун П.В., Гончар В.А. Іонне азотування в безводневих середовищах та його переваги	72
Сорокатиий Р.В., Диха О.В., Писаренко В.Г. Моделювання трибоконтактних процесів в системі «ствол-куля» для підвищення живучості стрілецької зброї	74
Скачков В.О., Бережна О.Р., Белоконь Ю.О. Структура та властивості високотемпературних матеріалів на сонові вуглецю та кераміки	79
Власенко В.І., Березненко С.М., Березненко М.П. Композиційні текстильні матеріали та вироби індивідуального призначення для захисту людини від штучного неіонізуючого електромагнітного випромінювання та патогенної мікрофлори	80
Гаркавенко С.С., Чертенко Л.П., Кернеш В.П. Розробка інтегрованого методу формування функціонально- експлуатаційних характеристик взуття, галантерейних виробів спеціального призначення (для військовослужбовців)	81
Супрун Н.П. Розробка покриттів для ран з пролонгованою лікувальною та антимікробною дією на нетканих основах з вітчизняної текстильної сировини	83
Редько Я.В., Гараніна О.О. Створення текстильних матеріалів із комплексом бар'єрних властивостей для захисту у надзвичайних ситуаціях	84

Курганський А.В.

Інноваційні біометричні пакети текстильних матеріалів та виробів для комплексного оцінювання тактико-технічних властивостей речового майна військовослужбовців 85

Барсуков В.З., Сеник І.В., Савченко Б.М., Хоменко В.Г., Крюкова О.А.

Композиційне покриття для захисту електронного обладнання від електромагнітного випромінювання 87

Асламова Л.І., Заболотний М.А., Куліч Є.В., Радченко Н.В., Куліш М.П., Боженко В.М., Ковалєвський І.Р.

Рентгенографічний томограф для неруйнівного контролю композиційних, полімерних, карбідних матеріалів, армованого алюмінію, сталі і титану 88

Лобода П.І.

Армовані керамічні матеріали – захист від вогнепальної зброї нового покоління для людини та техніки 92

Сливінський О.А.

Здатність до зварювання та службові характеристики броньових сталей іноземного виробництва 94

Фесенко М.А.

Перспективи виробництва литих виробів з висоміцного чавуну 100

Бурмістров К.С., Мурашевич Б.В., Торопін В.М., Торопін М.В.

Ранова пов'язка пролонгованої дії з наноматеріалу, яка містить іммобілізований хлор 102

Нікітчук Т.М., Мартинчук П.П.

Апаратно-програмний комплекс експрес-діагностики стану людини 107

Мельничук С.В., Вітюк І.В., Бовсунівський І.А.

Підвіска на основі чотириланкового важільного механізму 111

Безвесільна О.М., Ткачук А.Г.

Авіаційний п'єзографіметр 113

Безвесільна О.М., Чепюк Л.О.

Струнний гравіметр інерціальної навігаційної системи 118

Безвесільна О.М., Шавурський Ю.О.

Термоанемометричний витратомір 123

Яськів В.І.

Використання високочастотних магнітних підсилювачів в апаратурі спеціального призначення 127

Химич Г.П.

Надширокосмугові системи радіомоніторингу НВЧ випромінювання супутникових та наземних систем зв'язку 132

Паламар М.І., Чайковський А.В., Пастернак Ю.В., Паламар А.М.

Системи керування антенними станціями супутникового зв'язку та радіомоніторингу 139

Дружинін А.О., Кутраков О.П., Корецький Р.М.

Сейсмічний датчик спеціального призначення 141

Лепіх Я.І., Сантоній В.І., Будіянська Л.М., Янко В.В.	
Метод і сенсор високоточного дальнометрування коротких трас швидкісних об'єктів	145
Мусійко В.Д., Коваль А.Б., Лазарук Ю.В.	
Створення спеціальних землерийних машин для фортифікаційного обладнання позицій військ	147
Березовський С.О.	
Операційний трансформер для водного середовища	151
Березовский С.А., Чечельницкий В.Я.	
3D программируемые архитектуры криптографических устройств	153
Старцев В.І.	
Моделювання параметрів зарядочутливих ідзсилувачів з корекцією	157
Коханов О.Б.	
Посадковий (польотний) висотомір	160
Ємельянов С.В.	
Обробка інформації про регулярні складові у віброакустичному сигналі в автоматизованій системі технічного діагностування роторної машини	162
Струтинський В.Б., Чуприна В.М., Юрчишин О.Я., Колот О.В.	
Мобільний дистанційно керований комплекс на сонові верстата-робота для обробки небезпечних об'єктів у польових умовах	164
Чумак В.В., Монахов Е.А.	
Управляемый магнитоэлектрический генератор с аксиальным магнитным потоком для мобильных энергокомплексов	166
Туз Ю.М., Добролюбова М.В.	
Автоматизована система «Військовий вторинний еталон напруги змінного струму від 0,1 В до 1000 В в діапазоні частот від 10 ГЦ до 30 МГц»	168
Туз Ю.М., Красковський О.П.	
Дефектоскопи-томографи з лектронним скануванням проміня на основі п'єзоелектричних фазованих антенних решіток	170
Петренко П.С.	
Вакумно-сублімовані продукти – революційно новий напрям в сучасному харчуванні військовослужбовців України	171

Шкарлет С.М., Казимир В.В.

Чернігівський національний технологічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ СПІВПРАЦІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ, ПІДПРИЄМСТВ ТА ВІЙСЬКОВИХ ЧЕРНІГІВСЬКОГО РЕГІОНУ В ОБОРОННІЙ СФЕРІ

Вже більше двох років військово-технічний напрям є пріоритетним у науковій роботі Чернігівського національного технологічного університету. Це відразу стало вимагати дотримання певних умов проведення досліджень, переорієнтації їх на створення нових технологій і розробок саме військового призначення.

На шляху даних перетворень прийшлося вирішувати відразу три проблеми.

Перша з них стосувалася вибору стратегії наукового пошуку: ставити цілковито нові задачі, чи вказана робота повинна бути продовженням існуючих напрацювань. Попередньо проведений аналіз технологічних здобутків викладачів та аспірантів показав, що багато в чому можна відштовхнутися від вже досягнутих результатів. Так, напрацювання основних наукових шкіл університету у галузі зварювання, машинобудування, електронних та інформаційних технологій стали хорошою основою нових технологічних рішень оборонного спрямування. В результаті з'явилися такі розробки, як:

1. Технологія зварювання тиском нероз'ємних з'єднань з високоміцних шарів з алюмінію та титану. твердих сплавів. Пропонується для виготовлення військових бронежилетів 5-го класу захисту. Дана технологія забезпечує можливість виготовлення виробів складної просторової конфігурації та тонкостінних виробів, високий рівень міцності і пластичності властивостей з'єднань, мінімальний обсяг підготовчих операцій перед зварюванням, зниження собівартості виготовлення продукції, малу вагу спорядження. Технологія пройшла тестові випробування та захищена патентами України.

2. Безпілотний літальний апарат (квадрокоптер) для відео розвідки. Забезпечує можливість передачі зображень в режимі реального часу на пульт оператора, доставки невеликих вантажів. Основними характеристиками квадрокоптеру є: тривалість польоту до 1.5 год, дальність польоту від 20 до 80 км, корисний вантаж до 8 кг, захвати для автоматичного скидання вантажу по заданим координатах чи по командам дистанційним керуванням. Розроблений діючий апарат.

3. Система відеоспостереження на базі безпілотних літальних апаратів. Система здатна формувати у онлайн-режимі відео-аудіо опис зображень для систем аеророзвідки на базі безпілотних літальних апаратів та забезпечує розпізнавання об'єктів за визначеними класами, вимір координат та розмірів об'єктів і відстаней між ними, семантичний опис зображень та генерацію відео- та аудіо супроводу. Система впроваджується на квадрокопторі.

4. UA Криптофон – пристрій для забезпечення шифрованого зв'язку високої стійкості при використанні стандартних мобільних мереж. До основних переваг пристрою відносяться: апаратне та програмне забезпечення власної розробки у корпусі мобільного телефону, робота у двох режимах (звичайного та захищеного зв'язку), стандартний інтерфейс користувача мобільного телефону, захист голосових переговорів та SMS повідомлень, висока якість розмовної мови у захищеному режимі, автоматичне розпізнання режиму вхідного дзвінку, симетричне криптування по алгоритму ДСТУ 28147-89 з довжиною ключа 256 біт, посесійна (для кожного з'єднання) зміна ключів криптування, автоматичний контроль наявності ключів. Розробка пройшла всі види випробувань та сертифікацію, захищена патентом.

5. Система захисту інформації в мережах IP-телефонії та цифрового радіозв'язку із забезпеченням завадозахищеності телекомунікаційних систем спеціального призначення. Система включає апаратно-програмні засоби завадостійкого кодування інформації в умовах впливу навмисних завад та забезпечує проведення захищених голосових конференцій у IP-мережі та мережах радіозв'язку. Система пройшла випробування та захищена патентом.

6. Портативне фотоелектричне джерело живлення для військових застосувань. Дане устаткування виготовляється на базі гнучких фотоелектричних перетворювачів, може розміщуватися на одязі чи спорядженні бійців і використовуватися як допоміжне джерело живлення для електричних та електронних пристроїв. Запропоноване до впровадження при виготовленні військового одягу та спорядження.

Друга проблема була пов'язана з необхідністю дотримання вимог військових щодо цілеспрямованості, надійності та ефективності перелічених розробок. Для її вирішення був підписаний договір з Науково-випробувальним центром Міністерства оборони України. Університет став постійним учасником тематичних семінарів та конференцій, що проводяться центром. Це дозволяє зосередитися на особливих деталях реалізацій запропонованих розробок, удосконалити їх та підготувати до впровадження. Окрім того, стали більш продуктивно використовуватися можливості університетського обладнання та наукового потенціалу в напрямку сертифікації матеріалів та конструкцій.

Третя проблема, яку ще доведеться вирішувати, полягає у мобілізації виробничих потужностей регіону для вироблення продукції військового призначення. На цьому шляху більш перспективними є: ВАТ "ЧеЗаРа" – одне з провідних підприємств Національного космічного агентства України, яке бере участь у міжнародних програмах; ВАТ "Чернігівавтодеталь" - сучасне машинобудівне підприємство, що спеціалізується на виробництві автомобільних вузлів та здійснює крупновузлове складання автомобілів; Ніжинський науково-виробничий комплекс "Прогрес", який спеціалізується на розробці та виробництві складних оптико-електронних приладів і гігроскопічних пристроїв; ЗАТ "Сіверянка" - багатoproфільне

підприємство, що поєднує розробку та випуск одягу, прогумованих тканин та виробів з них.

Спільні наради представників даних підприємств, університету та Науково-випробувального центру, які були проведені під егідою Обласної державної адміністрації, показали, що в Чернігівському регіоні наявний значний потенціал щодо розвитку оборонно-промислового комплексу України.

Марченко А.П.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ НТУ «ХПІ» В ГАЛУЗІ ВІТЧИЗНЯНОГО ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» має потужний науковий потенціал і багато років здійснює наукові дослідження в різних галузях науки і техніки. Значна частина цих розробок може зацікавити Збройні сили України.

Так, наприклад, науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія» НТУ «ХПІ», здійснює розробки та створення високовольтних пристроїв для наукових і технологічних цілей, проведення комплексу робіт з електромагнітної діагностики енергосистем, забезпечення проведення повномасштабних сертифікаційних випробувань для визначення електромагнітної стійкості та сумісності радіоелектронних засобів.

Інститут внесений Міжнародною електротехнічною комісією в світовий реєстр ІЕС61000-4-32 унікальних випробних центрів.

На теперішній час інститут має змогу виконувати наукові дослідження та створювати нову техніку в наступних напрямках:

забезпечення стійкості та захищеності озброєння, військової техніки та критичних об'єктів України до вражаючої дії електромагнітних факторів;

розробка, дослідження, створення та постанова на озброєння принципово нової стратегічної системи протиракетної та протиповітряної оборони України на основі надпотужних імпульсних систем електромагнітної зброї, нових видів надпотужної електромагнітної зброї оперативно-тактичного призначення для ЗС України, нових видів високоефективної портативної електромагнітної зброї для силових підрозділів спеціального призначення, нових мобільних систем розвідки та безконтактного дистанційного знешкодження мін та мінно-вибухових пристроїв та інше.

Університет активно співпрацює з підрозділами КБ ім.Морозова, ДП «Завод ім.Малишева» по розробці та забезпеченню тактико-технічних характеристик сучасних танків «Оплот», «Булат», Т-84, Т-80УД, БТР-4Е та інш.

Проведено – комплексне функціональне математичне моделювання військових гусеничних та колісних машин (ВГКМ) з метою вдосконалення їхніх тактико-технічних характеристик;

- структурно-параметричний синтез трансмісій ВГКМ;
- структурно-параметричний синтез систем наведення і стабілізації озброєння ВГКМ.

Створено нове покоління тренажерів в галузі бронетанкобудування. Удосконалено конструкції робочих процесів двигина внутрішнього згоряння. Проводяться дослідження і розробки нових енергетичних установок з дизелем 1500-1800 к.с. та безступінчатими трансмісіями бронемашин.

Розробляються нові види матеріалів та технологій для оборонної галузі України (магніто-дугове оксидування, вакуумно-плазменні покриття для матеріалів та інш.).

Ільченко М.Ю.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського"*

ДІЯЛЬНІСТЬ ІННОВАЦІЙНО-ВИРОБНИЧОГО ОБ'ЄДНАННЯ "КИЇВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА" У СФЕРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ

У новій **Воєнній доктрині України** особливий наголос зроблено на необхідності забезпечення оборонно-промислового комплексу держави висококваліфікованими робітничими та інженерними кадрами і на його науковому супроводженні.

25 грудня 2015 року Президент України зустрівся з провідними українськими вченими та науковцями з нагоди підписання ним **нового Закону України "Про наукову та науково-технічну діяльність"**. Глава держави, зокрема, зазначив, що зараз існує можливість через систему державного оборонного замовлення у безпосередній співпраці з виробниками запропонувати інноваційні розробки, які посилять обороноздатність країни та забезпечать фінансуванням науковців. Одним із напрямів удосконалення організації науки в Україні визначено також доцільність посилення взаємодії науки та інноваційного бізнесу.

Зразок вітчизняної моделі поєднання інтересів бізнесу, освіти, науки, виробництва та влади вперше в Україні втілено на прикладі діяльності Київської політехніки в запропонованій моделі дослідницького університету, яка ґрунтується на поєднанні трьох нерозривних складових: *навчання, дослідження та інновацій*. У нашому університеті ми запропонували нові засади інноваційної діяльності, що ґрунтуються не на пільгах, а на поєднанні інтересів високотехнологічних компаній, університетських інженерних шкіл, факультетів і кафедр, венчурних та інвестиційних фондів. У 2006 році ці засади були схвалені спеціальним **Законом України "Про науковий парк "Київська політехніка"**.

Нова модель виправдала свою ефективність. Університет зі своїм науковим парком стали головними засновниками стартапів в Україні. **За 10 років функціонування такої моделі за кошти бізнесу створено і виведено на ринки України та інших країн світу понад 100 високотехнологічних продуктів і технологій із значним соціальним та економічним ефектом.** Серед прикладів впроваджених розробок – завод з очищення шахтних вод у місті Алчевську, перший український університетський наносупутник "PolyTan-1", виведений на космічну орбіту 19 червня 2014 року, що вже понад два роки щодня передає нам важливу інформацію про роботу своїх функціональних інженерно-технічних систем.

Спрямованість на потреби сучасного бізнесу і національної безпеки України забезпечила залучення до виконання **інноваційних проектів значних приватних інвестицій**, які впродовж останніх п'яти років щорічно виділяються інноваційно орієнтованими компаніями. Значна частка нових проектів мають подвійне чи військове застосування.

Швидке зростання кількості зазначених проектів і необхідність отримання кінцевих результатів у вигляді продукції, висока якість якої забезпечується адекватним конструкторсько-технологічним супроводом виробництва, зумовили **необхідність тісної взаємодії інноваційного середовища Київської політехніки із сучасними високотехнологічними підприємствами**. З цією метою, за підтримки Ради національної безпеки та оборони України, керівництва ДК "Укроборонпром" і Державного космічного агентства України, у вересні минулого року було створено **Інноваційно-виробниче об'єднання "Київська політехніка"** (далі Об'єднання).

До вказаного Об'єднання на засадах спільного виконання і **впровадження інноваційних розробок** і на цьому базисі поєднання інтересів увійшли: НТУУ "КПІ", Науковий парк «Київська політехніка», Казенне підприємство спеціального машинобудування "Арсенал", Публічне акціонерне товариство "Елміз", Публічне акціонерне товариство "Завод Маяк", Державне підприємство "Київський державний науково-дослідний інститут гідроапаратури", Відкрите акціонерне товариство "Меридіан" ім. С.П. Корольова", Публічне акціонерне товариство "НВО "Київський завод автоматики ім. Г.І. Петровського", Державне підприємство "ВО "Київприлад" – усього 9 учасників. Головою ради Об'єднання обрано В.О. Проценка.

Метою створеного Об'єднання є суттєве (в рази) пришвидшення процесу розробки, виробництва та впровадження продукції військового та подвійного призначення у єдиному інноваційно-виробничому середовищі та цільова підготовка кадрів. У процесі взаємодії учасників Об'єднання виробничі потужності підприємств стають задіяними для практичного втілення високотехнологічних розробок, які створюються університетом, у тому числі й за рахунок інвестицій приватних венчурних фондів і компаній, що входять до Наукового парку "Київська політехніка".

Таким чином, **сьогодні в особі НТУУ "КПІ", його наукового парку та Інноваційно-виробничого об'єднання "Київська політехніка" Міністерство оборони України як державний замовник отримало головного виконавця дослідно-конструкторських робіт з розроблення зразків військової техніки.** Університет напружує досвід взаємодії з держзамовником згідно з вимогами Постанови КМУ України від 25 лютого 2015 р. № 345.

Ми отримали від ЦНДІ озброєння та військової техніки ЗС України **перелік понад 40 актуальних завдань. Їх вирішення на сучасному рівні вимог до військової техніки має ґрунтуватися на нових знаннях, нових матеріалах, новітніх інформаційно-телекомунікаційних технологіях.** Виробництво зразків військової техніки потребує використання сучасних виробничих технологій. І чи не найважливіше, **потрібен якісний людський капітал – фахівці зі сфери науки та виробництва, які володіють знаннями та досвідом у багатьох галузях.** Саме такі фахівці є в Інноваційно-виробничому об'єднанні "Київська політехніка".

За короткий час ми проаналізували в нашому інтелектуальному середовищі завдання, отримані від ЦНДІ озброєння та військової техніки. З

метою забезпечення умов для їх успішного виконання ми створили в університеті відповідну інфраструктуру для роботи з документами та можливості належного оформлення документів ключовим виконавцям робіт. Створене підприємство "КПоборонсервіс" забезпечує спілкування авторів оперативно-тактичних і технічних вимог з нашими науковцями з метою уточнення вимог і особливостей їх практичної реалізації.

Можливості нашого наукового парку як загальнодержавного пілотного проекту згідно із Законом України "Про науковий парк "Київська політехніка" дають нам змогу формувати склади виконавців інноваційних проектів із залученням фахівців і конструкторсько-технологічного та виробничого потенціалу будь-яких фізичних чи юридичних осіб різних форм власності.

Ми беремо на себе відповідальність за кінцеві позитивні результати діяльності творчих колективів виконавців і наших партнерів від підприємств, які долучаються до розроблення відповідної конструкторської документації та до створення зразків військової техніки.

Для здійснення цієї діяльності **необхідні кошти**. Їх ми отримуємо, використовуючи принаймні такі чотири **механізми**:

а) через держбюджетне фінансування розробок за кошти, що виділяються університету МОН України на конкурсних засадах або через державні замовлення;

б) за кошти інноваційно орієнтованого приватного бізнесу, зокрема через напрацьований нами механізм конкурсів – фестивалів "Sikorsky Challenge";

в) згідно з 345-ю постановою КМУ України через систему державних оборонних замовлень;

г) за кошти міжнародних програм, зокрема програми НАТО "Наука для миру і безпеки".

Важливою є політична підтримка НТУУ "КП" керівництвом Міноборони України з питань розгортання низки ДКР оборонного спрямування, чому сприяло відвідання в лютому 2016 року нашого Об'єднання Секретарем РНБО О. Турчиновим, міністром оборони України С. Полтораком і генеральним директором ДК "Укроборонпром" Р. Романовим та укладення відповідних угод про співпрацю.

Першого вересня ц.р. Інноваційно-виробниче об'єднання "Київська політехніка" і "Укроборонпром" **презентували Президенту України спільні інноваційні розробки**. Серед них відзначимо такі.

Перші освоєні вітчизняним промисловим випуском і поставлені на озброєння країни безпілотні авіаційні комплекси "Spectator" створено фахівцями університету в співпраці з ВАТ "Меридіан" імені С. Корольова за фінансової підтримки **Фонду імені В.С. Михалевича**. Цим же **Фондом** підтримані спільні з ПАТ "Завод Маяк" розробки стрілецької зброї та мінометів, які є затребуваними ЗС України при проведенні АТО.

Виявлення підводних диверсійних сил і засобів, отримання оперативної інформації про підводні об'єкти реалізують спільні розробки станцій

спеціального призначення "Тронка МК" та "Олімп-3", здійснені разом з ДП **"Київський державний НДІ гідроапаратури"**.

Фахівців університету і ПАТ "ЕЛМІЗ" об'єднали спільні зусилля зі створення апарату спеціального радіозв'язку оперативно-тактичної ланки керування. Ця розробка підтримується фінансово Міністерством освіти і науки України.

ДП "ВО **"Київапарат"** став співучасником промислового випуску наносупутників серії "Політан" міжнародного формату "CubeSat", які створені молодіжною командою київських політехніків за фінансової підтримки компанії **"Айленд менеджмент"**.

Периметральну систему охорони кордонів розробили науковці КБ "Штурм" університету і апробували її на окремих ділянках україно-молдавського кордону за підтримки **Фонду імені В.С. Михалевича**.

Оригінальні розробки очищення систем води для цивільних і військових застосувань здійснені в університеті за участі та фінансової підтримки ТОВ **"Технології природи"**.

Ще понад 10 розробок, важливих для зміцнення національної безпеки і оборони, науковці КПП розробляють за **бюджетні кошти науки Міністерства освіти і науки України**. Серед них:

- армовані керамічні матеріали спеціального, функціонального та біомедичного призначення;
- ультраширококутні адаптивні фазовані антенні решітки для перспективних радіосистем подвійного призначення;
- безпроводові сенсорні мережі із самоорганізацією для моніторингу параметрів навколишнього середовища;
- мініатюрні пристрої високоефективної частотної фільтрації сигналів для систем телекомунікацій;
- засади створення гетерогенних телекомунікаційних систем на базі стратосферних платформ;
- мікропроцесорні системи живлення дизельних двигунів, які дають змогу зекономити 60–70 % дизельного палива;
- системи захисту броньованих об'єктів через застосування стільникових протикумулятивних екранів.

Важливими для застосування в Україні є проекти, підтримувані **програмою НАТО "Наука для миру і безпеки"**. Серед них затверджений на Верховній секції НАТО у Варшаві 7 липня 2016 р. і щойно розпочатий у КПП спільно з Норвезьким університетом науки і технологій та Університетом Осло проект "Розвиток системи розпізнавання мін і пластикової вибухівки на основі надширококутних радіотехнологій". Створювані апарати дають змогу досліджувати тривимірну форму підземних об'єктів і класифікувати їх тип у реальному часі. Наукові засади цього проекту ґрунтуються на результатах держбюджетної тематики МОН України.

За результатами ознайомлення з науково-технічними розробками університету президент України П.О. Порошенко зазначив, що **КПП відіграє важливу роль в обороноздатності держави. Модель інтеграції університетської науки, цільової підготовки кадрів, високотехнологічного**

виробництва та інноваційно орієнтованого бізнесу, яку напроцьовує **Київська політехніка**, необхідна не лише задля підвищення **обороздатності держави**, а й для відродження **економіки України** на засадах інновацій та переведення її на **світові рівні**.

Ляпа М.М., Артюхов А.Є., Омеляненко В.А.
Сумський державний університет;
Центр науково-технічної і економічної інформації

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ – ОБОРОННИЙ ПРОМИСЛОВІСТЬ: ОСВІТА – НАУКА - ВИРОБНИЦТВО

Сумський державний університет – це сучасний науково-навчальний виробничий комплекс, який динамічно розвивається. Університет має потужний науковий потенціал та розвинену матеріальну базу і наукову інфраструктуру. В університеті створено сприятливе середовище для проведення міждисциплінарних досліджень і реалізації проривних науково-дослідних і дослідно-конструкторських проектів за пріоритетними напрямками розвитку економіки та забезпечення національної безпеки.

Сумський державний університет вносить безпосередній вклад в розвиток оборонно-промислового комплексу України за моделлю «освіта – наука – виробництво»: готує висококваліфіковані кадри, проводить міждисциплінарні дослідження та активно впроваджує їх результати в реальний сектор економіки.

Серед основних завдань наукової і науково-технічної діяльності СумДУ у військовій сфері відзначимо наступні:

- підготовка фахівців, науково-педагогічних і наукових кадрів вищої кваліфікації;
- проведення наукових досліджень у пріоритетних напрямках науково-технічного прогресу, теорії та практики будівництва Збройних Сил України, підвищення їх боєздатності, розвитку форм і способів підготовки, застосування та всебічного забезпечення Сухопутних військ, створення принципово нових зразків озброєння та військової техніки, виховання і підготовки офіцерських кадрів;
- дослідження актуальних проблем і перспектив розвитку військової освіти;
- узагальнення досягнень зарубіжних країн у галузі будівництва та розвитку військових структур, способів ведення бойових дій, створення нових видів озброєння та військової техніки;
- організація інформаційно-рекламної і видавничої діяльності для промоції досягнень вчених кафедри шляхом видання монографій, підручників та інших наукових робіт;
- створення сучасної науково-експериментальної і навчально-лабораторної бази та її ефективного використання.

Кафедра військової підготовки Сумського державного університету бере активну участь у **підготовці офіцерів запасу**.

Фахівці кафедри проводять навчальні заняття з тактичної, вогневої, інженерної підготовки і бойової роботи. Крім того, проводиться підготовка спеціалістів з експлуатації артилерійського озброєння, надано практичні навички роботи з мінометами і протитанковими засобами. На полігоні проведено сумісну роботу з прикордонниками з підготовки спеціалістів до

боротьби з броньованими об'єктами. Кафедра володіє потенціалом для проведення занять зі стрілецькою зброєю, гранатометами, порядку обладнання блок-посту і несення служби.

Навчальні та методичні матеріали, розроблені на кафедрі, надані обласному і міському військкоматам, а також відправлені до війська для проведення занять і підготовки спеціалістів.

СумДУ сьогодні готує кадри для організацій і підприємств, пов'язаних з **виробництвом і застосуванням вибухових речовин**. Сфера науково-дослідних робіт включає створення новітніх технологій порохових виробництв, які можуть бути використані в різних видах озброєння.

Поточними напрямками наукових досліджень підрозділів університету в військовій сфері є наступні:

- розробка універсальної математичної моделі взаємодії мобільної пускової установки ОТРК (ТРК) з ґрунтом під час стартового навантаження;
- числовий аналіз динаміки ротора турбонасосного агрегату рідинного ракетного двигуна з урахування динамічних характеристик підшипників і ущільнень;
- механіка руйнувань елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки типу композиційних пластин та оболонок з силовим набором;
- визначення установок для стрільби за допомогою артилерійського формувача установок спряженого з балістичною станцією нового покоління;
- розробка інноваційних засобів медичного призначення;
- обґрунтування методу ураження нерухомих не спостережних цілей при визначенні установок з використанням системи: «снаряд з GPS трекером – базова станція GPS».

Дані розробки є міждисциплінарними та виконуються силами науковців науково-дослідної частини, кафедр моделювання складних систем, прикладної та обчислювальної математики, загальної механіки і динаміки машин, опору матеріалів і машинознавства, філії Центрального науково-дослідного інституту озброєння і військової техніки Збройних Сил України (м. Суми).

Університет активно співпрацює з замовниками та впроваджує наукові розробки. Зокрема, на замовлення ДП «КБ «Південне» університетом виконується п'ять контрактів на виготовлення науково-технічної продукції щодо розробки моделей і алгоритмів.

Серед основних розробок особливо відзначимо розроблений спосіб безпарашутного спуску освітлювальних елементів освітлювального снаряда артилерії, який у 2015 році здобув відзнаку Всеармійського конкурсу «Краший винахід року».

Зазначений винахід сприяє вдосконаленню виконання вогневих завдань артилерійськими підрозділами у нічний час та значно підвищує ефективність артилерійського вогню. В основу даної корисної моделі поставлено задачу шляхом розміщення на кожному з освітлювальних елементів освітлювального снаряда артилерії крильчатки, як гальмівного пристрою, що створює підйомну силу, забезпечити у комплексі зменшення граничної

швидкості спуску освітлювальних елементів згаданого артилерійського снаряда, їх стабілізації під час спуску та зменшення впливу вітру на траєкторію зниження, забезпечивши, тим самим, збільшення часу знаходження освітлювальних елементів освітлювального снаряда артилерії в повітрі для освітлення місцевості цими елементами, як факелами, що позитивно впливатиме на ефективність способу.

Потенційно корисними для оборонної промисловості є розробки СумДУ у галузі **матеріалознавства**, а також послуги з відновлення деталей машин (відновлення розмірів та конфігурації зношених (відламаних) частин деталі методом наплавки) та напавлення на поверхню деталей зносостійких захисних покриттів.

Зокрема, наукова розробка «Полімерний композиційний матеріал на основі політетрафторетилену» завдяки підвищеним показникам міцності та зносостійкості легований політетрафторетилен може використовуватись для деталей вузлів тертя різних типів обладнання або в якості матричного полімеру для виготовлення композицій з високими фізико-механічними властивостями.

Іншим перспективним напрямом є розробка та виробництво на композиційних матеріалів CFFC, що призначені для виготовлення деталей вузлів тертя (підшипників ковзання, ущільнюючих кілець, торцевих ущільнень, підшипників ковзання тощо) і ущільнень нерухомих з'єднань.

Матеріали характеризується високою зносостійкістю при значних навантаженнях, низьким коефіцієнтом тертя, самозмащувальними властивостями, високим хімічним опором, герметизуючими властивостями, індиферентністю до природи спряженої поверхні практично не зношуючи її. При використанні матеріалу досягається довговічність і надійність устаткування; економія змащувальних і паливних матеріалів; підвищений хімічний опір; зниження металоємності виробів; зниження витрат на обслуговування і ремонт. Матеріал ефективніший в 8-12 разів від аналогів в СНД та в 2-5 разів – дальнього зарубіжжя.

Іншим важливим напрямом наукової роботи СумДУ є **медичні дослідження**, в рамках якого було розроблено інноваційні засоби для зупинки кровотечі.

Суть розробки полягає у формуванні багатошарової марлевої пов'язки, яка містить в своєму складі активну речовину – хітозан. Включення хітозану в різних співвідношеннях та формах дозволяє значно збільшити ефективність зупинки артеріальної кровотечі з великих судин (стегнова та плечова артерії) у порівнянні з традиційними засобами медичного призначення, які зареєстровані в Україні. Додатково розроблений засіб має антибактеріальну дію, що дозволяє зменшити частоту гнійних інфекційних ускладнень.

Використання розробленої хітозанової пов'язки дозволяє зменшити час зупинки масивної кровотечі у 2 рази, при цьому об'єм крововтрати при застосуванні ліофілізованої губки зменшується у 2,9 разів, пов'язки з хітозаном – у 10 разів.

Фахівці університету також проводять заняття з тактичної медицини для військовослужбовців і прикордонників, що стало можливим за підсумками

тренінгу, що відбувся в рамках програми Improved First Aid Kit (IFAK) and Combat Lifesaver Training. Курсантів навчають надавати першу медичну допомогу в умовах бою, а також проводити навчання для військовослужбовців. Програма тренінгу включає такі питання:

- евакуація і тактична підготовка;
- проведення загального огляду та огляду грудної клітини;
- відновлення прохідності дихальних шляхів, діагностика та лікування пневмотораксу;
- робота з джгутами та перев'язувальним матеріалом;
- відновлення об'єму циркулюючої крові та робота з внутрішньовенними катетерами.

Результатом спільної роботи вчених СумДУ з кафедр комп'ютерних наук та військової підготовки є **розробка комп'ютерних програм військового призначення**.

Наприклад, програма для розрахунку індивідуальних поправок гармат (СГ2С3М, ГД-30, СГ2С1, Г2А65, Г2А36) призначена для розрахунку індивідуальних поправок командирами гармат або старшим офіцером артилерійської батареї для різних артилерійських систем, а також здійснення викладачем контролю роботи слухачів на навчальних заняттях з дисципліни «Бойова робота». Програма дозволяє розраховувати поправки для гармат різних систем та може використовуватися на комп'ютерах з будь-якими версіями операційної системи Windows. Наразі закінчується розробка програми для операційної системи Android, що дозволить розраховувати поправки для артилерійських гармат на планшетному комп'ютері і може мати практичне значення для використання в артилерійських підрозділах, що діють в зоні АТО.

Проводиться роботи щодо розробки комплексу комп'ютерних програм для розрахунків старшим офіцером артилерійської батареї, розрахунків командиром артилерійської гармати, розрахунків начальником артилерійської розвідувальної групи.

Розроблені програмні продукти можуть бути використані як викладачами, слухачами військових вищих навчальних закладів, командирами артилерійських підрозділів, так і студентами вищих навчальних закладів, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу для таких цілей:

- проведення навчальних занять за програмами ВВНЗ та військових кафедр;
- проведення навчальних занять за програмами тактико-спеціальної підготовки у військах;
- проведення розрахунків під час командно-штабних та тактичних навчань;
- проведення розрахунків під час бойових дій в зоні АТО.

Особливе місце серед розробок університету займають **інформаційні системи управління**, необхідність використання яких обумовлена зміцненням національної безпеки України.

Відзначимо в першу чергу інформаційну систему підтримки прийняття

рішення щодо планування вогневого ураження противника артилерійськими частинами (підрозділами), що складається з таких підсистем:

1. Підсистема оптимального планування вогню артилерійської частини – дозволить вирішити задачу розподілу артилерійських підрозділів для ураження об'єктів противника;

2. Підсистема оцінки ефективності виконання окремого вогневого завдання призначена для оцінки виконання окремих вогневих завдань осколково-фугасними снарядами з ударним та дистанційними підіривниками під час стрільби як по неспостереженим, так і по спостережним цілям, при ураженні як окремих, так і групових цілей;

3. Підсистема розрахунку витрати боєприпасів і кількості батарей, що залучаються до виконання вогневого завдання призначена для вирішення наступних задач: розрахунок кількості боєприпасів, що дозволяють досягти заданого рівня показника ефективності стрільби; розрахунок мінімальної кількості батарей, що залучаються для ураження цілі;

4. Підсистема визначення знаходження цілей у зоні, що дозволена для стрільби призначена для виключення можливості відкриття вогню по цілям, які знаходяться в зонах, що заборонені для стрільби.

Застосування розроблених у СумДУ інформаційних систем в Збройних силах України дозволить:

1) суттєво зменшити витрати часу на прийняття рішення по вогневому ураженню противника (з декількох годин до кількох хвилин). Даний підхід дозволить автоматизувати процес підтримки прийняття рішення командира на застосування артилерії;

2) більш раціонально використовувати боєприпаси, домагаючись підвищення ефективності вогню артилерії при зменшенні їх витрат, що обумовить скорочення втрат серед наших підрозділів від вогню противника;

3) уникнути відкриття вогню по мирним об'єктам, що може суттєво скоротити втрати серед мирного населення.

Інформаційна система має використовуватись у кожній артилерійській частині, кожному артилерійському дивізіоні, а також у навчальних закладах по підготовці артилеристів-ракетників. Тому загальна потреба може становити приблизно 500 комплектів.

Крім цього, система може бути запропонована на експорт для закордонних споживачів. Можливі ринки збуту – країни, армії яких використовують техніку зразків колишнього СРСР та їх аналогів. Однак, при доробці розроблене програмне забезпечення можливо адаптувати для армій будь-яких країн світу.

Соболь О.В., Білозеров В.В., Субботіна В.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ У ПЛАЗМОВИХ ПОТОКАХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНІКИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розробка і використання нових екологічно чистих технологій нанесення багатофункціональних покриттів для зміцнення та захисту деталей є актуальним завданням.

Однією з таких технологій є мікродугове оксидування (МДО). Електрохімічний процес мікродугового оксидування дає можливість сформувати на поверхні вентильних металів (Al, Ti, Mg, Nb, Zr та ін.) та їх сплавів багатофункціональні покриття з унікальним комплексом властивостей: високою твердістю, зносостійкістю, антифрикційністю, корозійною стійкістю, теплостійкістю та міцністю.

Головною відмінністю процесу МДО від традиційного анодування є використання енергії висококонцентрованих розрядів що завдають плазмохімічний та термічний вплив на оброблюєми метал. При цьому формується кераміко-подібне покриття з широким спектром фазового складу, структури та властивостей.

Стосовно до деталей вузлів техніки воєнного призначення зі сплавів на основі алюмінію, використання МДО-обробки дало змогу підвищити температурний режим роботи та ресурс (до 10 разів) водяних насосів двигунів спецтехніки, більш ніж у 2 рази підвищити роботоздатність поршнів та ущільнюючих елементів поршнів, значно зменшити масу та водночас підвищити ізоляційну стійкість каркасів, а також термостійкість нагрівачів для елементів авіаційної техніки, забезпечити високу розсіювальну здатність завдяки поєднання високотвердого поверхневого шару та пластичної основи у пластинах набірних бронежилетів.

Достатньо ефективним методом підвищення властивостей сталей виробів, особливо тих, що працюють в умовах інтенсивного зносу в системах з шарніром та рейковою напрямною є суміщення у єдиній технології процесу зміцнення матриці шляхом іонного азотування з подальшим нанесенням вакуумно-дуговим методом захисного одно- або багатошарового покриття на основі перехідних металів або їх нітридів, товщиною до 10 мкм. Як наслідок такого дворівневого зміцнення в умовах роботи з екстремально-неоднорідними навантаженнями працездатність підвищується до 7 разів.

При цьому, у ряді виробів є можливість зі збереженням високих робочих характеристик замінити матеріал виробу зі сталі на матеріал на основі алюмінію та титану з МДО-обробкою. Це зумовило додаткові перспективи промислового використання багатофункціональних МДО-покриттів у різних галузях загального та спеціального машинобудування, тому що дає можливість замінити вартісні сплави на легкі сплави з Al, Ti, Mg та ін. з МДО-покриттям і при цьому підвищити строк служби деталей в декілька разів.

ВИСОКОМІЦНІ БРОНЕСИТАЛИ ЯК ЕЛЕМЕНТ КОМПОЗИЦІЙНОГО ЗАХИСТУ НЕБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

На сьогоднішній день необхідною умовою забезпечення функціональності неброньованої техніки є розробка високоміцних вогнестійких матеріалів як елементів сучасної композиційної броні.

Більшість робіт, присвячених проблемам синтезу високоміцних матеріалів для засобів локального та індивідуального бронезахисту, стосується металевих сплавів та кераміки. Серед відомих матеріалів вказаного призначення ефективного використання набула легка броня на основі керамічного та огранотекстолітового шару від куль малокаліберної стрілкової зброї MEXAS-L (IBD Deisenroth Engineering, Німеччина), яка встановлюється на неброньованих машинах, наприклад військових вантажівок. Однак значна область руйнувань керамічного шару, поряд з деформаціями підкладки у місці удару, зокрема, у вигляді розшарувань на значній площі, обумовлюють низьку життєздатність керамічної броні при обстрілі. Вирішенням цієї проблеми є використання склокристалічних матеріалів, які можуть одночасно виконувати роль енергоруйнуючого та енергопоглинаючого шару, а також полегшити вагу бронеелементу. Забезпечення вказаних властивостей склокристалічних матеріалів у складі сучасної композиційної навісної броні дозволить суттєво підвищити її експлуатаційну життєздатність.

У зв'язку з цим, на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ» виконується комплекс досліджень спрямованих на створення склокристалічних матеріалів з урахуванням техніко-економічних показників, встановлення фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей, зокрема, придатності розроблених склокристалічних матеріалів як елементів бронезахисту.

До ряду перспективних високоміцних силікатних матеріалів, які можуть бути використані як елементи навісної броні, слід віднести склокристалічні матеріали на основі стекол системи $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

Особливістю кордієритових склокристалічних матеріалів є поєднання їх високих експлуатаційних характеристик: механічної міцності для забезпечення стійкості до дії енергоруйнуючих факторів та здатності поглинати та розсіювати ударні навантаження, вогнестійкості, хімічної стійкості, відносно низької щільності та невисокої вартості, технологічності і економічної ефективності. Наявність у структурі матеріалу еластичної скломатриці, яка забезпечує релаксацію напруг та розсіювання енергії удару, дозволяє використовувати цей матеріал не тільки як руйнуючий, але і як демпферний шар.

У роботі було використано фізико-хімічні методи дослідження стекол, які дозволили вивчити процеси, що відбуваються у стеклах при термічній обробці, зокрема, градієнтно-термічний (ДТА), петрографічний та

дилатометричний методи аналізу. Показники механічних властивостей отримано за допомогою твердомірів ПМТ-3 та ТМВ-1000 та приладу для вимірювання модуля пружності за статичним методом. Щільність визначали гідростатичним зважуванням у толуолі

Для встановлення області існування вихідних стекол було обрано систему $K_2O - RO - RO_2 - P_2O_5 - R_2O_3 - SiO_2$. В ній було обмежено область в наступних концентраційних межах мас. %: K_2O 2,0÷7,0; $RO - MgO$ 9,0÷14,0; CaO 2,0÷5,5; ZnO 2,0÷2,5; SrO 2,0÷4,0; $RO_2 - TiO_2$ 2,0÷8,0; ZrO_2 2,0÷2,5; CeO_2 0,0÷0,5; Al_2O_3 20,0÷30,0; B_2O_3 0,0÷5,0; P_2O_5 0,0÷3,0; SiO_2 45,0÷53,0. В даній системі синтезовано склади модельних стекол серії КСК як основи для одержання склокристалічних матеріалів. Стекла серії КСК були зварені в однакових умовах в електричній печі з нагрівачами з дисилікату молібдену у корундових тиглях при температурі 1550 ÷ 1600 °C впродовж 6 годин.

Наявність K_2O в дослідних стеклах дозволяє суттєво знизити їх температуру варки та термічної обробки, а також, поряд з вмістом B_2O_3 , зменшити їх щільність, що є важливою умовою одержання технологічних полегшених склокристалічних матеріалів.

Для одержання об'ємно закристалізованої структури було обрано каталізatori кристалізації TiO_2 та ZrO_2 . Частина складів модельних стекол містила визначену кількість P_2O_5 та ZnO для формування тонкокристалічної взаємозв'язаної структури. Разом з цим наявність P_2O_5 у структурі модельних стекол дозволяє зменшити деформацію зразка та напруги, які виникають при поглинанні енергії удару. Введення CeO_2 дозволить забезпечити протікання нуклеації та утворення кристалічних фаз при більш низьких температурах.

Після варки стекла серії КСК є рентгеноаморфними. Петрографічний аналіз стекол показав, що у їх складах присутні неоднорідності, які можуть мати флуктуаційну природу. Саме це дозволяє припустити те, що в процесі наступної термічної обробки даних стекол може утворитись зміцнена тонкодисперсна структура.

Для стекол з вмістом $SiO_2 \geq 50$ мас. % температура кристалізації першої фази спостерігається при температурах 950÷970 °C; для стекол з вмістом $SiO_2 < 50$ мас. % – при 850÷900°C. Однак температурний інтервал, характерний для області зародкоутворення при температурі початку розм'якшення для обох груп стекол складає 780÷800 °C та є характерним появи зародків μ -кордієриту.

Формування ситалізованої структури для дослідних стекол підтверджується даними ДТА. Так, на термограмі висококремнеземистого дослідного скла при температурі 970 °C спостерігається високий і вузький екзоефект, який пов'язаний з можливою кристалізацією в ньому шпінелі (рисунок). Для стекол низькокремнеземистої області поява першого екзоефекту зміщена в область більш низьких температур. При підвищенні температури до 1100 °C в стеклах спостерігається екзоефект характерний для «високого» α -кордієриту.

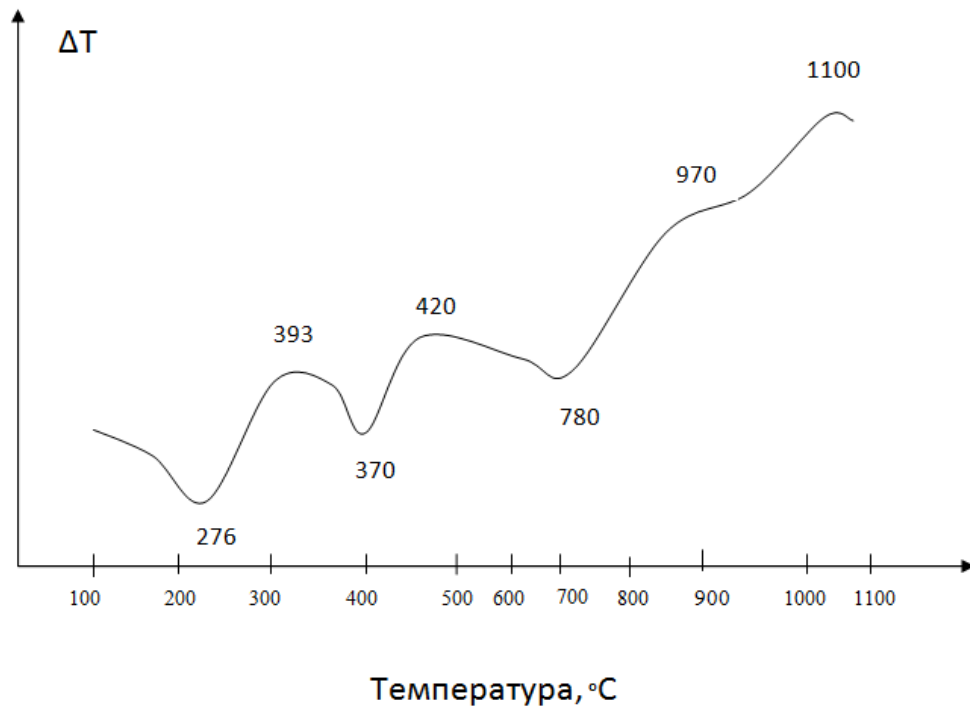


Рисунок. Термограма дослідного скла

Вивчення механізму нуклеації та формування структури при термічній обробці дослідних стекол дозволило встановити, що первинна кристалічна фаза μ -кордієриту, яка існує в інтервалі $800 \div 1100$ °C, поступово розкладається на α -кварц та шпінель. При термічній обробці при температурі до $850 \div 900$ °C спостерігається утворення вторинних фаз муліту у вигляді тонких призм сполучених у сноповидні агрегати та алюмомагнезійної шпінелі, яка при підвищенні температури до 1000 °C формується у дендритні гілки. Починаючи з 900 °C α -кварц переходить в α -кристобаліт, який існує в стеклах від 1125 до 1150 °C. Утворення α -кордієриту відбувається за рахунок хімічної взаємодії шпінелі та α -кристобаліту. В синтезованих матеріалах при температурі 1150 °C присутні високоміцні кристалічні фази мігнійалюмінатної шпінелі, α -кордієриту та муліту.

Саме завдяки появі зародків μ -кордієриту у низькотемпературній області обумовлено інтенсивне виникнення на другому етапі вторинних кристалічних фаз α -кварцу та шпінелі та на третьому етапі – основних кристалічних фаз α -кристобаліту, α -кордієриту та муліту з тонкокристалічною структурою. На четвертому етапі відбувається остаточне формування структури ситалу за рахунок росту тонкодисперсних кристалів, які рівномірно розподілені в об'ємі та кристалізації залишкового скла.

Однак для утворення зміцненої структури недостатнім є лише забезпечення тонкокристалічної рівномірної структури. Кристали повинні бути міцно сполучені один з одним шляхом безпосереднього зростання або через тонкий скло прошарок. З цієї точки зору основним фактором, який визначає міцність розроблених ситалів є взаємопроникна форма основних кристалічних фаз та їх здатність до утворення зв'язків між сусідніми кристалами.

Склокристалічні матеріали були отримані за керамічною технологією з двостадійним режимом термічної обробки: I стадія – 800 °С, τ – 2 год.; II стадія – 1100 °С, τ – 2 год. Розроблені склокристалічні матеріали характеризуються ситалізованою структурою з наявністю у своєму складі кристалічних фаз шпінелі, α -кордієриту та муліту у кількості $\approx 80\div 85$ об. %.

Наявність вказаних фаз та структури дозволяє отримати матеріали з високими механічними та термічними властивостями: модуль пружності $E = 100 \div 120$ ГПа, мікротвердість $H = 9400\div 10000$ МПа, коефіцієнт інтенсивності напруг $K_{IC} = 3,0\div 3,5$ МПа $\cdot$ м^{1/2}, температурний коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = (38\div 59,0) \cdot 10^{-7}$, град⁻¹. Щільність дослідних склокристалічних матеріалів складає $\rho = 2,6\div 2,7$ г/см³, що є значно меншим показником ніж у керамічних матеріалів аналогічного призначення.

Склокристалічні матеріали, що розробляються, відзначаються низькою вартістю завдяки використанню для їх одержання відносно дешевої вітчизняної сировини та енергоощадних технологій. Впровадження одержаних на їх основі навісних бронестійких композицій дозволить забезпечити високий рівень надійності неброньованої техніки.

Ткачук М.А.¹, Шейко О.І.², Набоков А.В.¹, Грабовський А.В.¹, Литвиненко О.В.¹

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

²ДП «Завод імені Малишева».

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРАКТИКА ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН

Вступ. У роботі [1] було поставлено актуальну і важливу для бронетанкобудування України проблему. Вона полягає у розробці теоретичних основ проектно-технологічного забезпечення тактико-технічних характеристик (ТТХ) легкоброньованих бойових машин (ЛБМ).

Дійсно, ця проблема є значущою у будь-який час. Проте, з урахуванням військово-політичних умов, що склалися в Україні у зв'язку із проведенням бойових дій у східних областях, ця проблема набуває особливої гостроти. Отже, загальний підхід, що представлений у роботі [1], набуває особливої ваги, адже він слугує методологічною основою побудови нових методів, моделей, засобів забезпечення тактико-технічних характеристик бойових броньованих машин шляхом обґрунтування відповідних проектно-технологічних рішень.

Аналіз стану проблеми. Як зазначається у роботах [2–4], для забезпечення ТТХ сучасних бойових броньованих машин можуть бути застосовані найрізноманітніші засоби. Проте, як підкреслено в роботі [1], сама ця проблема є комплексною, а, отже, й інструменти її вирішення повинні носити комплексний характер. Відповідно, у роботі [1] запропоновано застосовувати метод узагальненого параметричного моделювання процесів та станів у складних механічних системах [5], який був розвинений та адаптований для роз'язання задач синтезу проектно-технологічних параметрів бойових броньованих машин задля досягнення заданих ТТХ.

Певні аспекти запропонованого підходу викладені у роботах [4–6]. Разом із тим потребують своєї реалізації ті методи та моделі, що були описані у загальному вигляді. Також вони вимагають ілюстрації щодо потенційних можливостей застосування до роз'язання окремих частинних задач. Отже, постала актуальна і важлива науково-технічна проблема, що потребує свого вирішення та яка стала змістом цієї роботи.

Мета роботи – реалізація наукових основ проектно-технологічного забезпечення захищеності і міцності ЛБМ на основі результатів математичного моделювання фізико-механічних процесів і станів бронекорпусів при дії засобів ураження із урахуванням технологічних чинників і обґрунтування на їх основі раціональних проектно-технологічних рішень.

Методи та моделі. Для ілюстрації можливостей підходу, запропонованого в роботі [1], досліджені декілька фізико-механічних процесів та станів в бронекорпусах легкоброньованих машин, що впливають на ТТХ цих машин. У роботі описане розв'язання серії задач, що у

сукупності спрямовані на забезпечення підвищення ТТХ легкоброньованих машин на основі моделювання різних фізико-механічних процесів і станів у бронекорпусах при їх бойовому застосуванні та обґрунтування відповідних проектно-технологічних параметрів бронекорпусів.

Зокрема, при побудові математичної моделі пружно-пластичного деформування бронекорпусів при проходженні ударної хвилі сформульовані нові рівні та критерії захищеності при дії ударної хвилі на бронекорпуси бойових броньованих машин. На додаток до традиційних критеріїв типу недопущення пластичних деформацій (тобто неперевищення еквівалентними напруженнями $\sigma_{\text{екв}}$ межі текучості $\sigma_{\text{Т}}$) $\sigma_{\text{екв}} \leq \sigma_{\text{Т}}$, або збереження герметичності (тобто неперевищення деформаціями допустимого рівня δ) $\varepsilon \leq \delta$, висувається вимога збереження цілісності бронекорпуса (тобто неперевищення $\sigma_{\text{екв}}$ межі міцності $\sigma_{\text{В}}$) – новий критерій, більш адекватний: $\sigma_{\text{екв}} \leq \sigma_{\text{В}}$.

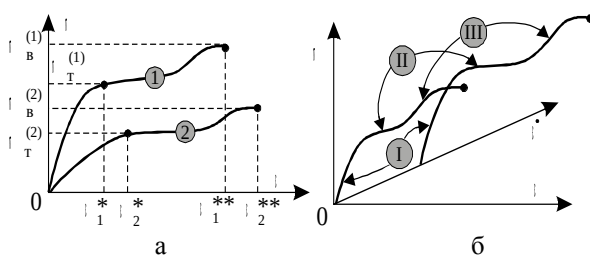


Рисунок 1 – Діаграми « $\sigma - \varepsilon$ » для матеріалів бронепанелей 1 та внутрішнього силового каркасу 2 бронекорпусів (а) та характер залежностей « $\sigma - \varepsilon - \dot{\varepsilon}$ » при швидкісному деформування матеріалів бронекорпусів (б)

У роботі, на відміну від традиційних підходів, враховані різні властивості й поведінка матеріалу бронепанелі і внутрішньої силової структури. Також вперше врахована залежність межі міцності і пластичності від швидкості деформування (рис. 1).

Використані закони пластичної течії інкрементального типу і геометрично нелінійні співвідношення для деформацій. Для опису процесу обтікання бронекорпусів ударною хвилею застосовуються рівняння Нав'є-Стокса. Математична модель процесу бронепробиття будується на основі рівнянь механіки суцільного середовища: збереження маси, енергії та кількості руху. Поряд із цим застосовуються емпіричні формули для оцінки інтегральних характеристик бронепробиття.

При дослідженні динамічного напружено-деформованого стану (НДС) бронекорпусів при дії зусиль віддачі записується система лінійних рівнянь механіки суцільного середовища, а також початкові і крайові умови. Для статичного НДС тонкостінної конструкції встановлюється можливість лінеаризації його компонент при варіюванні проектно-технологічних параметрів. Ця закономірність поширена і на динамічний НДС.

У роботі для представлення функції відгуку запропоновано використовувати кусково-лінійну апроксимацію у кожному квадранті. Для цього використовується методологія «реперних» розв'язків. На відміну від відомих підходів, запропонована нова методологія уточнення скінченно-різницевої апроксимації на основі скінченних різниць – за «реперними» розв'язками.

Таким чином, на відміну від технологій «чорної» та «білої (прозорої) скриньок», розроблена нова технологія «сірої скриньки». При цьому ступінь «прозорості» цієї «скриньки» збільшується шляхом поєднання двох процедур: 1) за рахунок зменшення кроку дискретизації області параметричного простору; 2) в результаті локалізації зони розміщення поточного наближення розв'язку. У цьому – принципова відмінність даного методу. Він пропонує поєднання

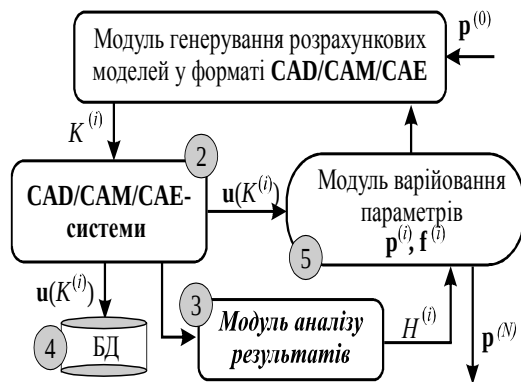


Рисунок 2 – Структура СПМК для розв'язання задач аналізу та синтезу

точності та оперативності розв'язання задач синтезу. Крім того, він зводить задачу синтезу до стандартної задачі лінійного програмування. Розроблений підхід застосовний для широкого кола задач: і бронезахищеності, і міцності, і відлаштування від резонансів.

При розв'язанні цієї задачі основний наголос робиться на впровадженні методу узагальненого параметричного моделювання та реалізації математичних моделей у вигляді спеціалізованих програмно-моделних комплексів (СПМК).

Основна ідея – поєднання переваг потужності універсальних програмних пакетів і націленість на об'єкт досліджень за рахунок спеціалізованих модулів. Основою СПМК є параметризовані моделі, які дають змогу варіювати сам об'єкт досліджень, зберігаючи його цілісність із точки зору геометричної форми, властивостей матеріалів, діючих навантажень і граничних умов (рис. 2).

Створені підсистеми моделювання ударно-хвильової дії на бронекорпус, дії на нього кінематичних боєприпасів, динамічних зусиль, а також чутливості динамічних характеристик до зміни проектно-технологічних параметрів бронекорпусів. Вони були апробовані на тестових задачах (рис. 3).

Висновки. У роботі отримала рішення актуальна науково-практична проблема розробки теоретичних основ проектно-технологічного забезпечення тактико-технічних характеристик легкоброньованих машин шляхом обґрунтування технічних рішень бронекорпусів за критеріями захищеності, міцності, жорсткості, віброзбудливості від дії комплексу уражаючих чинників, що має велике значення для бронетанкобудування України.

Отримані наступні наукові результати:

1. На основі розвитку методу узагальненого параметричного моделювання та поширення його на проектно-технологічні рішення розроблений новий підхід до забезпечення заданих тактико-технічних характеристик ЛБМ, який полягає в їх забезпеченні як результату взаємодії та взаємовпливу конструктивних рішень, технологічних режимів і умов виробництва. При цьому вперше множина технологічних чинників залучена як така, що певною мірою визначає рівень ТТХ і як варійована, шукана.

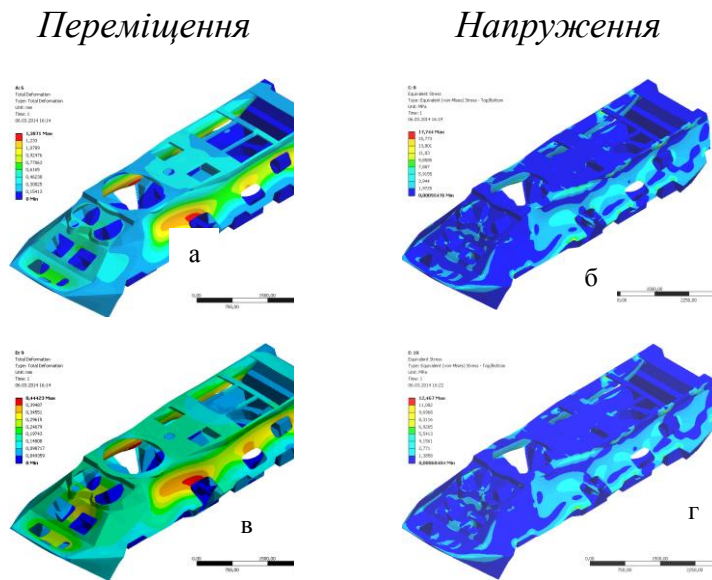


Рисунок 3 – Характерні картини розподілу компонент НДС при варіюванні товщини бронепанелей корпусу БТР-3Е: а – 6 мм, б – 8 мм, в – 9мм, г – 10мм

2. Запропонований новий підхід інтегрований у комплекс математичних моделей, які, на відміну від відомих спрощених, є нелінійними та більш адекватними, і в них імплементовано усі варійовані, у тому числі технологічні, параметри. Також у цих моделях відображені не тільки фізичні, геометричні, структурні нелінійності, але і параметричні, що відрізняє їх від відомих. При цьому новими якостями створених

моделей є те, що складові ТТХ можуть визначатися у ході аналізу фізико-механічних процесів і станів як їхній прямий результат. Важливою відмінною особливістю даних моделей є врахування раніше невраховуваних фізичних чинників, зокрема: залежність напружень не тільки від деформацій, а й від швидкості деформування; наявність декількох ділянок на кривій "напруження-деформації", а, відповідно, і формування критеріїв захищеності за різними умовами і рівнями; вплив технологічно зумовлених неоднорідностей за товщиною бронепанелей та в їх плані, що викликається термохімічними впливами при прокатці, гарячому штампуванні і при зварюванні бронелистів, на їхні захисні властивості; вплив проектно-технологічних параметрів на динамічний НДС і віброзбудливість бронекорпусів; розширено множину чинників, що враховуються при моделюванні уражаючих впливів.

3. Комплекс математичних моделей на основі нового підходу реалізований у вигляді спеціалізованого програмно-модельного комплексу, який, на відміну від відомих, побудований на поєднанні переваг універсальних програмних продуктів і спеціалізованих модулів, які враховують особливості того чи іншого конкретного об'єкта досліджень і переводять їх у предметну область. На цій основі створені моделі газодинамічного обтікання бронекорпусів машин типу МТ-ЛБ, БТР-80, БТР-3Е та інших, а також їх пружно-пластичного деформування і руйнування під дією ударної хвилі та кінетичних боєприпасів, моделі динамічного НДС та віброзбудливості бронекорпусів при дії зусиль віддачі та інших чинників. Створений СПМК дає змогу інтегрувати його у системи автоматизованого

проектування, технологічної підготовки виробництва та досліджень, експлуатованих в КБ, НДІ, університетах, на підприємствах, причому у режимі їх штатного функціонування.

4. Проведений та описаний у роботі комплекс числових досліджень реакції бронекорпусів ЛБМ на дію ударної хвилі, кінетичних снарядів, зусиль віддачі при стрільбі дав можливість установити закономірності їх впливу на захищеність та розробити рекомендації щодо обґрунтування проектно-технологічних параметрів.

Література.

1. Ткачук М.А. Науковий супровід проектно-технологічних розробок задля забезпечення тактико-технічних характеристик бойових броньованих машин / М. А. Ткачук, О.В. Литвиненко, А.В. Грабовський // Перспективи науково-технологічного забезпечення оборонно-промислового комплексу України: Інформаційно-комунікативний захід (Київ, 22-23 вересня 2015). – К.: ТОВ «Міжнародний виставковий центр», 2015. – С. 61–65.

2. Чепков И.Б. Модель обоснования технических решений защитных устройств боевых бронированных машин / И.Б. Чепков // Артиллер. и стрелковое вооружение. – 2011. – № 4. – С. 42-46.

3. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения: монография: [в 4 т.]. Т. 4. Методология исследования сложных систем военного назначения / С.В. Лапицкий, А.В. Кучинский, А.И. Сбитнев [и др.]; ред.: С.В. Лапицкий. – К.: 2013. – 477 с.

4. Чепков І.Б. Основні напрями розвитку озброєння і військової техніки. Організаційні і економічні механізми державної підтримки оборонної промисловості // Перспективи науково-технологічного забезпечення оборонно-промислового комплексу України: Інформаційно-комунікативний захід (Київ, 22-23 вересня 2015). – К.: ТОВ «Міжнародний виставковий центр», 2015. – С. 8–13.

5. Конечно-элементные модели элементов сложных механических систем: технология автоматизированной генерации и параметризованного описания / Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, А.Д. Чепурной, Е.А. Орлов, Н.Н. Ткачук // Механіка та машинобудування – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – №1. – С. 57-79.

6. Метод прямого конечного возмущения конечно-элементных моделей при численном исследовании динамических, жесткостных и прочностных характеристик тонкостенных элементов машин строительных конструкций / А.Ю.Танченко, А.В. Литвиненко, А.Д. Чепурной, Ю.В. Костенко, Н.А. Ткачук // Вестник Брянского государственного технического университета. – Брянск: БГТУ, 2014. – № 4(44). – С.114-124.

ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ БРОНЕКОРПУСІВ ЛЕГКОБРОНЬОВАНИХ МАШИН ЗА КРИТЕРІЯМИ ЗАХИЩЕНОСТІ

Стан проблеми. На сьогоднішній день, особливо внаслідок поточних подій на сході України, ні у кого не викликає сумнів необхідність наявності у Збройних Силах України сучасних озброєнь, що відповідають сьогоднішнім реаліям. Слід зауважити, що, за невеликим винятком, більшість використовуваної техніки є морально застарілою і застосовується скоріше через відсутність інших варіантів, ніж через відповідність їх тактико-технічних характеристик (ТТХ) вимогам часу. З причини того що виробництво великої кількості нової військової техніки пов'язане зі значними проблемами, більш раціональним є глибока модернізація наявних зразків техніки. При цьому важливо, щоби кожен тип бойових броньованих машин розроблявся для вирішення конкретних завдань у певних умовах. Відповідно, є цілий набір параметрів і характеристик, які впливають на ефективність застосування даної техніки для вирішення поставлених завдань. Ці параметри і характеристики можна по-різному групувати, але зазвичай їх використовують як частини трьох основних характеристик військової техніки: вогневої потужності, мобільності та захищеності. Зміна балансу між даними характеристиками визначає спрямованість певної військової техніки на вирішення окремих військових завдань. Також слід зазначити, що крім відмінності в балансі, є ще й система обмежень. Як правило, основні – це: ціна, габарити і маса, які також впливають на можливість виконання завдань і на рівень окремих компонент ТТХ.

У збройних силах багатьох країн, включаючи Україну, серед броньованої техніки найбільша кількість відноситься до класу легкоброньованих машин (ЛБМ). Різний баланс основних характеристик призвів до великої різноманітності типів: бронетранспортери, бойові машини піхоти, бойові машини десанту тощо. Ці машини практично не поступаються іншій техніці (наприклад, основним танкам) в мобільності, а деякі – і у вогневій потужності. Однак усі ці машини об'єднані загальним недоліком – слабким рівнем захищеності (порівняно з тими ж танками). На поточний момент зміни в тактиці і засобах озброєння призвели до того, що ці машини мають абсолютно недостатній рівень бронювання для захисту особового складу або забезпечення живучості машини в бойових умовах. По суті, за рівнем захищеності вони належним чином не відрізняються від неброньованих зразків техніки, при цьому маючи значно більшу масу.

Також слід зазначити, що більшість методик оцінки рівня захищеності – морально застаріли і не можуть бути використані для оцінки на сьогоднішній день. Що стосується методів підвищення захищеності, то вони, по-перше, впираються у відсутність адекватних методик оцінки поточного і

проектованого рівня захищеності, а по-друге, призводять до істотного збільшення маси машини [1,2].

Таким чином, виникає важлива і актуальна наукова задача, яка спрямована на усунення протиріччя між потребою і можливістю в оцінці захищеності. Це дасть можливість вирішити ще гостріше постале практичне завдання: обґрунтування структури і параметрів бронекорпусів легкоброньованих машин за критеріями захищеності та іншими критеріями. Ці два завдання важливі як для вирішення проблем проектування нових зразків військової техніки, так і для розробки варіантів модернізації існуючої техніки.

Мета досліджень. Метою роботи є створення наукових основ оцінки захищеності ЛБМ на основі результатів математичного моделювання процесів ураження бронекорпусів та його елементів, і обґрунтування на їх основі раціональних рішень з підвищення та забезпечення необхідного рівня захищеності.

Загальний опис методів та засобів підвищення рівня захищеності для легкоброньованих машин. Задача забезпечення необхідного рівня захищеності може виникати при проектуванні нових зразків ЛБМ, при модернізації чи експлуатації існуючих зразків. В усіх трьох випадках в першу чергу необхідно адекватно оцінити існуючий рівень захищеності від чинників ураження. Надалі необхідно обрати найбільш адекватні ситуації, що склалася, методи підвищення захищеності.

Основними варіантами підвищення та забезпечення необхідного рівня захищеності для ЛБМ можна назвати такі рішення:

- використання нових зразків захисту замість застарілих;
- установка додаткового бронювання.

Використання як броні бронелистів з нових матеріалів, які були розроблені в останні роки для захисту від сучасного озброєння – це один з найкращих варіантів вирішення проблеми захищеності. Сучасні види броньової сталі мають підвищені характеристики міцності та забезпечують більш високий рівень захищеності при менших товщинах та масі. Подібна заміна позитивно позначиться на рівні захищеності, при цьому така модифікація не призведе до підвищення маси або погіршення міцності корпусу. Однак даний підхід буде дієвим тільки у випадку виготовлення нових зразків модернізованої техніки і абсолютно непридатний до застосування модернізації тієї, що існує.

Відповідно, для вирішення завдань з підвищення захищеності при модернізації чи експлуатації, залишається тільки додаткове бронювання. Його можна проводити як ззовні машини, так і всередині. Як додаткове бронювання можуть виступати: бронелисти з спецсталі; бронелисти з алюмінієвих, титанових та інших сплавів спеціального призначення; керамічні бронепластики; кевларові, вуглепластикові, склопластикові та інші композитні пластики або обшивка; додаткові композиційні модулі захисту; ґратові екрани; динамічний та активний захист; додатковий захист, виготовлений у польових умовах із підручних матеріалів (мішки з піском,

ящики з камінням тощо); комбінація різних рішень. Додаткове бронювання може бути незнімним, легко замінним й комбінованим.

Досить раціональною є розробка механізмів кріплення пластин, подібних до тих що використовуються в бронелистах, на корпуси ЛБМ. Незважаючи на різноманіття типів ЛБМ з їх відмінностями в геометрії, матеріалах корпусу, розміщенні внутрішніх і зовнішніх елементів, можна розробити єдину (уніфіковану) систему з високим ступенем стандартизації конструкційних елементів для проведення модернізації техніки, що стоїть на озброєнні ЗСУ.

Подібні роботи з модернізації можуть бути виконані не тільки силами бронетанкоремонтних заводів, але й особовим складом, проте більш раціонально робити їх саме на заводах.

Окрім безпосередньо ураження броні, є проблема ураження особового складу та внутрішніх елементів вторинними осколками. Частковими засобами вирішення такої проблеми і збільшення загального рівня захищеності може виступати армована гума. Джерелом подібної гуми можуть виступати навіть списані колеса ЛБМ. Подібні варіанти модернізації менш ефективні порівняно з кевларом, однак суттєво дешевші та їх можна проводити силами особового складу.

Також силами особового складу можна проводити (й зазвичай проводяться) заходи із підвищення захищеності за допомогою підручних засобів. У цьому випадку конструкторська думка обмежена виключно наявними в розпорядженні матеріалами і засобами. Найбільш поширеними з підручних засобів є: мішки, дерев'яні ящики, металеві та пластикові ємкості з різноманітними наповнювачами. Найбільш розповсюдженими наповнювачами є земля, пісок і каміння. Іншими варіантами є: гусеничні траки, колеса, колоди і товсті дошки, окремі листи металу і саморобні ґратчасті екрани, виготовлені з кутиків, штаб та арматури. Такими варіантами «модернізації» користуються не тільки ЗСУ (через брак коштів), але й військовослужбовці НАТО.

Оцінити внесок подібних доробок у підвищення рівня захищеності буває вкрай проблематичним, оскільки велика частина робіт проводиться "на око" без наукової або хоча б інженерної проробки, та без урахування накопиченого досвіду. По-друге, подібні "модернізації" дуже відрізняються одна від іншої, бо роботи, в більшості випадків, проводяться на основі наявних можливостей та матеріалів. Таким чином, ефективність подібних "поліпшень" вкрай сумнівна. При цьому зазначимо, що такі рішення зазвичай призводять до істотного переобтяження машини, зміни її інерційних і мас-центрувальних характеристик. Підвищується навантаження на двигун, трансмісію, ходову. Це призводить до значних втрат в рухливості, маневреності, ресурсі. Як наслідок отримуємо не очевидне і не завжди реальне поліпшення захищеності, при істотному погіршенні інших характеристик.

Теоретичні основи розв'язання поставленої задачі.

Для формування строгої постановки задачі, що виникає, необхідно:

1. Сформулювати критеріальні та обмежувальні залежності.

2. Визначитися із математичними моделями процесів та станів, що реалізуються при бойовому застосуванні ЛБМ.

3. Визначити варійовані параметри та розробити механізм їхньої зміни.

Якраз останнє із перелічених завдань, як правило, визначає основні проблемні аспекти виникаючої комплексної проблеми. Справа в тому, що імплементація механізму варіювання проектно-технологічних параметрів стикається із складністю побудови за тим чи іншим їхнім набором відповідної геометричної чи скінчено-елементної моделі.

Крім того, зважаючи на великий обсяг обчислень, які необхідно проводити, така імплементація повинна здійснюватися в максимально автоматизованому режимі. Відтак, у ході багатоваріантних досліджень слід забезпечувати непротиворічність створюваних моделей, безконфліктність обміну даними та несуперечливість інформації. На додаток частина визначальних параметрів не має простої числової ідентифікації, тобто вони є узагальненими параметрами. Відповідно для оперування з ними потрібно розробляти додаткові алгоритми.

Враховуючи перелічені особливості, загальна структура досліджень, яка пропонується до використання, полягає у послідовності наступних етапів:

1. Розробка процедури ідентифікації досліджуваного об'єкта за множиною варійованих параметрів, у тому числі – проектно-технологічних рішень, режимів бойового застосування, характеристик засобів ураження, тощо.

2. Розробка критеріальних та обмежувальних вимог до компонент тактико-технічних характеристик, які обрані для забезпечення заданого їх рівня, у вигляді самостійної процедури. Основне завдання такої процедури – визначення цільової функції та умов задовільнення/незадовільнення обмеженням, які звужують область варіювання в узагальненому параметричному просторі. При цьому певні характеристики, що є основою для формування критеріальних та обмежувальних величин, є результатом розв'язання задач аналізу фізико-механічних процесів та станів, які виникають в елементах легкоброньованих машин при їх використанні у бойових умовах (див. пункт 3).

3. Аналіз фізико-механічних процесів та станів, які виникають в елементах ЛБМ при експлуатації та виконанні бойових задач, при певному наборі варійованих параметрів. Цей аналіз проводиться в автоматичному режимі, причому на вході – множина узагальнених параметрів P , а на виході – набір характеристик досліджуваних процесів та станів (наприклад, максимальні еквівалентні напруження або деформації, швидкості, прискорення, тиск тощо).

4. Проведення аналізу поточних ТТХ досліджуваної ЛБМ та здійснення цілеспрямованого кроку з варіювання тих чи інших параметрів елементів ЛБМ з метою поліпшення визначення компонент тактико-технічних характеристик. Цей етап повторюється до отримання кінцевого позитивного результату.

5. Здійснення поглибленого аналізу процесів та станів елементів ЛБМ із визначеними (обґрунтованими на етапах 1-4) проектно-технологічними рішеннями. Як правило, перелічені етапи стосуються найбільш важливих компонент ТТХ ЛБМ, наприклад, захищеності від дії ударної хвилі або кінетичних боєприпасів, що забезпечується у першу чергу властивостями бронекорпусу.

Отже послідовність етапів 1-5 передбачає розв'язання або задач ударно-контактної взаємодії боєприпасу із бронепанелями корпусу ЛБМ, або ударно-хвильового навантаження (надлишковий тиск у фронті ударної хвилі), або напружено-деформований стан бронекорпусів ЛБМ при дії динамічних та імпульсних зусиль тощо. Таким чином, попри збереження описаної вище структури досліджень, окремі їхні етапи можуть змінюватися. Відповідно, зазнають змін також і математична та числова моделі процесів і станів, які протікають або устанавлюються в елементах ЛБМ, ті чи інші характеристики захищеності (залежно від типу боєприпасу, походження та властивостей ударної хвилі залежно від джерела виникнення та умов розповсюдження) тощо. Проте модульна структура роботи створюваного програмного комплексу, яка природним чином впливає із поетапної структури досліджень, забезпечує оперативне переналаштування на певне коло тих чи інших задач.

Висновки. Основними висновками за роботою є те, що запропонована у ній структура досліджень забезпечує гнучкий, оперативний та точний аналіз процесів та станів, які виникають в елементах легкоброньованих машин, при варіюванні і проектно-технологічних параметрів, і характеристик засобів ураження, і умов бойового застосування ЛБМ. Тим самим забезпечується розв'язання задач синтезу, тобто визначення таких проектних рішень, які забезпечують задані ТТХ захищеності. Зокрема, ці розробки реалізовані для забезпечення захищеності ЛБМ за рахунок обґрунтування варіантів проектно-технологічних параметрів бронекорпусів ЛБМ під дією ударно-контактних, ударно-хвильових, динамічних та імпульсних зусиль. Надалі планується розширення області застосування розробленої технології досліджень на нові перспективні об'єкти.

Література.

1. Методи забезпечення тактико-технічних характеристик військових гусеничних і колісних машин на етапі проектних досліджень / А.Ю. Васильєв, М.М. Ткачук, А.Ю. Танченко, О.В. Мартиненко // Перспективи науково-технологічного забезпечення оборонно-промислового комплексу України: Інформаційно-комунікативний захід (Київ, 22-23 вересня 2015). – К.: ТОВ «Міжнародний виставковий центр», 2015. – С. 234–238.
2. Чепков І.Б. Основні напрями розвитку озброєння і військової техніки. Організаційні і економічні механізми державної підтримки оборонної промисловості // Перспективи науково-технологічного забезпечення оборонно-промислового комплексу України: Інформаційно-комунікативний захід (Київ, 22-23 вересня 2015). – К.: ТОВ «Міжнародний виставковий центр», 2015. – С. 8–13.

ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕМЕНТАХ ВІЙСЬКОВИХ КОЛІСНИХ ТА ГУСЕНИЧНИХ МАШИН ПРИ БОЙОВОМУ ЗАСТОСУВАННІ

Вступ. Зовнішні навантаження, які діють на елементи військових колісних і гусеничних машин при бойовому використанні, у т.ч. – у бронекорпусах, є динамічними і високочастотними. Відповідно, виникає питання про виникнення резонансних ефектів, і, отже, – завдання відлаштування від резонансів. Для вирішення цього завдання використовується певна кількість методів. З одного боку, можна провести відлаштування від резонансних частот за рахунок зміни фізико-механічних властивостей матеріалів, а, з іншого боку, – провести конструктивні зміни компонування елементів і вузлів та корпусу в цілому.

При цьому діюче зовнішнє навантаження має різну природу свого впливу. Прикладом таких навантажень можуть бути нерівності дорожнього покриття, які призводять до розгойдування корпусів військових колісних і гусеничних машин. Також резонансні ефекти можуть виникати при здійсненні пострілів із артилерійських систем [1]. При цьому розміщення внутрішнього обладнання і агрегатів, боєкомплекту, особового складу тощо також впливає на резонансні ефекти, що виникають у бойових колісних і гусеничних машинах. Деякі аспекти даної задачі висвітлені в роботах [2-5].

Досить складним є дослідження динамічних процесів пов'язаних із накладенням різних виникаючих його складових. Групою авторів у роботі [6] представлені результати роботи створеного спеціалізованого програмно-модельного комплексу, за допомогою якого було проведено оціночне дослідження впливу пружних деформацій елементів транспортних засобів на прикладі БТР-3Е на збурення напрямку осі каналу ствола артилерійської системи при здійсненні пострілів.

Однак при розгляді завдань у даному напрямку необхідно провести аналіз виникаючих динамічних ефектів в окремо розглянутих елементах бойових машин. Такі дослідження допоможуть зрозуміти і оцінити ступінь впливу динамічних ефектів, створених в окремому елементі, і ступінь їхнього впливу на виникаючі динамічні ефекти в цілій системі бойової машини.

Прикладом такого елемента може бути ствол артилерійської системи, в якому можуть виникати динамічні ефекти при здійсненні пострілів. У роботі представлені результати дослідження динамічних ефектів, що виникають при стрільбі бронебійним опереним підкаліберним снарядом (БОПС) типу ЗВБМ17 "Манго" з танкового ствола типу КБА-3.

Постановка задачі. Внутрішня балістика займається вивченням руху снаряда вздовж каналу під дією порохових газів, результати якої використовуються як вихідні дані при проектуванні зарядів, снарядів, стволів та інших пристроїв. Внутрішня балістика має справу з високими температурами і тисками газу та малим часом процесу. Дані особливості досліджуваного процесу тягнуть за собою надзвичайну його складність і

особливі труднощі при проведенні і вивченні експерименту. Таким чином, теоретичні методи наближені і базуються на недостатньо вивчених припущеннях та умовах [7].

Постріл є швидким процесом перетворення хімічної енергії порошу в теплову, а потім у кінетичну енергію системи "заряд-снаряд-ствол". Залежно від довжини ствола і типу заряду час пострілу лежить у діапазоні 2-7 мс.

Потрібно за цими вихідними даними розробити метод розрахунку напружено-деформованого стану ствола танкової гармати. При цьому однією з проблемних сторін є реалізація способу завдання рухомого навантаження на досліджуваний об'єкт.

Метод розв'язання. Як було відзначено, робота присвячена дослідженню напружено-деформованого стану танкового ствола типу КБА-3 при стрільбі бронебійним опереним підкаліберним снарядом типу ЗВБМ17 "Манго". Маючи у своєму розпорядженні дані про те, що початкова (дульна) швидкість відповідає 1700 м/с, а тиск газів в зарядній коморі – до 555 МПа при стрільбі БОПС типу ЗВБМ17 "Манго" [8], можна побудувати характерні криві, що описують зміну тиску порохових газів уздовж ствола і зміну швидкості руху снаряда уздовж каналу ствола під час пострілу. На рис. 1 представлені дані характерні криві (зміна тисків P порохових газів і швидкості v_d руху снаряда, відповідно) при моделюванні процесу пострілу (ці криві є характерними для більшості гарматних стволів).

Значення потрібних величин (тиск, час прикладання навантаження і ділянка, на якій прикладається цей тиск) отримані інтегруванням співвідношень:

$$v = \frac{ds}{dt} \Rightarrow \frac{dt}{ds} = \frac{1}{v}, \quad (1)$$

при $t = 0$: $s = 0$, $v = 0$;

$$t = \int_0^s \frac{ds}{v(s)} \quad (2), \quad \tau = \int_0^L \frac{ds}{v(s)}, \quad (3)$$

де τ – час проходження снаряда всієї довжини каналу ствола (для ствола типа КБА-3 $L=6$ м, відповідно $\tau=7,62$ мс).

На рис. 2 представлені часові залежності зміни розподілу тиску порохових газів, швидкості руху і переміщення снаряда в каналі ствола гармати.

Для дослідження процесу пострілу і аналізу отриманих напружень і переміщень ствола була побудована тривимірна геометрична модель в пакеті SolidWorks [9]. Далі геометрична модель була експортована в пакет Ansys Workbench [10]. У ньому була

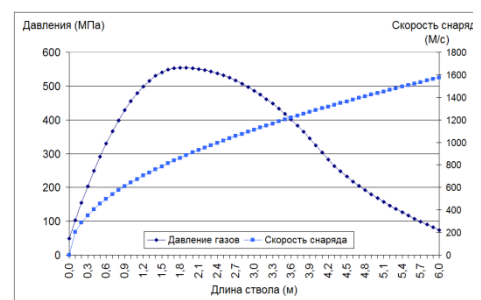


Рисунок 1 – Зміна тиску порохових газів і зміна швидкості руху снаряда

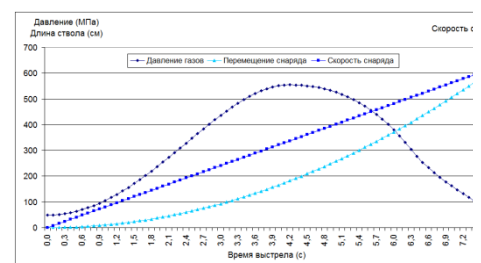


Рисунок 2 – Часові зміни розподілу тиску порохових газів, швидкості руху і переміщення снаряда

побудована вже скінчено-елементна модель (СЕМ), з призначенням відповідних фізико-механічних властивостей матеріалів, з визначенням навантаження і закріплення. Як навантаження прикладався тиск на вузли, які лежать на внутрішній поверхні каналу ствола. Величина тиску визначалась за кривою зміни тиску порохових газів (див. рис.1) для ділянки довжини внутрішнього каналу, що відповідає ділянці шляху, пройденому снарядом під час пострілу. Швидкість прикладання навантаження визначалася згідно швидкісного режиму проходження снаряда вздовж каналу ствола (див. рис. 1, 2).

Для аналізу використовувалися аналіз перехідних процесів (transient analysis) та статичний аналіз (static analysis). Розрахунок моделі з використанням різних типів аналізу дозволить визначити динамічний коефіцієнт навантаження, тим самим дасть змогу у подальших дослідженнях використовувати статичний аналіз з урахуванням динамічного коефіцієнта навантаження, і не використовувати аналіз перехідних процесів, що істотно скоротить розрахунковий час моделювання.

Чисельна реалізація. Геометрична модель була обрана в деякому наближенні (без дотримання точних розмірів та форм) до ствола танкової гармати КБА-3, з внутрішнім діаметром 125 мм, довжиною 6 м. Геометрична форма була побудована із спрощеннями. Дані спрощення стосувалися казенної частини – в моделі казенна частина виконана як єдине ціле тіло, і внутрішнього каналу ствола, який був виконаний у вигляді порожнини циліндричної форми. Також була використана симетрія у двох площинах, тобто була виділена 1/4 поздовжня частина ствола. Скінченно-елементна модель представлена на рис. 3. Скінченно-елементна модель налічувала 110 тис. 20-тивузлових кубічних елементів. Геометрична модель із доданим закріпленням зображена на рис. 4, а на рис. 5 – з накладеною симетрією.



Рисунок 3 –
Скінченно-елементна
модель ствола

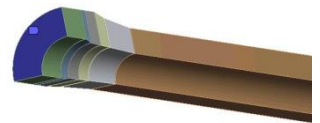


Рисунок 4 –
Геометрична модель із
прикладним закріпленням

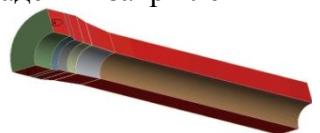


Рисунок 5 –
Геометрична модель із
накладеною симетрією

Результати розрахунків. За результатами досліджень були отримані компоненти напружено-деформованого стану гарматного ствола. Були визначені максимальні числові показники для еквівалентних напружень і відповідні їм еквівалентні напруження та повні переміщення уздовж ствола (на рис. 6 представлений шлях, уздовж якого були отримані еквівалентні напруження і повні переміщення).

На рис. 7 і 8 зображені криві зміни еквівалентних напружень і повних переміщень уздовж шляху (див. рис. 6) проходження снаряда по стволу.



На рис. 9 і 10 представлені криві, які описують зміну максимальних еквівалентних напружень і максимальних повних переміщень в стволі при

моделюванні процесу пострілу, отримані в ході проведених розрахунків за допомогою різних аналізів – статичного аналізу та аналізу перехідних процесів, відповідно.

Використовуючи результати, які були отримані при використанні різних типів аналізу, було визначено коефіцієнт динамічності навантаження. З розгляду числових показників максимальних еквівалентних напружень, отриманих для двох аналізів (максимальні величини еквівалентних напружень, рівні $1,33 \cdot 10^3$ МПа і $1,74 \cdot 10^3$ МПа для статичного аналізу та аналізу перехідних процесів, відповідно) і з використанням формули (4), видно, що коефіцієнт динамічності дорівнює 1,3. Дана величина коефіцієнта динамічності зумовлена тим, що із розгляду власних частот і форм коливань можна зробити висновок про наступне: частота коливань, відповідна "оболонковим" коливанням, починається з 1061 Гц, це відповідає тому, що один період коливання проходить за 0,94 мс. Як було описано вище, весь процес пострілу відбувається головним чином за 2-6 мс. При дослідженні процесу прикладання навантаження по кроках, час відповідно менше. При цьому найменший часовий крок навантаження дорівнює 0,98 мс. Таким чином, різниця не перевищує 1% між інтервалом прикладеного навантаження і тривалістю одного періоду коливання досліджуваної системи.

При розгляді отриманих максимальних повних переміщень для різних типів аналізу спостерігається наступне: криві зміни максимальних повних переміщень в часі мають характерний вигляд зі зміщенням максимуму на середину третьої чверті процесу для статичного аналізу. При цьому в другій половині часового інтервалу самого процесу пострілу величини максимальних повних переміщень, отримані при аналізі перехідних процесів, істотно перевищують величини, отримані при статичному аналізі, і максимум зміщується до початку четвертої чверті процесу.

Рисунок 6 – Шлях уздовж ствола

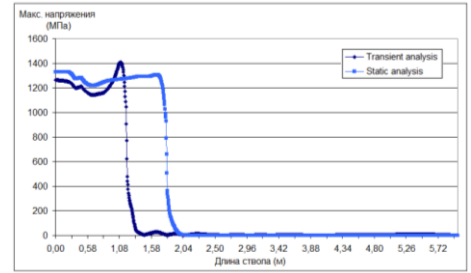


Рисунок 7 – Еквівалентні напруження вздовж шляху

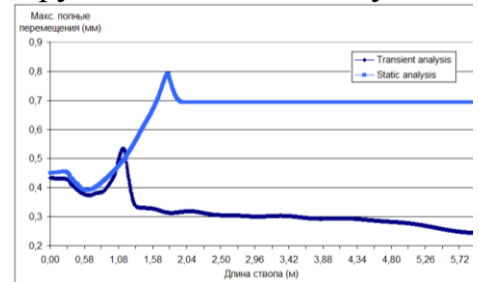


Рисунок 8 – Повні переміщення вздовж шляху

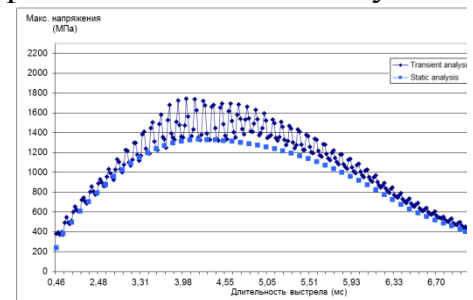


Рисунок 9 – Максимальні еквівалентні напруження в стволі

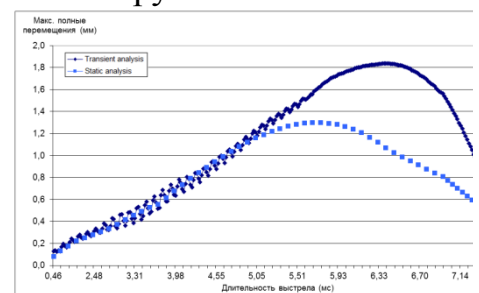


Рисунок 10 – Максимальні повні переміщення в стволі

Що стосується максимальних значень еквівалентних напружень, то дані величини спостерігаються в середині першої половини процесу пострілу.

Висновки. У результаті проведення даного дослідження була розроблена методика аналізу напружено-деформованого стану гарматного ствола на прикладі танкової гармати типу КБА-3 при пострілі БОПС типу ЗВБМ17 "Манго". Ця методика дослідження, використовуючи криві, які описують зміну тисків порохових газів уздовж ствола і швидкості руху снаряда уздовж каналу ствола, дозволяє визначити характеристики навантаження (величину внутрішнього тиску і швидкість руху ділянки цього тиску на певній ділянці каналу ствола для відповідного кроку навантаження). З огляду на те, що гарматні сталі володіють високою межею плинності, то, природно, при аналізі напружено-деформованого стану та оцінці міцності ствола потрібно враховувати пружно-пластичне деформування матеріалу, а також можливість проведення операцій типу автофретування, зміцнення, напилення тощо.

Надалі планується застосувати запропоновані моделі до більш докладного дослідження напружено-деформованого стану танкових гармат при здійсненні пострілу.

Література:

1. Ткачук М.А., Грабовський А.В., Набоков А.В., Мазур І.В., Рикунів О.М. Залежність динамічних характеристик бронекорпусів від варіюваних параметрів // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ. Збірник тез доповідей Міжн. наук.-техн. конф. (Львів, 14-15 травня 2015 року). – Львів: АСВ, 2015. – С. 57–58.
2. Толстолицкий В.А. Математическое моделирование и анализ процессов в шасси колесных и гусеничных машин / В.А. Толстолицкий; под ред. Д.О. Волонцевича. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2013. – 171 с.
3. Математическое моделирование процессов возмущенного движения агрегатов и систем бронетанковой техники: Учеб. пособие в 2-х т. – Т.1. / Е.Е. Александров, Д.О. Волонцевич, В.В. Дущенко, В.В. Епифанов, Н.В. Кохановский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 356 с.
4. Гриценко Г. Д., Малакей А.М., Миргородский Ю. Я., Ткачук Н.А., Ткачук А.В. Интегрированные методы исследования прочностных, жесткостных и динамических характеристик элементов сложных механических систем // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Механика и машиностроение. – Харьков: НТУ «ХПИ» – 2002. – № 1. – С.6-13.
5. Ткачук Н.А., Бруль С.Т., Малакей А.Н., Гриценко Г.Д., Орлов Е.А. Структура специализированных интегрированных систем автоматизированного анализа и синтеза элементов транспортных средств специального назначения // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Механика и машиностроение. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – №1. – С. 184-194.
6. Ткачук Н.А., Рикунів О.Н., Танченко А.Ю. [и др.] Влияние массово-инерционных характеристик боевого модуля, бронекорпуса и подвески на динамические процессы при осуществлении стрельбы // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014, № 1. С. 83-91.

7. Горохов М.С. Внутренняя баллистика ствольных систем – М.: ЦНИИ информации, 1985. – 160 с.
8. <http://morozovkmdb.com/>.
9. Solidworks - <http://www.solidworks.com/>.
10. ANSYS Workbench - <http://www.ansys.com/>.

Буря А.И., Ерёмина Е.А., Калинин С.В., Комисар А.А.
Днепропетровский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА УГЛЕПЛАСТИКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАРОВ ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА БАШНИ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА

В связи со стремительным развитием промышленности и повышением ее конкурентоспособности растут потребности в новых материалах с функциональными свойствами. Наиболее перспективными материалами, призванными удовлетворить эти требования, являются полимерные композиты. Однако, существующие конструкционные полимерные материалы по ряду показателей (теплостойкость, прочность, антифрикционные свойства и др.) не могут удовлетворить потребности промышленности. Большинство из них имеют недостаточно высокую теплостойкость (порядка 373 К) или значительные фрикционные показатели. По этой причине весьма актуальной стала проблема разработки новых КМ триботехнического назначения на основе полиамидов и нахождения путей их применения.

Одним из таких путей применения является оборонная промышленность. В частности, боевые машины пехоты (БМП), которые представляют собой гусеничные машины, имеющие вооружение, броневую защиту и высокую маневренность. Назначение БМП – повышение мобильности, вооруженности и защищенности пехоты, действующей на поле боя в условиях применения ядерного оружия [1].

В таких машинах жизнь человека напрямую зависит от надежности работы всех узлов. Одним из самых важных оборонительных узлов является башня. Точность позиционирования и безотказность работы башни зависят от шариковой опоры, а именно от шара радиально-упорного шарикоподшипника.

Цель работы: создание композиционных материалов на основе полиамида ПА-6 и оптимизация их состава для использования в опорно-поворотном устройстве башни бронетранспортера.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования были выбраны композиционные материалы на основе алифатического полиамида–6 (ПА-6), наполненные углеродными волокнами (УВ) Углен.

Полиамид–6 (ОСТ 6-06-С9-76) относится к классу алифатических полиамидов и представляет собой линейный гетероцепной полимер. Является продуктом полимеризации капролактама и отличается высокими физико-механическими свойствами, а также низким коэффициентом трения, что вызывает к нему особый интерес в качестве полимерной матрицы [2].

Среди термостойких волокон имеются уникальные материалы с исключительно ценными физико-механическими свойствами, в частности с необычайно высокими показателями прочности и модуля упругости. К группе высокопрочных и высокомодульных термостойких волокон относятся углеродные волокна, чем и обоснован их выбор в качестве наполнителя.

Степень наполнения полиамида составляла 5 – 45 масс.%. Переработка наполненных смесей в изделия осуществлялась литьем под давлением. Свойства определялись согласно ГОСТам для пластмасс.

Результаты лабораторных исследований и их обсуждение. Согласно полученным данным, характеристики системы полиамид – углеродное волокно определяются степенью наполнения. Из табл.1 видно, что по мере увеличения степени наполнения полиамида, прочностные характеристики возрастают, достигая максимума при 45 масс.% наполнения. Так твердость возрастает на 40%, а предел текучести при сжатии – на 45%, относительно ненаполненного полиамида.

Таблица 1. Физико–механические свойства полиамида и углепластиков на его основе.

Показатели	Содержание УВ, масс.%							
	0	5	10	15	20	30	40	45
Плотность, кг/м ³	1130	1158	1195	1223	1253	1316	1345	1409
Предел текучести при сжатии, МПа	105	108	111,5	115	128	137	144	153
Ударная вязкость, кДж/м ²	114	52	37	30	25,5	23	19,5	17
Твердость по Бринеллю, МПа	63,1	63,4	63,8	64,2	65,8	71,6	81,8	88,3
Температура размягчения по Вика, К	474	475,7	477,8	479	479,7	483	482,4	483
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,339	0,405	0,473	0,542	0,611	0,852	0,975	0,901
Теплоемкость, кДж/кг·К	1,739	1,682	1,645	1,592	1,545	1,467	1,457	1,436
Температуропроводность, м ² /с; 10 ⁻⁴	1,73	2,08	2,41	2,78	3,16	4,90	4,82	4,60
Интенсивность линейного износа; 10 ⁻⁸	81,8	1,62	0,540	0,375	0,342	0,23	0,19	0,09
Коэффициент трения	0,67	0,60	0,53	0,45	0,37	0,22	0,18	0,16
Температура в зоне контакта, К	413	397	382	366	360	346	336	332

Теплопроводность полимеров обусловлена распространением и рассеиванием упругих волн вызываемых тепловыми колебаниями структурных элементов макромолекул. Для исследованных углепластиков коэффициент теплопроводности с повышением степени наполнения линейно возрастает. Передача тепла в таких полимерах от одной молекулы к другой происходит в результате их колебательного движения [3]. В целом сравнительно низкая теплопроводность углепластиков (0,975 Вт/м·К) несмотря на то, что теплопроводность УВ значительно выше, чем у ПА-6, объясняется тем, что мы имеем дело с хаотично армированным дискретными волокнами материалом. В таком углепластике различные ориентации элементарных волокон равновероятны, то есть если общее количество

ориентаций – N , то количество ориентаций, которые совпадают по направлению с тепловым потоком – $N/3$. Таким образом, рассеяние тепла в УВ происходит более интенсивно, чем в исходном полимере. Тем не менее, армирующее УВ увеличивает упорядоченность связующего за счет перехода части макромолекул в граничные слои, что в свою очередь соответствует увеличению теплопроводности материала. При наполнении полиамида 40 масс.% коэффициент теплопроводности возрастает в 2,9 раза по сравнению с ненаполненным, что обеспечивает более эффективный отвод тепла из зоны трения (температура уменьшается на 25%).

Коэффициент температуропроводности материалов характеризует теплоинерционные свойства тела, т.е. скорость изменения температуры в любой точке тела симбатна температуропроводности [3]. Выравнивание температуры во всех точках тела происходит быстрее, если оно имеет высокий коэффициент температуропроводности. В нашем случае удалось повысить температуропроводность в 2,8 раз.

Что касается удельной теплоемкости, то введение УВ приводит к ее снижению на 20%, что может привести к более быстрому нагреву материала в зоне трения, однако эта возможность компенсируется увеличением скоростей отвода тепла и выравнивания температуры.

Трибологические характеристики полученных углепластиков также определяются степенью наполнения. При введении в полиамид 45 масс.% УВ удалось уменьшить интенсивность линейного износа практически на три порядка, а коэффициент трения – в 4,2 раза.

Как показано в табл.1, ударная вязкость углепластиков снижается практически в двое уже при введении 5 масс.%. Известно, что в случае термопластов введение армирующих волокон в полимерную матрицу снижает ударную вязкость из-за значительных повреждений волокон в процессе совмещения с исходным полимером, что ограничивает области применения данных материалов при ударных нагрузках. Однако, шариковая опора башни бронетранспортеров не подвержена сильным ударным нагрузкам, поэтому для радиально-упорного подшипника ударной вязкости 23 кДж/м^2 будет более чем достаточно.

Проанализировав свойства разработанных углепластиков и условий, в которых им предстоит работать, оптимально выбрали 30 масс.% наполнения.

Как видно из табл.2, увеличение пути трения приводит к уменьшению коэффициента трения. Это связано с образованием на контртеле пленки переноса благодаря которой дальнейшее трение осуществляется по схеме полимер – полимер, что позволяет избежать износа не только шаров, но и колец радиально-упорного подшипника.

Таблица 2. Динамика изменения коэффициента трения углепластика содержащего 30 масс.% УВ при нагрузке 0,6 МПа

Скорость, м/с	Пробег, м									
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
1,0	0,24	0,23	0,24	0,24	0,19	0,18	0,17	0,14	0,17	0,17
1,5	0,23	0,21	0,23	0,23	0,20	0,24	0,25	0,20	0,17	0,18
2,0	0,34	0,34	0,31	0,31	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,16
2,5	0,27	0,23	0,23	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14

Сравнительные характеристики шаров радиально-упорного подшипника. Для сравнения характеристик было выбрано два аналоговых материала, выпускаемых Россией. Трибологические испытания проводили на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме пальчик-диск. Определение разрушающего напряжения и относительных деформаций при сжатии проводили согласно ГОСТ 4651-78 на испытательной машине FP-100. Исследование термостойкости образцов материалов осуществляли на дериватографе Q-1500Д. Результаты представлены в табл.3 и табл.4.

Таблица 3. Зависимость трибологических характеристик исследуемых материалов от нагрузки при трении без смазки

Показатели			Материал			
			Углепластик	Аналог 1	Аналог 2	
Нагрузка, МПа	1,0	Износ, мг	0,02	0,03	6,88	
		Износ, мкм	0,22	0,3	62,5	
		Коэф. трения	0,22	0,22	0,32	
		Температура в зоне трения, К	338	335	341	
	1,5	Износ, мг	0,03	0,15	9,48	Образец оплавился
		Износ, мкм	0,33	1,5	86,2	
		Коэф. трения	0,3	0,31	0,27	
		Температура в зоне трения, К	359	348	356	
	2,0	Износ, мг	0,89	1,3	-	
		Износ, мкм	9,89	13,1	-	
		Коэф. трения	0,36	0,21	-	
		Температура в зоне трения, К	383	268	-	
Предел прочности при сжатии, МПа			148	134	88	
Относительная деформация, %			19,7	7,1	25	

* Скорость скольжения 0,8 м/с, путь трения 1000 м, образец Ø 10 x 14 мм, к.о. Ø 50 x 12 мм, HRC 50, Ra 0,4 мкм.

Из табл. 3 видно, что углепластик по износостойкости при нагрузке 1 МПа превосходит в 1,5 и 35 раз аналог 1 и аналог 2 соответственно. С увеличением нагрузки до 1,5 МПа превосходство увеличивается и составляет – 5 и 300 раз. При нагрузке 2 МПа аналог 2 не работоспособен, аналог 1 – в 1,4 раза больше изнашивается, хотя коэффициент трения при этой нагрузке у аналогового материала в 1,7 раз меньше.

Таблица 4. Термические свойства материалов

Материал	T ₁₀ , К	T ₂₀ , К	T ₃₀ , К	T ₅₀ , К
Углепластик	748	783	843	993
Аналог 1	603	643	733	913
Аналог 2	583	603	613	628

* T₁₀, T₂₀, T₃₀, T₅₀ – температуры 10, 20, 30, 50 % потери массы образца.

При видимом превосходстве разработанного углепластика по триботехническим характеристикам, он также превосходит аналоги по пределу прочности, сохраняя возможность упруго деформироваться без разрушения. При этом во всем исследованном интервале температур по термостойкости он превосходит на 9 – 24 и 29 – 58 % аналог 1 и аналог 2, соответственно (см. табл. 4).

Производственные испытания. Учитывая комплекс свойств, которыми обладает разработанный углепластик, было принято решение передать партию шаров Ø 25,4⁺⁰² на Житомирский бронетанковый завод для проведения испытаний в поворотном устройстве башни бронетранспортера и изучения возможности замены серийных деталей.

На данный момент, партия шаров успешно прошла 4 цикла стендовых испытаний, и было принято решение о пробном запуске бронетранспортеров, укомплектованных шарами из углепластика на эксплуатационные испытания.

Выводы.

Таким образом, в результате проведенных исследований доказана эффективность использования УВ для армирования полиамидов с целью улучшения их эксплуатационных характеристик. Установлено, что оптимальное содержание УВ в разработанных углепластиках обеспечивает повышение износостойкости базового материала на три порядка и улучшение исследованных свойств. Полученные результаты лабораторных исследований позволили сконструировать пресс-форму и изготовить экспериментальные партии деталей для передачи их на испытания Житомирскому бронетанковому заводу. Экспериментальные детали из углепластика успешно прошли 4 цикла стендовых заводских испытаний, что позволило их рекомендовать для прохождения эксплуатационных испытаний.

Литература:

1. Назначение БМП. – Студопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://studopedia.info/2-107607.html>
2. Кацнельсон, И.Ю. Пластмассы: Свойства и применение: справочник [Текст] / И.Ю. Кацнельсон, Г.А. Балаев. – Л.: Химия, 1978. – С. 290 – 291.
3. Годовский Ю.К. Теплофизические методы исследования полимеров [Текст] / Ю.К. Годовский. – М.: Химия, 1976. – С. 216.

К.Ф.Боряк, О.Ф.Дяченко

Одеська державна академія технічного регулювання та якості

ПЛАЩ-НАКИДКА ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ ДЛЯ МАСКУВАННЯ ВІД ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ПРИЛАДІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗВІДКИ

Сучасний стан існуючої проблеми. Військовий конфлікт на сході України виявив слабкі місця в обороноздатності нашої держави. Однією з проблем є низький рівень оснащення підрозділів ЗС України, батальйонів Національної гвардії, а також спецпідрозділів МВС та СБУ сучасними технічними засобами для ведення розвідки і виявлення противника. На відміну від противника, який широко використовує на своїх блок-постах для спостереження тепловізійні та інші прилади нічного бачення, а також сигналізації, що працюють в автоматичному режимі, при виявленні. Особовому складу Збройних Сил України не вистачає сучасних індивідуальних маскувальних засобів від тепловізійних приладів спостереження і розвідки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких почато вирішення проблеми. Західні аналоги можна купити за ціною від двох з половиною до трьох тисяч євро, що в період економічної кризи, що продовжується в Україні, суттєво гальмує процес оснащення військовослужбовців в зоні АТО необхідними засобами маскування (рис. 1).



Рисунок 1. Маскувальні засоби захисту військовослужбовців від тепловізійних приладів спостереження і розвідки виробництва Німеччина

В кінці квітня цього року керівник суспільного об'єднання «Слава Україні!» Андрій Верлатий організував журналістам в Києві презентацію «костюма-невидимки» для фронтових розвідників, який виглядає як звичайна зимова військова уніформа камуфляжного забарвлення: куртка з капюшоном, штани, рукавички, балаклава, бахіли для черевик (рис. 2).



Рисунок 2. Костюм-невидимка для розвідників з багатошарового матеріалу українського виробництва, розробленого вченими з Харкова, Луганська та Києва.

Тканину для «костюма-невидимки» створили вчені із Харкова, Луганська і Києва. Волонтери, надали їм необхідну фінансову допомогу і в результаті з'явився захисний одяг для розвідників. Тканина вийшла щільною і товстою, оскільки складається з дванадцяти різних шарів і просочена особливим розчином. Верхній камуфлюючий шар тканини досить міцний, його дуже важко порвати і дуже погано горить. Все це робить костюм невидимим для тепловізорів та інших електронних систем виявлення, призначених для стеження в темний час доби. Проте є такі недоліки:

1. на відстані до 20 метрів через тепловізор все ж таки можна розглянути ледве помітний силует військовослужбовця;

2. замочувати і стирати цей костюм не можна, але можна використовувати миючі речовини, а запах поту усувати за допомогою спрею;

3. верхній шар камуфляжної тканини хоч і погано, але все-таки горить;

4. комфорт для військовослужбовця в костюмі забезпечується найкраще у прохолодну пору року, а в жаркий час викликає «парниковий ефект»;

5. відносно висока вартість для українських волонтерів (≈ 600 Євро), враховуючи тенденцію до зниження фінансових ресурсів волонтерських організацій на другому році ведення військових дій на Донбасі.

Таким чином, головними недоліками представленого журналістам костюма-невидимки є залежність його властивості «невидимості» від

погодних умов, а саме, від вологості (туман, дощ, мокрий сніг) і відсутність у військовослужбовця можливості регулювати свій комфорт при експлуатації від зовнішньої температури навколишнього середовища.

Проаналізувавши досвід зарубіжних і вітчизняних фахівців у створенні захисних засобів від тепловізійних приладів виявлення, ми прийшли до висновку, що більшість з них віддає перевагу багатошаровому камуфляжному матеріалу, в якому не менше одного із шарів просочується спеціальним розчином для поліпшення якості поглинання ІЧ-променів. При цьому кожен з розробників пропонує свій секретний рецепт розчину. Проблема в тому, що це вирішує проблему «невидимості» військовослужбовця тільки на короткий момент часу, оскільки процес теплопередачі від нагрітого людського тіла до зовнішньої поверхні захисного одягу відбувається постійно. Людське тіло постійно випромінює ІЧ-хвилі довжиною, приблизно, 8 мкм, а тепловізор працює як пасивний реєстратор цих ІЧ-хвиль. У залежності від різниці між зовнішньою температурою навколишнього середовища і температурою людського тіла навіть при дуже низькому коефіцієнті термічного опору захисного одягу військовослужбовця зовнішня поверхня його костюма-невидимки з часом нагріється і сама стане джерелом ІЧ-випромінювання. Саме це є причиною виявлення внаслідок тепловізором контуру військовослужбовця, одягненого в костюм-невидимку тривалий час. Отже, окрім поглинання ІЧ-променів при створенні захисного одягу необхідно передбачити додатково відвід назовні надлишків нагрітого людським тілом повітря під захисним одягом, щоб запобігти надалі нагріву верхнього зовнішнього шару матеріалу камуфляжу. Причому зробити це треба непомітно для тепловізорів способом.

Мета наших досліджень – це створити в стислі терміни універсальний засіб індивідуального маскування військовослужбовця, який повинен мати потрібні фізичні властивості й одночасно забезпечувати:

1) високий рівень **маскування** військовослужбовця від тепловізійних приладів спостереження і розвідки незалежно від температури навколишнього середовища (зима, літо) і погодних умов (туман, дощ, сніг, вітер, сонце);

2) високий рівень комфорту незалежно від погодних умов навколишнього середовища;

3) високу механічну **міцність** від випадкових пошкоджень вітками чагарників, дерев або різких поривів вітру;

4) високу **водонепроникність**;

5) високу пожежостійкість та захист тіла військовослужбовця від поразки відкритим вогнем або дії високої температури (не підтримувати процес горіння);

6) **малу вагу** для зручності переміщення.

Запропоноване рішення. Вчені з Одеської державної академії технічного регулювання та якості запропонували свій склад багатошарового матеріалу камуфляжу і запатентували його (патент України № 100388). На основі цього матеріалу було виготовлено 6 різних моделей маскувального плащу, призначеного для маскувння військовослужбовця від тепловізійних

приладів спостереження і розвідки. Усі моделі вироблені двосторонніми за принципом маскування «зима-літо». Кожна із сторін камуфляжу використовується залежно від погодних умов і наявності сніжного покриву на землі.

Перша модель плащу класичної конструкції із рукавами, з капюшоном, із захисною маскою по аналогії з моделями костюма-невидимки, розглянутих вище, була випробувана на визначення маскувальних властивостей (рівня «невидимості») за допомогою промислового тепловізора марки «FLUKE Ti9». Через деякий період часу (≈ 15 хвилин) на термографічних знімках плаща-невидимки були виявлені локальні місця концентрації завищеної температури (плями зеленого кольору), які відрізняються від температури навколишнього середовища (синій колір), і це знижує маскувальні властивості одягу в цілому. Тому у наступних моделях №2-6 було прийнято рішення замінити класичну конструкцію плащу на плащ-накидку із прорізами для рук. Отримані результати представлені на рисунку 3.

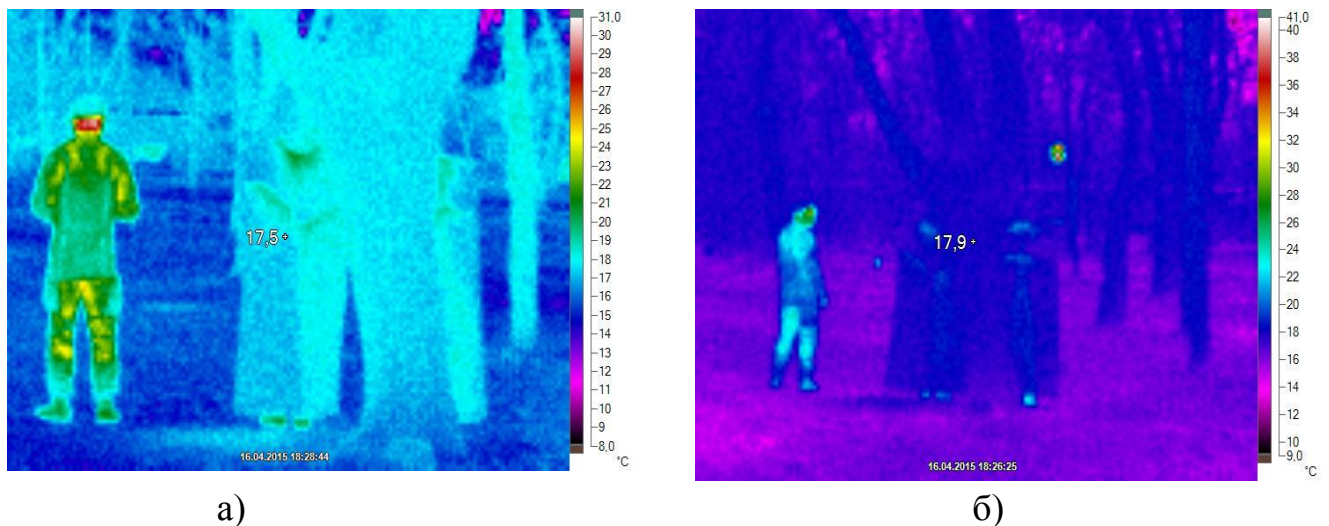


Рисунок 3. Термографічні фотознімки випробування плащ-накидки моделі №5 і №6, відповідно в умовах лісонасадження з відстані: а) 10м; б) 15м на відкритій місцевості з відстані 15м.

Окрім якості маскування мизосередили свою увагу на питанні комфортного перебування військовослужбовця в плащ-накидці незалежно від погодних умов. Саме завдяки заміні класичного костюма на плащ-накидку з'явилася можливість регулювати комфортну температуру повітря всередині одягу природним чином - конвекцією. Через низ плащ-накидки, через отвори для рук і додаткові бічні вентиляційні отвори, розташовані вище поясу в районі грудної клітки військовослужбовця і з протилежного боку на спині, із зовні поступає охолоджене повітря, яке змішується з внутрішнім і тим самим знижує його температуру, а потім на малій швидкості розсіюється через спеціальні отвори (клапани), які розташовані в самих верхніх точках плащ-накидки – на плечах і на коміру в області шиї. Задача звузилась до підбору кількості, форми, геометричних розмірів, місць розміщення вентиляційних отворів і клапанів відведення нагрітого людським тілом повітря та його повільне і непомітне для тепловізора розсіювання у навколишнє середовище.

Моделі №5 і №6 плащ-накидки додатково містять один шар теплоізолюючого матеріалу для зменшення коефіцієнта теплопередачі, що дозволяє військовослужбовцю цілодобово і тривалий час комфортно перебувати в екстремальних погодних умовах (сніг, мороз, дощ, град, вітер) без впливу на фізичний стан свого здоров'я.

Рекомендації щодо застосування. Найефективніше запропоновану маскувальну плащ-накидку можна використовувати військовослужбовцями, які несуть патрульно-постову службу на блокпостах в зоні проведення бойових дій або по охороні державного кордону, снайперам, яким доводиться тривалий час знаходитися на позиціях в несприятливих погодних умовах, лежачи на снігу або в земляному окопі.

При використанні нашої плащ-накидки військовослужбовцями в розвідці слід враховувати, що вона має один недолік - це можливе «легке шелестіння» маскувального матеріалу при швидкому пересуванні по місцевості. Інших обмежень по застосуванню плащ-накидки немає.

Висновки. На підставі проведених натурних експериментів з моделями №5 і №6 плащ-накидки можна зробити наступний висновок. Запропонований новий варіант маскувального плащу-накидки робить військовослужбовця в нічний час доби менш помітним для супротивника, оснащеного тепловізійними приладами спостереження або приладами нічного бачення з інфрачервоним підсвічуванням. Окрім маскувальних властивостей, плащ-накидка додатково має ще такі корисні фізичні властивості як: термостійкість, механічна міцність, водонепроникність, пожежобезпечність, компактність та легкість для переміщення.

Окремо треба відзначити економічну привабливість запропонованого нового маскувального засобу військовослужбовця від тепловізійних приладів спостереження і розвідки – це його собівартість виготовлення, яка в 20 разів менше зарубіжних і в 5 разів менше за українського аналогу. При однаковому об'єму матеріально-технічного фінансування, який заплановано на придбання маскувального одягу, можна буде врятувати більше людських життів, якщо перевагу віддати нашому плащу-накидці.

Шембель О.М., Маркевич О.В., Максютя І.М., Коломоєць О.В., Задерей Н.Д., Недужко Л.І., Апостолова Р.Д., Песков Р.П., Артамонов В.Г.

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

**ІННОВАЦІЙНІ ВИСОКОЕНЕРГОЄМНІ ЛІТІЄВІ ТА ЛІТІЙ-ІОННІ
ДЖЕРЕЛА СТРУМУ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ПОРТАТИВНОЇ ТЕХНІКИ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.
РОЗРОБКИ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ХІМІЧНИХ
ДЖЕРЕЛ СТРУМУ (НДЛ ХДС) ДВНЗ УДХТУ**

Літій-іонні акумулятори (ЛІА) сьогодні є пріоритетним хімічним джерелом живлення (ХДС) для широкого використання в різних областях життєдіяльності сучасного індустріального суспільства - альтернативна енергетика, розвиток високотехнологічних галузей, розвиток індустрії електромобілів, вдосконалення військової техніки, екологічна безпека та інші.

Переваги літєвих акумуляторів проявляються в тому, що їх енергетичні характеристики та термін зберігання без істотної втрати енергії значно вище, а діапазон робочих температур ширше, особливо в області негативних температур, в порівнянні з традиційними хімічними джерелами струму. У той же час залишаються проблеми, які повинні бути вирішені для подальшого розширення успішного використання літєвих джерел струму: зниження вартості, підвищення безпеки використання, застосування доступних і екологічно безпечних матеріалів для електродів та електролітів.

Науково-дослідна лабораторія хімічних джерел струму ДВНЗ УДХТУ має багаторічний досвід розробок, виготовлення та впровадження у виробництво літєвих джерел струму. Особливе значення мають розробки високоенергоємних інноваційних літєвих джерел струму, заснованих на використанні вітчизняних сировинних матеріалів: марганцевої руди для катодних матеріалів; природного графіту для анодних матеріалів. В даний час в Україні немає виробництва літєвих високоенергоємних джерел струму.

Метою проведених досліджень і розроблених технологій є організація виробництва в Україні високоенергоємних літєвих ХДС, і забезпечення незалежності України від зарубіжних постачальників джерел струму.

На виставці представлені перспективні розробки високоенергоємних літєвих джерел струму:

1. Високоенергоємне джерело струму Li-MnO_2 . Технологія хімічного синтезу MnO_2 з використанням українських марганцевих руд розроблена спільно з компанією Enerize Corporation. Отриманий патент України, подана заявка на патентування в США.

Елементи Li-MnO_2 виготовлені в циліндричних (316 і 343) та плоских і дискових габаритах.

2. Високоенергоємний літій-іонний акумулятор $\text{Li} - \text{LiMn}_2\text{O}_4$.

Літій марганцева шпінель виготовлена на основі хімічно синтезованого MnO_2 з використанням українських марганцевих руд. Анод виготовлений з

використанням українських природних графітів. Літій-іонний акумулятор виготовлений в різних габаритах плоских і дискових елементів.

Перспективним є тонкий гнучкий літій - іонний акумулятор для роботи в гібридній системі з тонким гнучким сонячним елементом.

3. Високоенергоємне літієве джерело струму Li-FeS_2 на основі природного піриту. Розроблено в габаритах інноваційного мініатюрного циліндричного елемента, циліндричних елементів 316 і 343 та дискових елементів. Особливе значення має перспективний зразок резервного джерела струму.

При розробці літієвих джерел струму в НДЛ ХДС здійснюється спрямована розробка та оптимізація активних електродних мас і технології виготовлення електродів, неводних неорганічних електролітів та отримання високоенергоємного літій-іонного акумулятора з високими і стабільними електрохімічними характеристиками при довготривалому циклуванні.

Високоенергоємне джерело струму Li-FeS_2

Було проведено цикл робіт по встановленню впливу фракційного складу активної речовини та оптимального складу електроліту на електрохімічні характеристики ХДС.

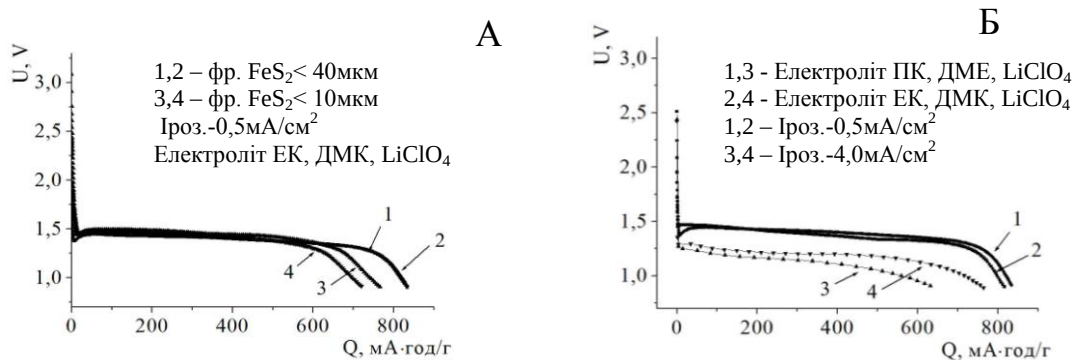
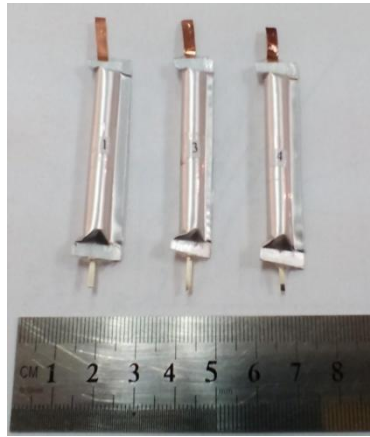


Рисунок 1 – Залежність електрохімічних характеристик FeS_2 -електроду від фракційного складу FeS_2 (А) і складу електроліту (Б).

Обґрунтовано, що кращі електрохімічні характеристики отримані при розмірі фракції FeS_2 менше 40 мкм (рис.1.А, кр.1,2) в електроліті ЕК, ДМК, LiClO_4 (рис.1.Б, кр.2,4).

На сьогодні колективом НДЛ ХДС розроблена лабораторна технологія виготовлення прототипів циліндричних резервних батарей системи Li-FeS_2 , яка дає можливість реалізувати високу питому енергію готових елементів при генерації високої потужності. Виготовлені елементи здатні до циклування, що видно з рис.4. В розробленому вигляді елементи можуть бути представлені потенційним Замовникам для незалежних випробувань.

На рис. 2 – 4 представлені фотографії зовнішнього вигляду розроблених елементів Li-FeS_2 , та заряд-розрядні характеристики і порівняльні характеристики розробленого зразка з прототипом, виробом фірми Energizer, з катодом на основі FeS_2 .



Габарити, мм – висота 55,0; діаметр 6,3. Вага розробленого елементу НЛЛ ХЛС – 2,37 г.

Рисунок 2 – Зовнішній вигляд розроблених та виготовлених в НДЛ ХДС циліндричних елементів системи Li – FeS₂.

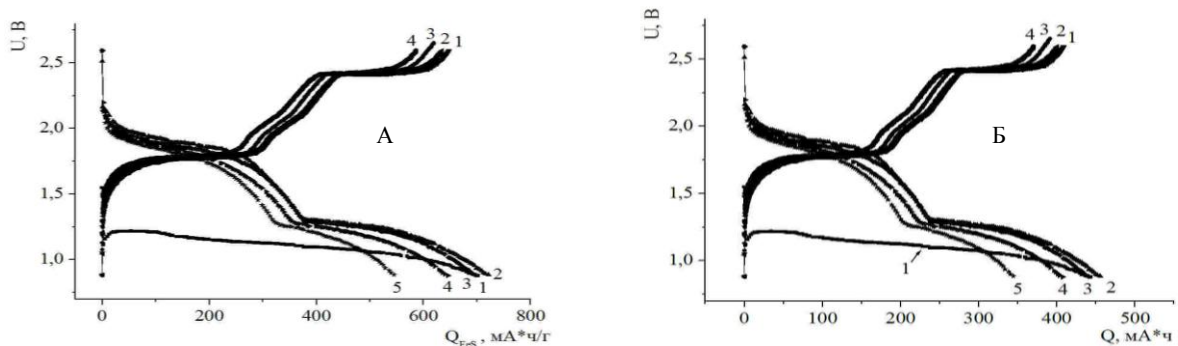
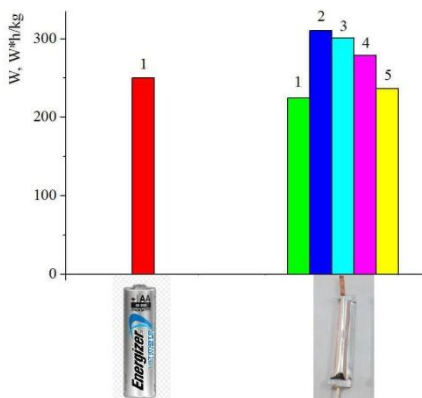


Рисунок 3 – Розряд-зарядні характеристики виготовленого елемента системи Li – FeS₂. Струм розряду 4 мА/см² (164 мА). Струм заряду 0,5 мА/см² (20,5 мА). Температура циклування +25 °С.

А – Розрядна ємність в розрахунку на вагу FeS₂;

Б – Розрядна ємність батареї. Діапазон циклування: 0,9 – 2,6 В.

Цифри на кривих – номери циклів.



Цифри на діаграмі – номери циклів.

Порівняння проводили при струмовому навантаженні: для елемента Energizer: 1000 мА, або 66,6 мА/г в перерахунку на вагу всього елемента); для розроблених циліндричних резервних елементів НДЛ ХДС: 164 мА, або 69,2 мА/г в перерахунку на вагу всього елемента.

Вага елемента фірми Energizer – 15 г.; висота 48,5 мм; діаметр 14,5 мм.

Рисунок 4 - Діаграма порівняння величин питомої вагової енергії первинних елементів Li – FeS₂ в габариті AA компанії Energizer (серія ultimate lithium) та розроблених і виготовлених циліндричних резервних батарей НДЛ ХДС на різних стадіях циклування.

В табл.1 приведені енергетичні характеристики виготовлених та випробуваних елементів Li-FeS₂. Величина питомої енергії, розрахована на вагу всього елемента 2,37 г (див. рис.2).

Таблиця 1– Енергетичні характеристики елементів Li-FeS₂

№	Вага батареї, г	№ розр. циклу	I_p , мА/см ² / мА	Q_{FeS_2} , мА*г/г	Q , мА*г	$U_{серед.}$ розряду, В	W , Вт*г/кг
1	2,368	1	4 / 164	717,9	443,9	1,2	224,9
		2		743,6	459,7	1,6	310,6
		3		720,7	445,6	1,6	301,0
		4		667,8	412,9	1,6	278,9
		5		566,0	349,9	1,6	236,4
3	2,320	1	0,5 / 20,5	821,8	504,9	1,32	287,2
		2		770,2	473,1	1,73	352,7
		3		755,6	464,1	1,73	346,0

Розроблена конструкція плоскої гнучкої первинної батареї системи Li-FeS₂ з радіусом кривизни не більше 100мм, в габаритах 100 х 50 х 5 мм. Батарея включає 3 елементи Li– FeS₂. Вага батареї 34г. Напруга 4,5 В (4,2 В при струмі розряду 100мА). Термін зберігання 10 років з дати виготовлення. Характеристики батареї представлені на рис.5.

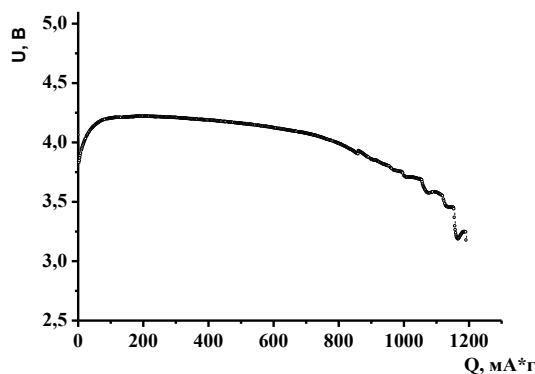


Рисунок 5 – Розрядна характеристика батареї Li-FeS₂. Габарити 100 х 50 х 5 мм. Струм розряду 100 мА. Температура 24 °С. Кінцева напруга розряду 3 В.

Елементи Li-FeS₂ були виготовлені при виконанні договору з Міністерством освіти і науки України.

Високоенергоємне джерело струму Li-MnO₂

Розробки джерела струму з катодним матеріалом на основі хімічно синтезованого діоксиду марганцю (MnO₂) вітчизняного виробництва показали переваги розробленого діоксиду марганцю над аналогічним матеріалом інших компаній. Розроблені елементи різних типорозмірів: циліндричні (габарит 343, 316) з характеристиками $U_p = 3,0$; $Q = 5,5 \text{ А} \cdot \text{г}$; $I_p = \text{до } 500 \text{ мА}$; призматичні гнучкі (25х80х2)мм з $U_p = 3,0$; $Q = 0,85 \text{ А} \cdot \text{г}$.

Отриманий MnO₂ використовували для синтезу катодного матеріалу літій-іонного акумулятора – шпінелі LiMn₂O₄.

Високоенергоємний літій-іонний акумулятор Li- LiMn_2O_4

Для підвищення експлуатаційних характеристик ЛІА з катодом на основі LiMn_2O_4 -шпінелі проводили її поверхневу модифікацію. Із вибраного масиву результатів, кращі показники за величиною оборотної ємності і тривалості циклування має електрод на основі літій марганцевої шпінелі, модифікованої Al_2O_3 . Його питома розрядна ємність протягом 750 циклів змінилася від 110 до 85,5 $\text{mA} \cdot \text{год} / \text{г}$ шпінелі, ступінь деградації склала 0,03 mA годин / г за цикл.

За результатами досліджень подана заявка в Укрпатент на спосіб модифікації шпінелі для видачі охоронного документу на право промислової власності.

На основі результатів модифікованих електродних матеріалів і електроліту створено тонкошаровий гнучкий ЛІА, електродна структура якого має питому вагову енергію 163 $\text{Вт} \cdot \text{год} / \text{кг}$; питому об'ємну енергію 450 $\text{Вт} \cdot \text{год} / \text{см}^3$, що на 20% вище, в порівнянні із зарубіжними аналогами (135 $\text{Вт} \cdot \text{год} / \text{кг}$). Проведені випробування розроблених макетів ЛІА в гібридній енергетичній установці з сонячним тонким гнучким елементом при освітленні 8300 і 18000 люкс при струмах заряду 0,1 С та 0,2 С.

Отримані результати наглядно демонструють ефективність роботи гнучкого літій-іонного акумулятора в парі з сонячним елементом (рис. 6).

Ємність розробленого гнучкого літій-іонного акумулятора склала 120 $\text{mA} \cdot \text{год}$, що відповідає номінальній ємності акумулятора.

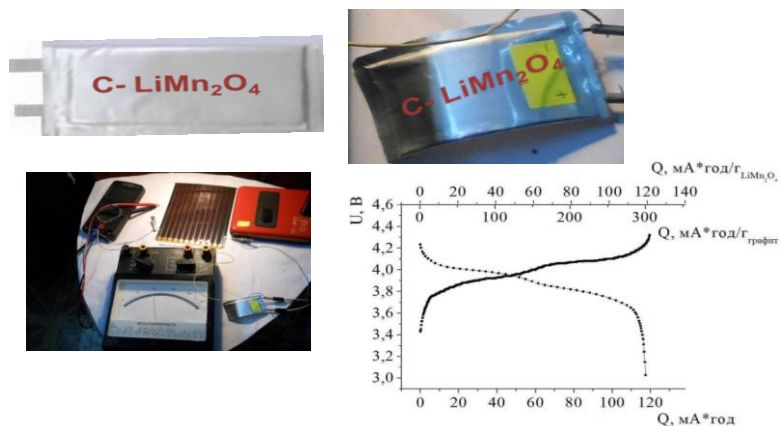


Рисунок 6 – Зовнішній вигляд і характеристики акумулятора $\text{C} - \text{LiMn}_2\text{O}_4$ при роботі в парі з сонячним елементом.

Розроблені в НДЛ ХДС первинні літієві ($\text{Li} - \text{FeS}_2$; $\text{Li} - \text{MnO}_2$) джерела струму пройшли успішні випробування в приладах спеціального призначення МВС України м. Дніпропетровська та м. Хмельницького. Літій-іонний акумулятор $\text{C-LiMn}_2\text{O}_4$ в габаритах (30x40x10)мм з розрядною ємністю 500 $\text{mA} \cdot \text{год}$ при струмі розряду 100 mA було виготовлено при виконанні договору з Міністерством освіти і науки України.

Черваков О.В., Суворова Ю.О., Андріянова М.В.

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

АНТИКОРОЗІЙНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ І ВИРОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Надійність та стабільність функціонування у різних погодно-кліматичних умовах – одна з найважливіших вимог, що висувається до воєнної техніки в умовах сьогодення. Лакофарбове покриття є головним засобом захисту металічних поверхонь від дії атмосферних та агресивних середовищ, механічних пошкоджень та ін. Фарбування лакофарбовими матеріалами зазвичай проводиться в тих випадках, коли висуваються підвищені вимоги до експлуатаційних якостей покриття, його довговічності і в той же час декоративним властивостям. Вся промислова та військова техніка, об'єкти і споруди вимагають якісного довготривалого захисту. Тому питання якості лакофарбових матеріалів, що застосовуються при виробництві військової та промислової техніки, є надзвичайно актуальним.

На кафедрі Хімічної технології високомолекулярних сполук Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» розроблено лакофарбові покриття на основі епоксифенольних композицій, отриманих шляхом суміщення бутанолізованого дифенілолпропан-формальдегідного олігомера (БДФО) та епоксидної смоли ЕД-20 на холоді (при 20°C).

Розроблені композиції при кімнатній температурі здатні утворювати плівки покриття з високим комплексом фізико-механічних властивостей (твердість до 0,6 ум.од., еластичність покриття – близько 1 мм, висока адгезія до металів, у тому числі і до алюмінієвих сплавів).

За оцінкою стійкості та терміном експлуатації покриття на основі розроблених епоксифенольних композицій при товщині 80-120 мкм характеризуються відмінними бар'єрними та антикорозійними властивостями при експлуатації в атмосфері С4 з прогнозованим терміном захисту до 5 років.

При нанесенні композиції у вигляді лаку або емалі утворюється довговічне, міцне і атмосферостійке покриття, яке не тільки захищає військову техніку, а й маскує її в реальних умовах незалежно від часу доби і сезону. Маскувальний ефект досягається за рахунок спеціальних властивостей покриття, правильного підбору кольорової гами та відсутності відблисків і віддзеркалень.

Крім того, ці матеріали технологічні при нанесенні, не вимагають високотемпературної сушки, «працюють» в широкому діапазоні температур. Дослідження підтвердили, що матеріал здатний витримувати тривалий вплив активного УФ випромінювання, не вигоряє, не жовтіє під впливом атмосферних факторів і має виняткову стійкістю до агресивних середовищ. Емаль на основі епоксифенольної композиції стійка до впливу прісної і морської води, бензину, дизельного палива, індустриальних масел та ін.

Завдяки цим особливостям пофарбовані емаллю або вкриті лаком об'єкти можуть нести службу, як в арктичних широтах, так і в зонах субтропічного клімату.

Зразки матеріалів, які можуть використовуються при виробництві військової, будівельної, сільськогосподарської техніки, залізничного та міського транспорту продемонстровані на виставці.

Черваков Д.О., Герасименко К.О.

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

КУЛЕТРИВКІ СИСТЕМИ З ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сучасний стан систем індивідуального та групового захисту військовослужбовців збройних сил України та постійна агресія з боку терористичних організацій під проводом РФ потребує від небайдужих вчених України створення нових полімерних та композиційних матеріалів, або адаптованих під місцеве виробництво систем балістичного захисту.

На сьогоднішній день лідером по розробці систем балістичного захисту є США. Компанії, що працюють в цій галузі мають ряд унікальних систем індивідуального (каска та шоломи марки Spectra, які виробляються з надмолекулярного поліетилену; системи для штурмових загонів DragonSkin, що являють собою комбінування матеріалів на основі надмолекулярного поліетилену, тканини на основі Kevlar, та спеціальних керамічних пластин) та групового (балістичні панелі з полікарбонату Hygard, Armor-Gard, Tuffak та багато інших) захисту. Системи групового захисту виготовляються, як з чистого полікарбонату, так і комбінованого зі склом різної твердості.

Якщо системи індивідуального захисту надаються партнерами України у достатній кількості, то системи групового захисту не застосовуються або застосовуються у техніці, що надавалась як допомога (HMMWE “Humvee”).

Балістичні панелі з полікарбонату виготовляються з урахуванням вимог до їх кулестійкості та мають досить високу вартість, так панелі Hygard 5-6 рівня, що здатні захистити від куль калібру 7,62 різного типу та уламків мінометних або гарматних снарядів, коштують близько 1000-1500 доларів США за 1 кв.м. та витримують близько 3-5 пострілів, після чого їх потрібно демонтувати.

В ході даної роботи враховувалось те, що елементи балістичних панелей повинні масово вироблятись в Україні.

Вимоги, які висувались до готової продукції були наступні: повна стійкість до дії цільнометалевих куль калібром до 7,62 мм; повна стійкість до дії цільнометалевих куль, що випущені з пістолетів, калібром до 9 мм; повна стійкість до свинцевих куль, що випущені з мисливської зброї; повна стійкість до дії елементів, що утворюються при вибуху мінометних та гарматних снарядів; повна стійкість до дії куль зі зміщеним центром ваги калібром до 10,3 мм; повна стійкість при використанні куль з карбіду вольфраму калібром до 7,62 мм.

Технологія створення комбінованих балістичних панелей на основі полікарбонату полягає у комбінуванні полімерних матеріалів з високою в'язкістю руйнування та твердого мінерального скла. При виготовленні балістичних панелей застосовувалась удосконалена класична схема: прошарки панелей з полікарбонату комбінувались з прошарками нарізаного загартованого скла. Товщина прошарку з полікарбонату (ПК) складала 8 мм, товщина прошарку з загартованого скла (КС) складала 3 мм. Комбінація

матеріалів була наступна: ПК-ПК-КС-ПК-ПК-КС-ПК. Загальна товщина панелі складала 46 мм.

Випробування розробленого матеріалу проводилось в реальних умовах на полігоні ЗС України. Результати балістичних випробувань та приклад руйнування розробленої композиції наведено на рис 1.



Рис. 1 Зовнішній вигляд балістичної панелі після обстрілу кулями різного калібру та типу

Було відзначено, що такий матеріал вельми потрібен. Окремий експериментальний зразок було встановлено на колісний транспортний засіб, що на жаль був знищений при наступі терористичних військ на Дебальцевському напрямку.

В залежності від конкретних цілей можливі різноманітні комбінації прошарків полікарбонату та скла, варіації товщини полікарбонату та скла і ступеня загартування скла.

Перерва В.О., Карпович О.В.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПОЛИМ КАТОДОМ ВИСОКОМІЦНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВУ VT6C

При існуючих високих цінах на титан його застосовують переважно для виробництва військового обладнання, де головна роль належить не вартості, а технічним характеристикам. Проте відомі випадки використання унікальних властивостей титану для цивільних потреб. Світове зниження цін на титан та зростання його виробництва більше розширює застосування цього металу в військових і цивільних цілях.

В області літакобудування та виробництва авіаційних двигунів титан все більше витісняє алюміній і нержавіючу сталь. З підвищенням температури алюміній швидко втрачає свою міцність. Перевага заміни сталі титаном в авіації полягає в зниженні ваги без втрати міцності. Економія у вазі в один кілограм дозволяє зберігати до 10 кг в загальній вазі літака завдяки полегшенню фюзеляжу. З легovanого титану виготовляються різні елементи жорсткості, шпангоути фюзеляжу, нервюри, трубопроводи та протипожежні перегородки і т.п..

Застосування титану в військово-морській справі включає виготовлення вихлопних глушників для дизельних двигунів підводних човнів, дисків вимірювальних приладів, тонкостінних труб для конденсаторів і теплообмінників. Стосовно до дисків вимірювальних приладів, що працюють в умовах зіткнення з солоною водою, бензином або олією, титан забезпечить кращу стійкість. Розглядається можливість виготовлення з титану антен і вузлів радіолокаційних установок, від яких потрібна стійкість до впливу димових газів і морської води.

Найбільшим потенційним споживачем титану може з'явитися артилерія, де в даний час ведуться інтенсивні дослідження різних дослідних зразків. Були досліджені різні деталі артилерійського обладнання з точки зору можливості заміни титаном звичайних матеріалів за умови зниження цін на титан. Головна увага приділялася деталям, для яких істотно зниження ваги (деталі, що переносяться вручну і перевозяться по повітрю).

Широке застосування титан може отримати при виробництві керованих снарядів і ракет.

Сплави титану підвищеної якості дозволяють сподіватися на можливість заміни сталевих деталей титановими рівної товщини, що дає економію у вазі до 44%. Промислове застосування титану дозволить забезпечити більшу маневреність, збільшить дальність перевезення і довговічність знаряддя.

Застосування титану в різних галузях промисловості також пов'язано і зі знаходженням оптимального способу його зварювання. Виготовлення кожного відповідального виробу тягне за собою багато специфічних технологічних вимог.

Найбільш затребуваний високоміцний титановий сплав, який набув поширення в авіації та ракетобудуванні це ВТ6С.

Основним видом зварювання деталей з високоміцного титанового сплаву ВТ6С на даний час є зварювання зануреною дугою. Структурні перетворення, які відбуваються при цьому дуговому зварюванні в шві і біля шовної зони, часто чинять негативний вплив на показники конструктивної міцності з'єднань. Основні недоліки застосовуваного методу пов'язані з тим, що при дугових методах зварювання вольфрамовим електродом довжина дуги є вельми чутливим параметром процесу зварювання, зі зміною якого істотно змінюється проплавляюча здатність і, отже, геометрія зварного шва.

Застосування процесу електронно-променевого зварювання (ЕПЗ) для отримання конструкцій з титанових сплавів вирішує недоліки дугових способів. Унікальні властивості цього способу зварювання (автономність по відношенню до зварювального виробу, можливість зварювання в глибоких щілинах, висока питома щільність енергії в плямі нагріву і т.п.), дозволили розробити економічні конструкції, забезпечити можливість отримання з'єднань металів, які раніше не зварювались. Однак поряд з існуючими позитивними властивостями процесу ЕПЗ є і ряд недоліків: складність обладнання, застосування високої прискорюючої напруги і, як наслідок, наявність додаткового захисту від рентгенівського випромінювання, необхідність обслуговування установки висококваліфікованим зварником-оператором, що ускладнює широке впровадження зварювання електронним променем.

Прагнення об'єднати переваги вакуумного захисту з надійністю обладнання для дугового зварювання плавленням призвело до створення зварювання порожнистим катодом в вакуумі. Спосіб зварювання в вакуумі порожнистим катодом дозволяє виключити зазначені недоліки зануреної дугою і отримати дугу з однаковою проплавляючою здатністю при коливаннях її довжини у великому діапазоні. Крім того, зварювання порожнистим катодом в вакуумі забезпечує високу ступінь захисту металу, підвищену концентрацію теплової енергії і не потребує застосування складного високовартісного устаткування, як при електронно-променевому зварюванні. Однак даний метод зварювання має обмежене застосування у виробництві через недостатню вивченість самого процесу, відсутність систематичних даних по зварювальним властивостям порожнистого катода і, як наслідок, відсутність методик для вибору параметрів режиму зварювання порожнистим катодом.

Весь комплекс випробувань, що визначає працездатність виробу, можна провести тільки після його виготовлення. Отже, про якість з'єднань, зварених порожнистим катодом, в даний час можна судити тільки по порівняльним випробуванням і металографічним дослідженням, проведеним на зразках, виготовлених за новою технологією і за допомогою зварювання зануреною дугою. Такі випробування і дослідження були проведені.

Дослідження мікроструктури зразків показало, що розміри зерна металу шва і зони сплаву при зварюванні як зануреною дугою, так і порожнистим катодом ідентичні. Однак, на механічні властивості зварних

з'єднань великий вплив робить не тільки розмір зерна, а й характер кристалізації зварювальної ванни. У зв'язку з цим макродослідженням піддавалися поперечні і поздовжні перетини шва зразків, виконаних обома способами зварювання.

Проведені дослідження структури показали, що макро- і мікроструктура пластин, зварених обома видами зварювання, аналогічна і характерна для зварних з'єднань зі сплаву ВТ6С, а наявність газонасиченого шару не робить негативного впливу з утворенням тріщин.

Дослідження механічних властивостей показало, що властивості зразків, зварених порожнистим катодом в вакуумі повністю відповідають технологічним вимогам.

Порівняння отриманих результатів з використовуваним способом зварювання зануреною дугою дає такі позитивні результати:

- збільшення середнього значення міцності;
- зменшення значень розкиду міцності в два рази;
- збільшення ударної в'язкості для товщини 5мм;
- зменшення значень розкиду ударної в'язкості в два рази для товщини 5мм.

Отримані результати механічних характеристик зварного шва і зони термічного впливу показують переваги методу зварювання титанових сплавів порожнистим катодом для виготовлення виробів товщиною до 8мм. Високий ступінь продуктивності роблять дану технологію перспективною.

Калафатова Л.П.¹, Поколенко Д.В.²

¹Донецький національний технічний університет,

²Костянтинівське державне науково-виробниче підприємство "Кварсит"

СИТАЛОКЕРАМІКА - ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛУ ІЗ ЗАДАНИМИ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РАКЕТ

На даний момент важливі елементи ракетної техніки, наперед за все, обтічники ракет, які мають вигляд тонких оболонок складної просторової форми (див. рисунок), в Україні виробляються із ситалів і кварцової кераміки - важкооброблюваних крихких неметалевих матеріалів.



Рисунок - Приклад конструкції головного радіопрозорого обтічника авіаційної ракети

Ці матеріали і технології їх обробки були розроблені ще за часів СРСР. У зв'язку з підвищенням вимог до виробів аналогічного класу виникла необхідність у розробці нових матеріалів, що мають більш високі тактико-технічні показники з урахуванням раціонального використання високовартісних компонентів у їх складі. Так, наприклад, для виготовлення ситалів потрібні такі компоненти як Al_2O_3 , BaO , Li_2O та інші. Для виготовлення кварцової кераміки необхідні гірничий кришталь і небезпечні для людини пропитки на основі формальдегідних смол. Усі ці компоненти купуються за мережами України, здебільше у Російській Федерації. Крім того, виготовлення

ситалів передбачає застосування вартісної технології скловаріння, відпалу, кристалізації. Використовуваний при цьому спосіб отримання заготовок (центробіжне лиття) забезпечує отримання заготовок з великою товщиною стінки, що вимагає великих обсягів алмазно-абразивної обробки для приведення їх до необхідних геометричних розмірів, що супроводжується нераціональним розходом матеріалів і енергоресурсів. Тому розробка нових крихких неметалевих матеріалів, які мають необхідні експлуатаційні характеристики при більш сприятливій оброблюваності, є одним із перспективних шляхів щодо підвищення ефективності процесів виготовлення відповідних виробів - обтічників ракет і літаків, які при наявності всіх потрібних експлуатаційних характеристик були би більш дешевими, менш важкооброблюваними, що є актуальним для ракетобудівної галузі України. До цього необхідно додати потрібність оптимізації режимів і умов шліфування цих матеріалів за методиками, що враховують нестационарність процесу обробки і можливість позитивного впливу на його протікання

шляхом відповідного підбору раціональних значень вхідних параметрів технологічного процесу.

Одним із варіантів вирішення цього завдання є розробка такого матеріалу як ситалокераміка літій алюмосилікатного складу, яка здійснена на підприємстві "Кварсит" (Пат. 66133U Україна, МПК СОЗС 10/00). Цей матеріал відповідає всім необхідним експлуатаційним характеристикам виробів і на стадії виготовлення заготовки дозволяє провадити переробку відходів виробництва ситалів, міняючи вартісні процеси скловаріння і відпалу, а також полегшити механічну обробку (Пат. 66132U Україна, МПК СОЗС 10/00). Використання керамічної технології для виготовлення виробів із ситалокераміки дозволить: займатися переробкою відходів від склотехнологій, які складають до 60% від загального обсягу компонентів; відмовитися від закупок природного газу, який є основним енергоносієм при скловарінні і становить до 30% собівартості готової продукції; сумістити процес кристалізації і відпалу до одного режиму, що також приведе до зменшення розходу електроенергії. Шляхом додавання до ситалокераміки відповідних компонентів можна отримати керовані властивості обтічників ракет, такі як відкрита пористість, термостійкість, міцність і радіопрозорість.

Очікується, що шляхом розробки раціональних технологічних процесів обробки ситалокераміки можна, при адаптації умов механічної обробки згідно з її фізико-механічними характеристиками і похідною структурою, зменшити сформований дефектний шар і водопоглинання матеріалу виробу, які негативно впливають на радіотехнічні параметри обтічників. Для умов обробки ситалокераміки на базі теорій дефектоутворення і руйнування твердих тіл при різанні розроблюється узагальнююча модель формування дефектного шару, обумовленого процесом різання, яка комплексно враховує можливі модифікації умов обробки і ступінь їх впливу на параметри дефектності. Базою для створення моделі є відомості, отримані авторами теоретико-експериментальним шляхом, щодо впливу на структуру поверхневого шару деталей поряд з пористістю, розмірами кристалів оброблюваного матеріалу, його фізико-механічних характеристик, а також технологічних умов обробки. До цих умов відносяться: схеми та режими шліфування, склад технологічних середовищ, характеристики алмазних інструментів та ін., вибір яких треба здійснювати у суворій залежності від потрібної якості виробів і властивостей заготовки. Для цього необхідні знання щодо впливу кожного з перерахованих параметрів та їх сполучень на умови процесу шліфування, серед яких найбільш важливими є силовий, температурний та динамічний аспекти процесу різання, та їх зв'язок із інтенсивністю розвитку порушеного обробкою шару.

Для успішного вирішення проблеми виготовлення якісних деталей із ситалокераміки при мінімальних витратах здійснюється розробка прогресивних технологічних процесів її механічної обробки, що потребує проведення досліджень, пов'язаних з вивченням впливу перерахованих факторів на дефектність поверхневого шару, та продуктивність обробки. Тобто, беручи до уваги унікальні властивості ситалокераміки, можна прогнозувати широке використання цього матеріалу у різних галузях техніки,

насамперед за все, як одного з основних для виготовлення таких важливих елементів ракет і літаків як обтічники, при умовах вдосконалення технології його механічної обробки.

Горяшенко С.Л.

Хмельницький національний університет

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТКАНИН

В роботі викладено дослідження нанесення захисних покриттів на деталі одягу з метою покращення їх захисних властивостей.

Для проектування обладнання використовувались програмні продукти такі як Comsol Multiphysics та Solid Work c пакетом Cosmos Works.

Розроблена технологія, що спрямована на вирішення проблеми швидкого зношування текстильних виробів, що працюють у складних умовах, а саме мобільне нанесення захисних покриттів на готові вироби. Запропонована технологія одержання захисних покриттів в мобільних умовах та спосіб нанесення їх на готові вироби за допомогою повітряного розпилення нагрітого полімеру через сопло.

Аналіз результатів розрахунків моделі оновленої тканини та практичні дослідження показали підняття зносостійкості окремих ділянок одягу на 50% без суттєвого погіршення зручності використання. При необхідності може бути створений значний шар полімерного захисту.

Кириченко В.І., Сіренко Г.О., Свідерський В.П., Кириченко Л.М.
Хмельницький національний університет

**НОВІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ І ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ
ПРОБЛЕМ СУЧАСНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ:
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПМ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ТЕХНІЧНИХ ОЛІЙ;
СТВОРЕННЯ АНТИФРІКЦІЙНИХ КМ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ
ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ, ТЕПЛОНАПРУЖЕНИХ
МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ**

Проблеми, які винахід дає змогу вирішувати на основі технічних олій: Розроблена технологія емульсора «Рапломол –ЕП2»» і пасти-концентрата «Раплом – П1в» дає можливість розширити базу виробництва мастильних матеріалів за рахунок доступних і дешевих технічних рослинних олив, а також розробити технологічні і триботехнічні основи ресурсозберігаючого виробництва якісних і екологічно чистих мастильних матеріалів, трансмісійних та гідравлічних рідин, пластичних мастил, індустріальних масел на основі ріпакової олії. На основі одержаних низки проміжних біоолив із певними заданими властивостями розроблені базові біооливи, які добре компаундуються із традиційними мінеральними оливами та SPN – присадками і отже дозволяють цілеспрямовано створити нові, якісні екологічно-безпечні біоматеріали різних класів та призначень. Розроблені технології комплексної, поліфункціональної, 4-х модульної переробки спираються на повну залежність, безвідходність, універсальність обладнання і встановлення виробничих схем. Результати даної роботи мають чітко виражений техніко-економічний і соціальний ефект, а саме : а) вирішує актуальну проблему ресурсозбереження за рахунок поновлювальної сировини; б) енергозбереження, оскільки дозволяє виробляти нові біологічні носії енергії: біопаливо- котельне та дизельне; та біооливи, біорозчинники і технічні рідини, нові присадки до мастильних матеріалів; в) вирішує низку екологічних проблем: підвищує безпеку екології людини і навколишнього середовища; г) сприяє інноваційному розвитку агропромислового комплексу тощо. Пріоритет розробки належить Хмельницькому національному університету. Матеріали захищені патентами України, розроблена технічна документація.

Головні переваги одержання продуктів полягають в мінімальних витратах та екологічній чистоті, що відповідно до сучасних вимог становить вирішальну перевагу технології.

Проблеми, які винахід дає змогу вирішувати на основі твєдофазних фторопластових полімерів:

Композиційні матеріали на основі політетрафторетилену (ПТФЕ) торгова назва «флубон» Ф4ВВ20 і Ф4ВВ15 широко застосовуються в спеціальному машинобудуванні для виготовлення деталей вузлів тертя і ущільнень вакуумної і компресорної техніки. Одержані матеріали, що забезпечують надійну герметизацію рухомих і нерухомих сполучень, володіють високою стійкістю до руйнування при дії агресивних середовищ і

зносостійкістю при експлуатації трибосистем без змащувального матеріалу (ЗМ) або при його обмеженні. Специфічні особливості будови макромолекули ПТФЕ обумовлюють порівняно легке переміщення приповерхневих шарів зразка при дії зсувних деформацій. Завдяки цьому вироби з ПТФЕ в початковому стані володіють низьким коефіцієнтом тертя і невисокою зносостійкістю при експлуатації без мастила. Введення до складу полімерної матриці наповнювачів і модифікаторів надзвичайно широкої номенклатури забезпечує створення механічних перешкод для взаємного переміщення надмолекулярних агрегатів в матеріалі і, тим самим, істотно збільшує зносостійкість композиту, в ряді випадків на декілька порядків. Істотного підвищення комплексу фізико – механічних і триботехнічних характеристик вдалося досягнути, використовуючи як наповнювача дисперсні фрагменти вуглеграфітових волокон типу "Урал" і їх аналогів. Нами розроблена серія матеріалів з торговою маркою "Флубон", яка різко збільшила експлуатаційні характеристики вузлів тертя спеціального призначення. Ці матеріали в даний час знаходять застосування у вузлах тертя компресорів, для виготовлення торцевих ущільнень і інших деталей металополімерних трибосистем і пріоритет розробки належить Хмельницькому національному університету. Матеріали захищені патентом, розроблена технічна документація. Досліджено вплив вуглецевих волокон з різним ступенем термообробки і різних марок фторопласта на антифрикційні і фізико-механічні властивості карбопластиків і перевага в порівнянні зі світовими аналогами на основі дисперсних наповнювачів складає в 3-10 разів.

Ознаки новизни розробок: Інноваційність методів і технологій перероблення Т-олій на біосинтетичні продукти галузі ПМ- матеріалів (паливних компонентів, біоолів, технічних котельних палив, технічних біорідин) підтверджена низкою Патентів України на винаходи, двома науковими монографіями.

Економічна привабливість розробки для просування на ринок:

- розширити асортимент і покращити якість вітчизняних мастильних матеріалів в різних напрямках використання;
- створити ряд нових присадок до базових мастил, а також до технічних мастил низьких класів;
- вирішити хоч б в певній мірі екологічної проблеми з виробництва та з використання мастил.

Розроблений антифрикційний матеріал типу флубон по довговічності, зносостійкості і економії енергетичних затрат перевищує в 5-10 разів матеріали фірм Росії, і в 2-3 рази західно-європейських фірм.

Економічна привабливість розробки:

- виробництво карбопластиків менш енергомістке, ніж традиційних металів і сплавів,
- вартість і ефективність застосування як антифрикційних матеріалів визначається економією мастильних матеріалів, підвищенням довговічності роботи вузлів тертя і зниженням затрат на ремонт.

Сфери застосування матеріалів на основі технічних олій:

Матеріали рекомендуються для впровадження на підприємствах хімічної, нафтової промисловості. Результати впровадження емульсола "РАПЛОМОЛ-ЕП" і пасти концентрата " РАПЛОМ - П1в" успішно використовуються на всіх підприємствах міста Хмельницького і України. Розробки з успіхом впроваджені на : ВАТ АК " Адвіс", ТОВ " Домен" , ТОВ " Мазсервіс", ТОВ "Полімермаш" м. Хмельницький, ТОВ "Укрєвросинтез" м. Суми, завод Строммашина м. Хмельницький, ТОВ "Талан", ТОВ " Гарантія" м. Хмельницький і інші.

Сфери застосування матеріалу типу флубон:

Матеріал рекомендується для впровадження на підприємствах хімічного машинобудування, військово-промислового комплексу, хімічної промисловості і нафтохімії, сільського господарства, нафто і газовидобування. Композиційний матеріал широко впроваджений на ВО "Уралтрансгаз" м.Єкатеринбург Росія (поршневі ущільнення блочно-контейнерних установок для АГНКС при переводі автотранспорту на природний газ). , НВО "Компресори без мащення" м. Санкт-Петербург Росія, ЗАО "Екотехсервіс" м. Санкт-Петербург Росія, Хмельницька філія Концерну УКРГАЗ , ВАТ ВЕК "СУМИГАЗМАШ", ТОВ " Сумський науково-технічний центр" м. Суми, АК " РОТОР" м. Суми, ТОВ "МЕТАН-АВТО" м. Дніпропетровськ, ТОВ " ЕКОГАЗАВТО" м. Вознесенськ Миколаївської обл., ДП Борщівський спиртзавод Тернопільська обл, ДП Ковалівський спиртзавод Тернопільська обл. і інші.

ІОННЕ АЗОТУВАННЯ В БЕЗВОДНЕВИХ СЕРЕДОВИЩАХ ТА ЙОГО ПЕРЕВАГИ

Порівняно з традиційним пічним азотуванням і переважною більшістю інших способів обробки деталей машин та інструменту, азотування в тліючому розряді (іонне азотування) у безводневих насичуючих середовищах є більш прогресивним. Процес відбувається у суміші азоту з аргоном при різних співвідношеннях цих компонентів. Технологічний процес іонного азотування добре керується 4 технологічними параметрами:

- Температурою, яка може змінюватись від 500 до 600°C;
- Тиском в вакуумній камері, який можна змінювати від 1 – 600Па;
- Часом дифузійного насичення до 480 хв.;
- Склад насичуючого середовища, яке від пічного азотування може бути різним: (NH_3 , $\text{N}_2 + \text{H}_2$) – водневе і ($\text{N}_2 + \text{Ar}$) – безводневе.

Переваги іонного азотування:

1. До 10 разів скорочується час технологічного процесу;
2. В 10 разів скорочуються витрати електроенергії;
3. На 2 порядки (в 100 і більше разів) скорочуються витрати газів;
4. Зберігається або покращується вихідна шорсткість поверхні;
5. Розширюється клас оброблюваних матеріалів (всі сталі та чавуни, титани і тверді сплави тощо);
6. В широких межах змінюються властивості азотованого шару (твердість товщина фазовий склад).

Технологія дозволяє керувати твердістю, фазовим складом, товщиною азотованого шару і залишковими напруженнями стиску в поверхневому шарі в широких межах. Це дозволяє забезпечити властивості зміцненого шару максимальної зносостійкості в конкретних умовах експлуатації. Іонне азотування дозволяє зміцнювати всі марки сталей, титан і його сплави, чавуни, при цьому водневе окрихчення металів виключене. Технологія іонного азотування є екологічно чистою в порівнянні з пічним азотуванням.

Заміна водню аргоном в насичуючому середовищі при азотуванні змінює енергетику процесу, так як атомна вага аргону в 40 разів перевищує атомну вагу водню. Іони аргону, маючи значно більшу масу і радіус, під дією електричного поля тліючого розряду бомбардують поверхню катода (деталі) і забезпечують більш інтенсивне розпилення металу порівняно з воднем. У результаті скорочується час першої стадії технологічного процесу – іонної очистки поверхні. Крім того, чисельні дефекти, що утворилися на поверхні в результаті бомбардування іонами аргону, сприяють прискоренню процесу дифузії азоту в метал. Енергія активації іонного азотування в безводневому середовищі в 1,3...1,5 рази менша, а константа швидкості процесу значно більша порівняно з їх значеннями у водневому середовищі [1]. Все це приводить до скорочення витрат електроенергії до 40%.

Будова азотованого шару і його фазовий склад визначаються перебігом двох конкуруючих процесів: катодного розпилення і зворотного катодного розпилення, які залежать від технологічних параметрів іонного азотування. Залежно від характеру перебігу цих процесів можна одержати дифузійний шар на базі високо азотистого α -твердого розчину без поверхневої нітридної зони і з поверхневою нітридною зоною. Наявність водню в насичуючому середовищі сприяє утворенню однофазних нітридних зон з підвищеною концентрацією азоту до 12 %, що приводить до збільшення крихкості азотованого шару.

В азотно-аргоному середовищі процеси катодного і зворотного катодного розпилення відбуваються інтенсивніше, ніж в водневому. В результаті цього на поверхні не утворюються однофазні зони, а в нітридному шарі є всі три фази (ϵ , γ' і α -Fe). Ця обставина сприяє зниження концентрації азоту в нітридному шарі та підвищення його пластичності.

При іонному азотування в безводневих середовищах насичуючу суміш слід дуже добре очищати від домішок кисню, який викликає пасивацію поверхні. Оксидний шар, що утворюється на поверхні навіть при незначних домішках (до 1%) кисню, затримує дифузію іонів азоту в глибину металу. Встановлено, що нижня межа концентрації кисню в насичуючому середовищі, при якій не знижується інтенсивність процесу дифузійного насичення поверхні азотом, складає 0,01%. Одним із шляхів нейтралізації кисню в насичуючому середовищі є додавання до суміші азоту з аргоном незначної кількості водню (до 1 %). Така кількість водню нейтралізує кисень, що знаходиться в насичуючій суміші, і не викликає крихкості азотованого шару.

Сорокати́й Р.В.¹, Диха О.В.¹, Писаре́нко В.Г.²

¹Хмельницький національний університет

²КНВО «ФОРТ» МВС України, м. Вінниця

МОДЕЛЮВАННЯ ТРИБОКОНТАКТНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ «СТВОЛ-КУЛЯ» ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ

В роботі викладено дослідження основних факторів, що впливають на процеси накопичення трибопошкоджень внутрішньої поверхні ствола стрілецької зброї, як трибосистеми, що піддається динамічному впливу високих тисків, температур і механічному впливу кулі, що рухається з натягом в каналі ствола в умовах високошвидкісного тертя. Характеристики полів напружень визначалися з урахуванням динамічних ефектів, що відбуваються в умовах високих швидкостей ковзання і враховували зміну коефіцієнта тертя, як функції швидкості ковзання.

Для оцінки напружено-деформованого стану, що виникає під час руху кулі в каналі ствола нарізної зброї, використано модуль чисельного аналізу Explicit Dynamics з вирішувачем AUTODYN пакету ANSYS.

Для врахування особливостей процесів, що відбуваються в умовах високошвидкісного тертя, в розрахунковій моделі як модель тертя взято узагальнену модель Кулона - Амонтона з урахуванням ефекту Штрибека, яка враховує зміни коефіцієнта тертя від швидкості ковзання. Адекватність розрахункової моделі оцінювалась за результатами контрольних випробувань, визначення швидкості вильоту кулі з каналу ствола.

Аналіз результатів розрахунку напружено - деформованого стану під часу руху кулі по каналу ствола, показав, що першопричиною утворення мозаїчного характеру розподілу напружень поверхневого шару каналу ствола є динамічний характер взаємодії кулі з стволом, а не часткове оплавлення і перенесення матеріалу оболонки кулі на різні ділянки поверхні каналу ствола і внаслідок цього зміни коефіцієнта тертя. Аналіз розподілу еквівалентних пластичних деформацій показав, що максимальні пластичні деформації в каналі ствола виникають в період врізання кулі внаслідок суттєвих дотичних напружень, що виникають за рахунок супротиву повороту кулі в процесі врізання і під час виходу кулі з каналу ствола, внаслідок високих швидкостей поступального і обертального руху. Під час виходу кулі з каналу ствола центробіжні сили викликають суттєві тангенціальні напруження в оболонці. По мірі руху кулі – нарізи ствола зазнають знакозмінних навантажень стискування – розтягування, що сприяє втомному утворенню тріщин. Найбільш пластично деформованими є бокові грані нарізів. По всій довжині ствола, в міру переміщення кулі, спостерігається поява знакозмінних нормальних і дотичних напружень, найбільша інтенсивність яких зосереджена в місцях нарізів. Аналіз проводився для двох періодів часу: - початкового періоду, після загоряння пороху до моменту цілковитого врізання кулі в нарізи, під час якого температура в просторі за кулею досягає максимальних значень, - періоду, який передуює моменту

вильоту кулі з каналу ствола.

Аналіз впливу температурної дії на напружено - деформований стан каналу ствола до періоду часу, що передує моменту вильоту кулі з каналу ствола показує, що тепловий удар викликає коливальні деформаційні процеси (рис. 1).

Результати розрахунків показали, що головною складовою, яка вносить вклад в коливальні деформаційні процеси, які виникають в стволі від температурної дії, є осьові деформації, що значно перевищують деформації, які виникають у радіальному напрямку.

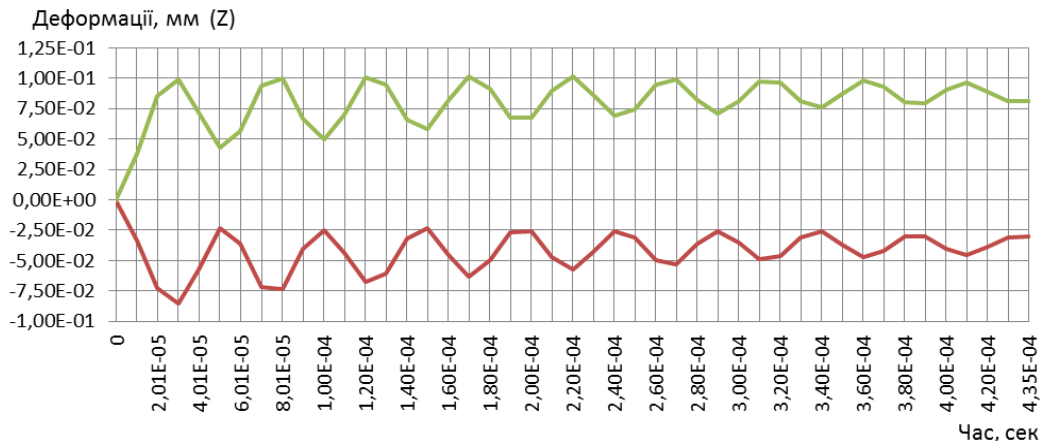


Рис. 1 – Залежність абсолютних деформацій ствола від часу

Аналіз еквівалентних напружень в момент часу, що передує вильоту кулі з каналу ствола, показує, що максимальні напруження у цей момент менше від напружень в момент врізання кулі в нарізи і складає 1400 МПа у порівнянні з 1800 МПа, що пояснюється зменшенням температури порохових газів. Мозаїчний характер деформацій зберігається, при цьому найбільш навантаженими елементами ствола є грані нарізів.

Нормальні напруження в радіальних напрямках носять мозаїчний характер і є стискуючими на внутрішній поверхні каналу ствола і – розтягуючими на зовнішній поверхні. Дотичні напруження на поверхні носять мозаїчний характер, і є стискаючими в шарах, що прилягають до внутрішньої поверхні ствола. В радіальній площині відбувається чергування дотичних напружень розтягу і стискання від нарізу до нарізу, при цьому на одному нарізі вздовж поздовжньої осі також відбувається зміна напружень стискання - розтягу.

Аналіз отриманих в розділі результатів показує, що внаслідок теплового удару у внутрішньому приповерхневому шарі ствола відбуваються інтенсивні деформаційні процеси як в осьовому, так і в радіальному напрямках. Не нагріті шари, що знаходяться навколо, перешкоджають деформаційним процесам, в результаті чого виникають великі температурні напруження. При цьому в приповерхневому шарі переважають напруження стискування.

Початковий період пострілу характеризується високою швидкістю росту тиску порохових газів, які досягають максимальних значень в

практично незмінному об'ємі простору за кулею. Абсолютні деформації ствола за період часу $0,7 \times 10^{-5}$ с, досягають значень 0,06 - 0,07 мм, а відносні пружні деформації – 0,2 % в радіальному напрямку і – 0,02 % в осьовому напрямку.

За характером розподілу еквівалентних напружень (рис. 2) видно, що в початковий момент часу найбільш навантаженими є ділянки уступу і початку нарізів ствола. Еквівалентні напруження в цей момент сягають значень 480 МПа.

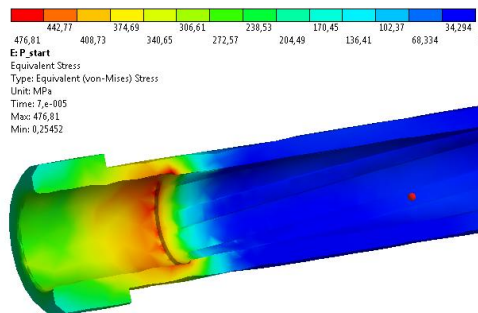


Рис. 2. Еквівалентні напруження в момент часу $0,7 \times 10^{-5}$ с

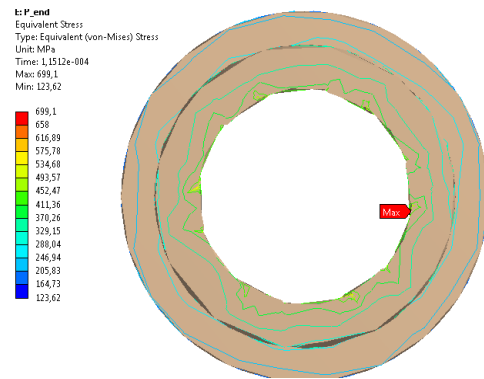


Рис. 3. Еквівалентні напруження в одному з радіальних перерізів

Максимальні значення еквівалентних напружень ствола від тиску порохових газів виникають в момент часу $1,15 \times 10^{-4}$ с і складають 700 МПа. Найбільш навантаженими є зони, які прилягають до бокових граней нарізів (рис. 3).

Результати розрахункового аналізу впливу тиску порохових газів на процеси, що відбуваються в середині ствола стрілецької зброї під час одиночного пострілу показує, що внаслідок ударної дії відбуваються інтенсивні деформаційні процеси стінок ствола і незважаючи на знакозмінний характер напружень, в приповерхневому шарі ствола переважають напруження розтягу.

Далі проведено аналіз одночасного впливу температури та тиску порохових газів на напружено-деформований стан вузла. Аналіз результатів розрахунків температурно-силової дії на ствол нагрітих порохових газів показав, що досить високі швидкості нагрівання і росту тиску визначають мозаїчний характер деформацій і напружень на внутрішній поверхні ствола. Напруження розтягу, що виникають внаслідок дії тиску порохових газів, частково компенсують напруження стискування на внутрішній поверхні ствола від температурного удару. В зв'язку з цим сумарні напруження на внутрішній поверхні ствола хоч і є стискуючими, але меншими за абсолютною величиною, ніж теплові напруження без урахування дії порохових газів.

Як розрахункову модель тертя прийнято узагальнену модель Кулона-Амонтона з урахуванням ефекту Штрибека, яка дозволяє врахувати зміни коефіцієнта тертя від швидкості відносного ковзання:

$$\mu = \mu_d + (\mu_s - \mu_d) \cdot e^{-\beta V},$$

де μ_d – динамічний коефіцієнт тертя; μ_s – статичний коефіцієнт тертя; V – відносна швидкість ковзання в точці контакту; β – показник ступеня.

Для отриманих залежностей максимальних еквівалентних напружень, максимальних дотичних напружень і максимальних інтенсивностей напружень проведено апроксимацію і згладжування результатів, побудовано поліноміальні лінії трендів шостого порядку з оцінкою достовірності апроксимації. У момент врізання кулі в нарізи відбувається збільшення навантажень, про що свідчить значне збільшення амплітуд характеристик напружено-деформованого стану (рис. 4), а потім їх зменшення. Тренди вищевказаних залежностей мають характер швидкозгасаючого коливального процесу.

Аналіз отриманих залежностей показує, що для значень показника ступеня за швидкості ковзання $\beta = 0,05; 0,1$, тренди відрізняються тільки в початковий момент часу на стадії врізання кулі в нарізи ствола (до $11E \times 10^{-0,4}$ с), потім, у міру руху кулі по каналу ствола, тренди характеристик напружено-деформованого стану практично зливаються.

Отримано, що для різних значень статичного коефіцієнта тертя $\mu_s = 0,2$ і $\mu_s = 0,1$ за значень показника ступеня $\beta = 0,025$ криві трендів максимальних еквівалентних напружень, максимальних дотичних напружень і максимальних інтенсивностей напружень досить тісно зближуються в початковий момент часу і практично зливаються в період часу після повного врізання кулі в нарізи ствола. Закономірності коливального згасаючого процесу при цьому зберігаються.

Розрахунковий аналіз показав, що для стабільної роботи трибосистеми абсолютні значення динамічного коефіцієнта тертя не повинні перевищувати $0,055 \dots 0,06$. Для значень динамічного коефіцієнта тертя, що перевищує вказані значення відбувається істотне збільшення діючих напружень, як результат цього – швидке гальмування кулі в каналі ствола і істотне падіння швидкості кулі в момент покидання каналу ствола.

Аналіз залежності коефіцієнта тертя від швидкості ковзання для різних значень показника ступеня β показує, що значення β визначають швидкість зменшення коефіцієнта тертя μ від значень статичного коефіцієнта тертя μ_s до значень динамічного μ_d .

Отримано, що для β в діапазоні значень $0,05 \dots 0,1$ фактичний коефіцієнт тертя досягає мінімальних значень і виходить на стаціонарний режим за будь-яких значень статичного коефіцієнта μ_s до швидкості ковзання в 120 м/с.

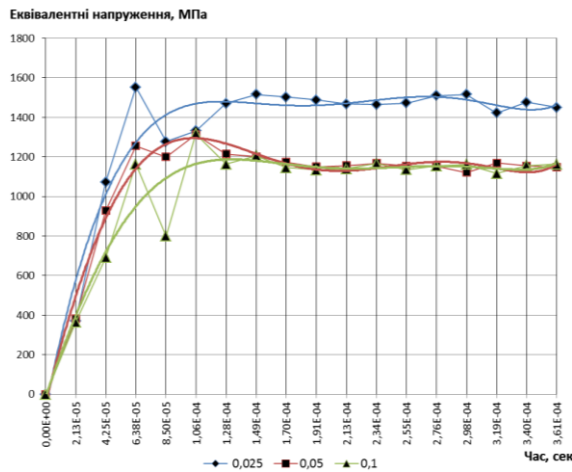


Рис. 4. Залежності максимальних еквівалентних напружень у середині ствола від часу для $\mu_s = 0,4$; $\mu_d = 0,025$; $\beta = 0,025, 0,05, 0,1$

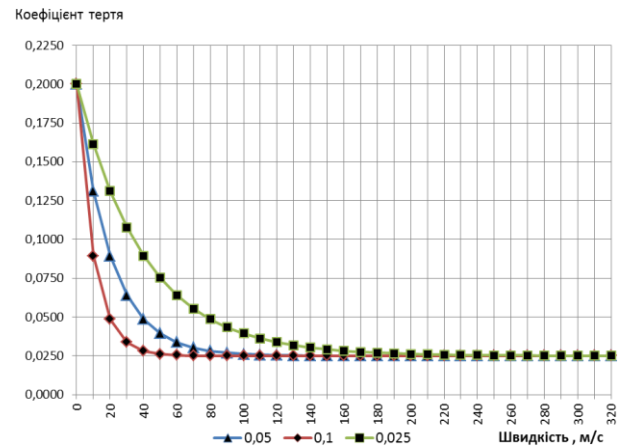


Рис. 5. Залежності коефіцієнта тертя від швидкості ковзання для $\mu_s = 0,2$; $\mu_d = 0,025$; $\beta = 0,025, 0,05, 0,1$

На основі аналізу процесу руху кулі по каналу ствола в розділі показано, що до моменту часу $11E \times 10^{-0,4}$ с закінчується період повного врізання кулі в нарізи ствола, що відповідає швидкості ковзання близько 120 м/с.

Отже ствол піддається мінімальним навантаженням у тому випадку, коли до моменту повного врізання кулі в нарізи ствола коефіцієнт тертя з урахуванням фактичної швидкості ковзання досягне мінімального значення і вийде на стаціонарний режим. Преважачим фактором, який впливає на напружено - деформований стан трибосистеми "ствол - куля" і відповідно на процеси накопичення пошкоджень і зносу ствола, є швидкість зменшення коефіцієнта тертя від значень статичного до значень динамічного і виходу коефіцієнта тертя на стаціонарний режим. Таким чином, критерієм оцінки ефективності використання матеріалів, технологічних процесів нанесення покриттів, термообробки та інших способів підвищення зносостійкості ствола стрілецької зброї може слугувати швидкість зміни коефіцієнта тертя, а кількісною оцінкою критерію – коефіцієнт β .

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ ТА КЕРАМІКИ

Створення сучасних зразків авіаційної і космічної техніки, змінних елементів гірничо -рудного устаткування потребує використання високотемпературних багатокомпонентних матеріалів з підвищеною міцністю, твердістю, хімічною стійкістю, зносостійкістю при дії високошвидкісних абразивних газових середовищ. Особливе значення мають матеріали, що мають високу зносостійкість в умовах тертя - ковзання і питомий електричний опір в межах $3 \cdot 10^{-6} \dots 4 \cdot 10^{-6}$ Ом·м.

Розроблення технології промислового виробництва жаростійких високоміцних композиційних матеріалів та виробів з них на основі вуглецевих волокон та карбідізованої вуглецевої матриці, а також кисневої і безкисневої кераміки.

Створені композиційні матеріали повинні мати такі характеристики:

1) на основі кераміки:

- термостійкість – від 1600 до 2300 К;
- пористість – не більше 2%;
- більшу на відміну від відомих матеріалів міцність – на 20 ч 25%;
- підвищену газопроникливість – в 1,5 ч 2 рази;
- питомий електроопір – до 40 МОм;
- високу стійкість до термічних ударів,

2) на основі силіційованих вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів з захищеними вуглецевими волокнами:

- підвищену міцність – до 40%;
- підвищений модуль пружності – до 50%.

3) на основі інтерметалідів титану:

- підвищену міцність порівняно з титановими сплавами;
- підвищену температуру експлуатації;
- підвищену твердість на 8-12%.

У технології виробництва цих матеріалів використовується наступний комплект устаткування:

- шаровий керамічний млин;
- гідростат;
- піч вакуумна;
- прес гідравлічний.

Для забезпечення технології розроблено комплекс комп'ютерних програм для розрахунку меж міцності, граничної деформації, коефіцієнтів теплопровідності, коефіцієнтів тертя і інтенсивності зношення. Програми дозволяють розрахунковим шляхом визначати компонентний склад матеріалів і формувати на їх основі структурний склад.

Власенко В.І., Березненко С.М., Березненко М.П.
Київський національний університет технологій та дизайну

КОМПОЗИЦІЙНІ ТЕКСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЛЮДИНИ ВІД ШТУЧНОГО НЕІОНІЗУЮЧОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ПАТОГЕННОЇ МІКРОФЛОРИ

Згідно з даними ВОЗ питання захисту цивільного населення, військових та військової техніки від дії електромагнітного випромінювання (ЕМВ) є однією з найактуальніших сучасних проблем.

Ми пропонуємо розробку специфічних текстильних багатошарових структур, до складу яких входить струмопровідний текстиль. Така структура дозволяє модифікувати як кожний шар, так і міжшаровий простір високодисперсними наповнювачами.

Теоретично висока ефективність таких структур досягається за рахунок додаткового вимушеного багаторазового відбивання, розсіювання та поглинання ЕМВ на високодисперсних наповнювачах. Крім того, модифікація нанопрепаратами металів надає текстильним матеріалам антимікробні властивості. Поєднання в одному матеріалі двох принципово важливих для здоров'я чинників в сукупності забезпечує унікальні захисні властивості виробів.

Доречно зауважити, що теоретична частина розробки текстильного матеріалу для захисту від ЕМВ фактично дає ключ до вирішення ще однієї актуальної проблеми: створення текстилю, який поглинає інфрачервоне випромінювання. Ця проблема надзвичайно актуальна для захисту військового персоналу і техніки від виявлення тепловізорами.

Практичний результат роботи:

- прототипи бар'єрного текстильного композиційного матеріалу з поліфункціональними властивостями, в яких поєднуються бар'єрні властивості щодо захисту від ЕМВ та мікробного середовища (зарубіжні аналоги відсутні);
- прототип комбінезону (костюму) з бар'єрного текстильного композиційного матеріалу, який забезпечує комфортні умови праці (свободу руху; поглинання поту та тепловиділень тощо);
- прототипи головних уборів для захисту від неіонізуючого випромінювання, особливо для молоді (школярі, студенти тощо);
- дані про ефективність захисту органів і систем органів людини від впливу ЕМВ при використанні розроблених екрануючих текстильних матеріалів.

Цінність очікуваних результатів визначається відсутністю на сьогодні на ринку України надійних засобів захисту від впливу неіонізуючих ЕМВ вітчизняного виробництва.

Створення інноваційних текстильних матеріалів з поліфункціональними властивостями для захисту від ЕМВ сприятиме виготовленню конкурентоздатної продукції українського виробництва.

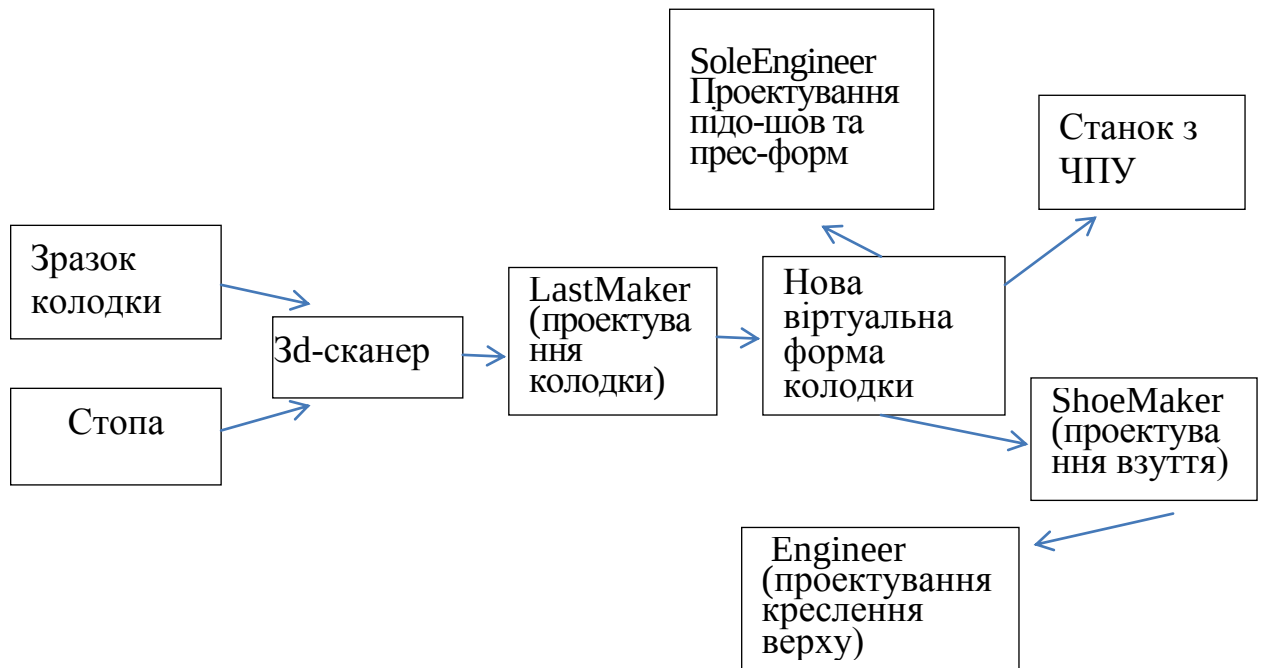
Гаркавенко С.С., Чертенко Л.П., Кернеш В.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОГО МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗУТТЯ, ГАЛАНТЕРЕЙНИХ ВИРОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ (ДЛЯ ВІЙСЬКОВО-СЛУЖБОВЦІВ)

Формування конкурентоспроможних властивостей взуття в великій мірі забезпечується на стадії проектування. Важливу роль в цьому процесі відіграє ефективне застосування прогресивних систем автоматизованого проектування, які дозволяють охопити всі етапи проектування взуття, його елементів та оснастки. Найскладнішою для вирішення є задача досягнення зручності та комфортності виробів, що тісно пов'язані з раціональністю форми колодки, яка представляє собою складне тривимірне тіло криволінійної незакономірної конфігурації.

Для визначення параметрів раціональної внутрішньої форми взуття було проведено ряд антропометричних досліджень стоп чоловіків віком 18 – 22 років, на основі яких було відібрано стопи-еталони середніх розмірів для вивчення їх просторової форми шляхом безконтактного обмірювання за допомогою 3d-сканера In Foot 3d. Проектування поверхні нової колодки заданих параметрів відбувалося в просторовому графічному середовищі програмного комплексу Crispin LastMaker на основі сканування та модифікації існуючих зразків за допомогою зворотнього інжинірингу. Перетворення параметрів стоп-еталонів в формо-розміри внутрішньої форми взуття вимагало розробки нового методу проектування поверхні колодки на основі стопи з урахуванням всіх нагальних функціонально-експлуатаційних вимог та можливості адаптації до функцій програмного середовища Crispin LastMaker. Запропонований метод дозволив розробити ряд нових раціональних форм колодок для спеціального взуття, які служать базою для 3d-проектування моделей взуття в спеціалізованому графічному середовищі ShoeMaker та 2d-креслення конструкції верху в середовищі Crispin Engineer. Спроектowana віртуальна модель колодки виготовлялася на станку з ЧПУ в матеріалі. Загальна схема процесу проектування форми раціональної колодки на основі безконтактних антропометричних досліджень представлена нижче:



Розроблений метод проектування внутрішньої форми взуття на основі результатів 3d-сканування стоп в графічному середовищі Crispin LastMaker забезпечує можливість розробки раціональної колодки в рамках інтегрованого процесу проектування взуття та комплектуючих з використанням сучасних прогресивних САПР. Ефективність методу досягається високою точністю побудов, широким залученням прогресивного програмного забезпечення та доступного високотехнологічного обладнання, а також можливістю взаємообміну 3d-кресленнями між різними САПР для реалізації всіх етапів конструкторської підготовки виробництва.

Супрун Н.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА ПОКРИТТІВ ДЛЯ РАН З ПРОЛОНГОВАНОЮ ЛІКУВАЛЬНОЮ ТА АНТИМІКРОБНОЮ ДІЄЮ НА НЕТКАНИХ ОСНОВАХ З ВІТЧИЗНЯНОЇ ТЕКСТИЛЬНОЇ СИРОВИНИ

Протягом багатьох століть медичні пов'язки застосовувалися, головним чином, для зупинки кровотечі та захисту рани. І зараз вони зберігають пріоритетне значення у лікуванні ран різної етіології, що обумовлено доступністю і простотою їх застосування в різних умовах. Однак в останні роки у світовій практиці поширюється використання ранових пов'язок з пролонгованою лікувальною та антимікробною дією, які представляють собою композити, побудовані, як мінімум, з трьох складових: текстильної основи, полімерного шару і лікарського препарату. Це дозволяє забезпечити транспорт ліків визначеної ефективної концентрації в місце ураження при їх мінімальному накопичуванні у неушкоджених тканинах та органах.

Нами проведено класифікацію і створено банк даних різних текстильних основ для ранових покриттів, лікувальних препаратів, штучних і природних біоцидів з визначенням хімічного складу діючої речовини. З метою надання антибактеріальних властивостей розроблено екобезпечні методики формування нанорозмірних часток срібла в текстильних полотнах різного складу, способи обробки препаратами на базі лікарських рослин з визначеною біоцидною дією. Отримано серію експериментальних зразків, проведено визначення структурних, фізичних та механічних властивостей антимікробних та лікувально-профілактичних текстильних полотен з різними способами іммобілізації в їх структуру антимікробних та лікарських речовин. Проведено моделювання та встановлено основні закономірності процесів масопереносу лікувальних речовин в ранове середовище.

Редько Я.В., Гараніна О.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

СТВОРЕННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ КОМПЛЕКСОМ БАР'ЄРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Виклики сьогодення спонукають до пошуку нових підходів та розробки інноваційних технологій створення текстильних матеріалів, що містять залізо-оксидні сполуки нанорозмірів, обумовлених здатністю магнітними наночастинками інтенсивно поглинати мікрохвилі.

Отримано магнітні текстильні матеріали, намагніченість насичення яких складає $2 \div 10 \text{ А} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$. З магнітних текстильних матеріалів можна виготовляти захисний одяг різного типу, чохли та покривала як для постійного, так і для екстреного тимчасового екранування технічних пристроїв або персоналу від мікрохвильового випромінювання.

Необхідність використання виробів з бактерицидними і фунгіцидними властивостями в надзвичайних ситуаціях пов'язана із захистом людини від зовнішньої інфекції та зниженням ризиків виникнення інфекційного процесу на шкірі за рахунок аутогенного інфікування для запобігання передачі грибової і гнійничкової інфекції в зовнішнє середовище.

Встановлено, що створені текстильні матеріали проявляють пролонговану антибактеріальну та фунгіцидну дію, мають високі показники забарвлень, що підтверджує їх ефективне застосування для безпеки життєдіяльності людини. Показано, що в результаті застосування розроблених нанотехнологій створення текстильних матеріалів із захисними властивостями, покращуються техніко-економічні показники готових волокон, знижуються технологічні витрати та їх собівартість.

Курганський А.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ІННОВАЦІЙНІ БІОМЕТРИЧНІ ПАКЕТИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВОГО МАЙНА ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Розробка речового майна проводиться предметно, на етапі проведення військових (дослідних) випробувань для оцінювання сумісності дослідних виробів з іншими елементами екіпірування. На етапі коригування проектів нормативних документів за результатами лабораторних та військових випробувань витрачається значна частина часу на внесення змін до конструкції та приведення у відповідність комплектів. Дослідні (військові) предмети випробовуються, як правило, у порівнянні з предметами, які знаходяться на забезпеченні ЗСУ, що значно ускладнює розробку нових зразків екіпірування. Значна кількість експлуатаційних, тактико-технічних та інших властивостей (сумісність дослідних виробів з іншими виробами, зручність у носінні та при виконанні завдань у специфічних для них умовах тощо) оцінюються через анкетне опитування, результати якого мають невисоку точність, відсутня зональна реєстрація значень параметрів підтверджуючих результати анкетування, що призводить до неузгодженості на етапі внесення змін у дослідні зразки, а також дає шляхи до маніпуляції результатів випробувань.

Аналіз робіт світових та вітчизняних дослідників дозволили сформулювати нові науково-технічні підходи до процесу контролю тактико-технічних властивостей бойового екіпірування військовослужбовців, комплектності та сумісності предметів речового забезпечення військовослужбовців; процесу отримання пакетів біометричних матеріалів та виробів. На теперішній час в Україні не досліджуються і не виробляються матеріали, пакети з них та вироби для комплексного оцінювання в межах тактико-технічних властивостей. Дослідження не проводились за напрямом функціонального стану організму військовослужбовця, який характеризується різним ступенем напруженості основних фізіологічних функцій через аналіз затрати часу, зусиль і енергії на подолання опору екіпірування, що визначає його бойову працездатність. Також відсутні дослідження, що спрямовані на комплексний аналіз комплектності та сумісності елементів бойового екіпірування, параметрів взаємодії з військовослужбовцем. Світовий досвід показує, що комплексний підхід до розробки бойового екіпірування вимагає максимального забезпечення тактико-технічних властивостей речового майна військовослужбовців. Використання сучасних матеріалів у існуючих видах бойового екіпірування не дозволяє всебічно оцінити комплект на етапі розробки, що призводить до необґрунтованих вартісних характеристик.

Відповідно до сучасного стану розробки нових та удосконалення існуючих предметів речового майна та стислих термінів до їх впровадження,

отримання оперативної інформації на етапі дослідних випробувань та достовірних даних про їх придатність тактико-технічним вимогам відповідно до військово-облікової спеціальності є однією з найважливіших проблем спрямованих на розробку та впровадження у реальність принципово нового бойового єдиного комплексу військовослужбовця. Розробка для цих цілей комплексу на основі зонально-диференційованого розміщення біометричних пакетів – передумови для випуску конкурентоспроможного вітчизняного бойового екіпірування здатного забезпечити максимальну відповідність та виявити недоліки ще на етапі дослідного носіння через автоматизований комплекс дистанційного моніторингу параметрів у системі «військовослужбовець-бойове екіпірування» неруйнівним методом.

На теперішній час для отримання більш достовірних даних автором проводяться дослідження із застосуванням біометричного комплексу на основі бездротових сенсорних мереж. Якісний та кількісний склад сенсорної складової мережі залежить від кількісного складу та сезонності. Біометричний комплекс представляє собою в певній мірі «розумний» одяг у поєднанні з бездротовими датчиками об'єднаними у кластерну мережу та не виступає подразником здатним привести до збільшення тривалості часу запізнювання реакцій.

Автором застосовується біометричний комплекс у такому складі:

- датчики тиску, для визначення величини тиску на плечову ділянку;
- зонально розташовані датчики температури, для контролю температури тіла та порівняння з пошаровою та зовнішньою температурою;
- гіроскоп, та акселерометр;
- датчик ритму дихання;
- центральний контролер Atmel®AVR® 8-Bit Microcontroller, для керування та обробки даних.

Біометричний комплекс призначений для оптимізації комплектності та конструкції окремо взятого предмету для збільшення продуктивності та ефективності окремо взятого військовослужбовця, який бере участь у бойових діях у пішому порядку

Розробка комплексу та біометричних пакетів матеріалів здійснюється спільно з Центром розвитку та супроводження матеріального забезпечення Збройних Сил України (ЗСУ). Інноваційний біометричний комплекс пройшов апробацію на показі сучасного обмундирування для верифікаційної місії ОБСЄ 08 вересня 2016 на полігоні 169-ого учбового центру «Десна».

Барсуков В.З., Сеник І.В., Савченко Б.М., Хоменко В.Г., Крюкова О.А.
Київський національний університет технологій та дизайну

КОМПОЗИЦІЙНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Розроблено композиційне покриття (матеріал і спосіб його одержання) для захисту електронного та радіотехнічного обладнання від електромагнітного випромінювання (ЕМВ). Композиційний матеріал виготовлено на основі спиртового розчину полімерного зв'язуючого і забезпечує надійну адгезію до корпусних деталей навіть високо-наповнених систем, утворює нерозчинну у воді, кислотах та лугах плівку. Струмопровідна матриця забезпечується поєднанням вуглеграфітових матеріалів різної структури і дисперсності - колоїдного графіту та графітизованої сажі, які набагато легші за традиційні метали і забезпечують достатньо високу електропровідність. В склад композиту також входять оксиди деяких перехідних металів з метою розширення робочого частотного діапазону поглинання-відбивання ЕМВ.

В наслідок проведених тестувань отримано наступні результати: питомий опір покриття 0,4-2,2 Ом·см; екрануючий ефект -30,5 дБ в діапазоні частот 17 – 27 ГГц та від -25 до -30 дБ в широкому діапазоні частот 30 мГц – 30 ГГц; надійна адгезія до скла, металів, кераміки, полярних пластиків; антикорозійний захист.

Розробка апробована при виготовленні дослідних партій тепловізорів та оптичних прицілів на підприємстві Thermal Vision Technologies (м. Київ), а також приладів радіаційного контролю торговельної марки Ecotest на підприємстві Спаринг-Віст Центр (м. Львів). Виконані випробування підтвердили, що захисне вуглець-полімерне покриття забезпечує:

- надійну адгезію до корпусних деталей виробів та повну відсутність відшарування покриття;
- цілком достатнє екранування електромагнітного випромінювання від вказаних виробів і послаблення взаємного впливу цих виробів на роботу іншого електронного обладнання та оточуюче середовище в діапазоні частот від 30 мГц до 30 ГГц.

Таким чином, застосування розробки в електронній техніці сприяє зменшенню «помітності» обладнання, зменшенню взаємного впливу працюючого поряд електронного обладнання, захисту персоналу від ЕМВ і має важливий соціо-гуманітарний ефект.

Асламова Л.І.¹⁾, Заболотний М.А.¹⁾, Куліч Є.В.¹⁾, Радченко Н.В.¹⁾,
Куліш М.П.¹⁾, Боженко В.М.²⁾, Ковалєвський І.Р.

¹⁾Київський національний університет імені Тараса Шевченка, навчально – науковий центр радіаційної безпеки,

²⁾Інститут надтвердих матеріалів НАНУ ім. В.М. Бакуля.

РЕНГЕНОГРАФІЧНИЙ ТОМОГРАФ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ КОМПОЗИЦІЙНИХ, ПОЛІМЕРНИХ, КАРБІДНИХ МАТЕРІАЛІВ, АРМОВАНОГО АЛЮМІНІЮ, СТАЛІ І ТИТАНУ

Мета розробки. Створення комплексу для неруйнівного контролю предметів або ємностей з метою вивчення їх структури, складу і вмісту та проведення неруйнвної дефектоскопії композиційних полімерних, карбідних матеріалів, армованого алюмінію, сталі і титану в реальному масштабі часу для визначення їх захисних властивостей в військовій галузі.

Опис розробки Пропонується розробка з використанням методів неруйнівного рентгенографічного контролю виробів з композиційних полімерних карбідних матеріалів (в тому числі з карбіду кремнію), армованого алюмінію, сталі або титану з урахуванням функціональних і конструкційних особливостей виробів для виявлення та класифікації технологічних і експлуатаційних дефектів з метою оптимізації шляхів їх можливого усунення та прогнозування впливу наявних дефектів на експлуатаційні характеристики виробів включаючи їхню реакцію на дію ударного навантаження. Використання рентгенівського томографа забезпечує реалізацію неруйнівного контролю суцільності й однорідності матеріалу виробу, а також виявлення сторонніх включень в виробах, наявність в них пор, розшарувань, тріщин, технологічних пошкоджень. Можливості розробленої апаратури забезпечують реалізацію визначення координат місць локалізації дефектів, оцінки їх ефективних розмірів і надають можливість визначення впливу наявних дефектів на експлуатаційні параметри виробів в режимі реального часу. Використання розробки в військовій галузі може бути доцільним при виробництві та оперативному контролі характеристик засобів індивідуального захисту з карбідних композиційних матеріалів, в тому числі з карбіду кремнію, армованого алюмінію, сталі або титану.

Використана схема рентгенографічного методу, наведена на Рис. 1. При фіксованому положенні джерела випромінювання (S) на реєструючій матриці утворюється тіньове зображення, що є сумою проєкцій всіх шарів зразка (O), через які проходить пучок. Якщо в процесі зйомки синхронно переміщувати джерело і реєструючу матрицю так, щоб пучок рентгенівських променів проходив в процесі експозиції тільки через одну й ту ж саму ділянку зразка в шарі (F), то зображення цієї ділянки (И) буде найбільш чітким, а зображення інших ділянок "розмазаними". В сучасних схемах рентгенівської томографії реалізується методика, що базується на використанні рухомих джерел рентгенівського випромінювання і

застосуванні чисельних методів обробки даних, які одержуються томографічним скануванням. Схеми томографічної установки представлені на Рис. 1., Рис.2.

Пучок рентгенівського випромінювання від джерела (S), сформований коліматором (K), просвічує об'єкт (O), після чого реєструється детектором (Д). При синхронному переміщенні джерела і детектора вздовж заданого напрямку здійснюється послідовне сканування всіх ділянок об'єкта. Вимірювання повторюються для декількох напрямків сканування щодо об'єкта. Для прискорення зйомки застосовують декілька джерел або переміщається джерело з розбіжним "віяловим" пучком, розподіл інтенсивності в якому вимірюється двовимірним координатно-чутливим детектором.

У створеному пристрої цифрові зображення отримуються за допомогою оригінального малодозового цифрового детектора - приймача з числовою обробкою рентгенівського зображення. Створене програмне забезпечення надає доступ до масивів даних, що зберігаються в електронних архівах або на DVD- дисках, надає можливість проводити аналіз рентгенівських знімків в реальному масштабі часу і спостерігати рентгенівське зображення в процесі їхньої реєстрації. Рентгенографічний томограф надає можливість опису рентгенодіагностичних зображень з використанням «досвіду» електронного банку даних і шаблонів можливих експлуатаційних характеристик; обробки синтезованих зображень та регулювання їх яскравості і контрасту. Програмне забезпечення дозволяє проводити

- скролінг, інверсію і масштабування зображень, а також вимірювання відстаней, форм і розмірів зон обробки рентгенівських зображень,
- побудови гістограм розподілу яскравості зображень,
- виконувати контрастування обраних зон обробки зображень і оптимізації якості зображення відповідно до критерію максимального співвідношення "сигнал/шум".

Комплекс може бути застосований у військовій галузі для неруйнівного контролю предметів з максимальним розміром об'єктів дослідження 300 x 300 x 300 мм або ємностей з метою вивчення їх структури, складу і вмісту та проведення неруйнівної дефектоскопії композиційних полімерних, карбідних матеріалів, армованого алюмінію, сталі і титану в реальному масштабі часу для визначення їх захистних властивостей. Зображення створеного скануючого рентгенівського томографа та одержаної за його допомоги дефектограми представлено на Рис.3.і Рис 4.

Переваги пропозиції

Рентгенографічна дефектоскопія (як і рентгенівська томографія) на конкретних прикладах продемонструвала свою ефективність при виявленні експлуатаційних дефектів виробів захистних шарів за умови їх рентгенівської прозорості та використанні високоякісних реєструючих елементів рентгенографічних систем.

Стадія готовності пропозиції

Макет доступний для демонстрації і визначення режимів використання. Можлива адаптація установки для дефектоскопії конкретних виробів

Бажаний партнер - підприємства, які займаються виготовленням виробів з композиційних полімерних, карбідних матеріалів, армованого алюмінію, сталі і титану з урахуванням їх функціональних та конструкційних особливостей.

Вимоги до партнеру –можливість фінансування створення модифікацій розробок для дефектоскопії конкретних виробів та маркетингу розробок на закордонних ринках.

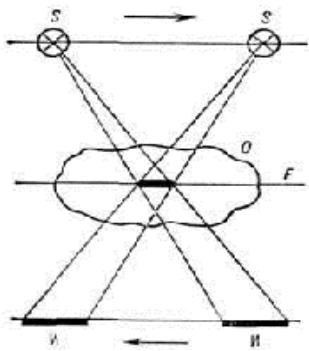


Рис. 1 - Класична схема

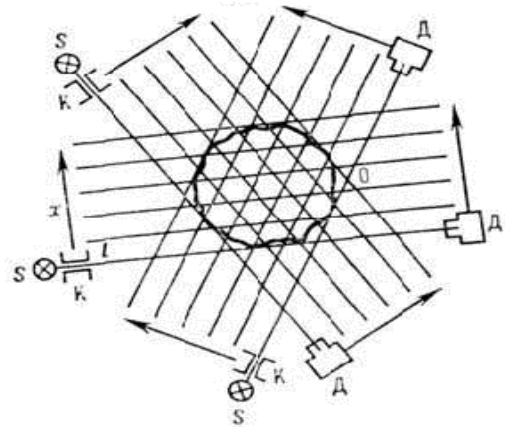


Рис. 2 - Схема томографічної установки

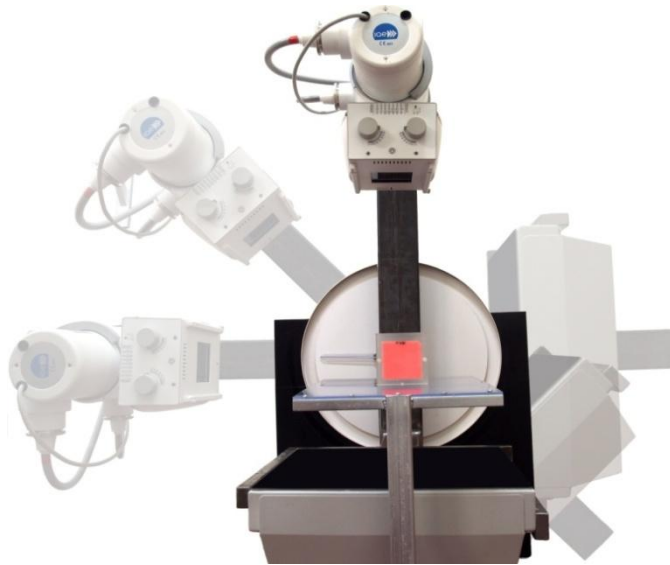


Рис 3. - Зображення створеного скануючого рентгенівського томографа.



Рис 4. —Рентгенівська дефекограма захистної пластини з карбіду кремнію.

Лобода П.І.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”*

АРМОВАНІ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ – ЗАХИСТ ВІД ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ ЛЮДИНИ ТА ТЕХНІКИ

Створено, виготовлено дослідні зразки та випробувано пластини для бронежилетів із карбіду бору армованого волокнами дибориду титану . Пластини розмірами 60х60 мм та товщиною 10 мм закріплялися на металеву основу із армованого титану та полімерну із склопластики. Сформовані таким чином шаруваті пакети відстрілювались із відстані 10 м боєприпасами БС32. Швидкість кулі складала 840-850 м/с. Встановлено, що пластини з металевою основою не пробиваються і мають прогин на тильній стороні не більший 1-2 мм (рис.), а вага складає до 4 кг, що на 40 % менше за пластини із сталі четвертого класу захисту. Для пакетів зі скло полімерною основою не пробиття досягається при вазі пластини 3,6 кг.

Розроблені технології виробництва пластин із карбіду бору армованого, які в порівнянні з аналогами із неармованого карбіду бору мають в 2-2,5 рази меншу енергоємність та на порядок більшу виробничу потужність і не потребують високоенергетичного обладнання.

З метою здешевлення розроблено нові армовані керамічні матеріали на основі оксидних систем, що представляють собою матрицю із одного оксиду армовану волокнами іншого оксиду. Міцність оксидних армованих матеріалів доведена до 1300 МПа, а температури спікання знижені до 1300 оС, що дозволяє використовувати високопродуктивні конвеєрні печі для їх виготовлення.

Показано, що за рахунок армування пакетів із оксидними керамічними пластинами не поступаються по стійкості карбідбориним, але мають дещо більшу густину 3,6 г/см³ і можуть використовуватись для захисту техніки.

Таким чином показано, що армовані керамічні матеріали забезпечують найвищі із відомих нині технічні характеристики (рис.) композиційної броні і являються основою нового покоління захисту від вогнепальної зброї людини та техніки.

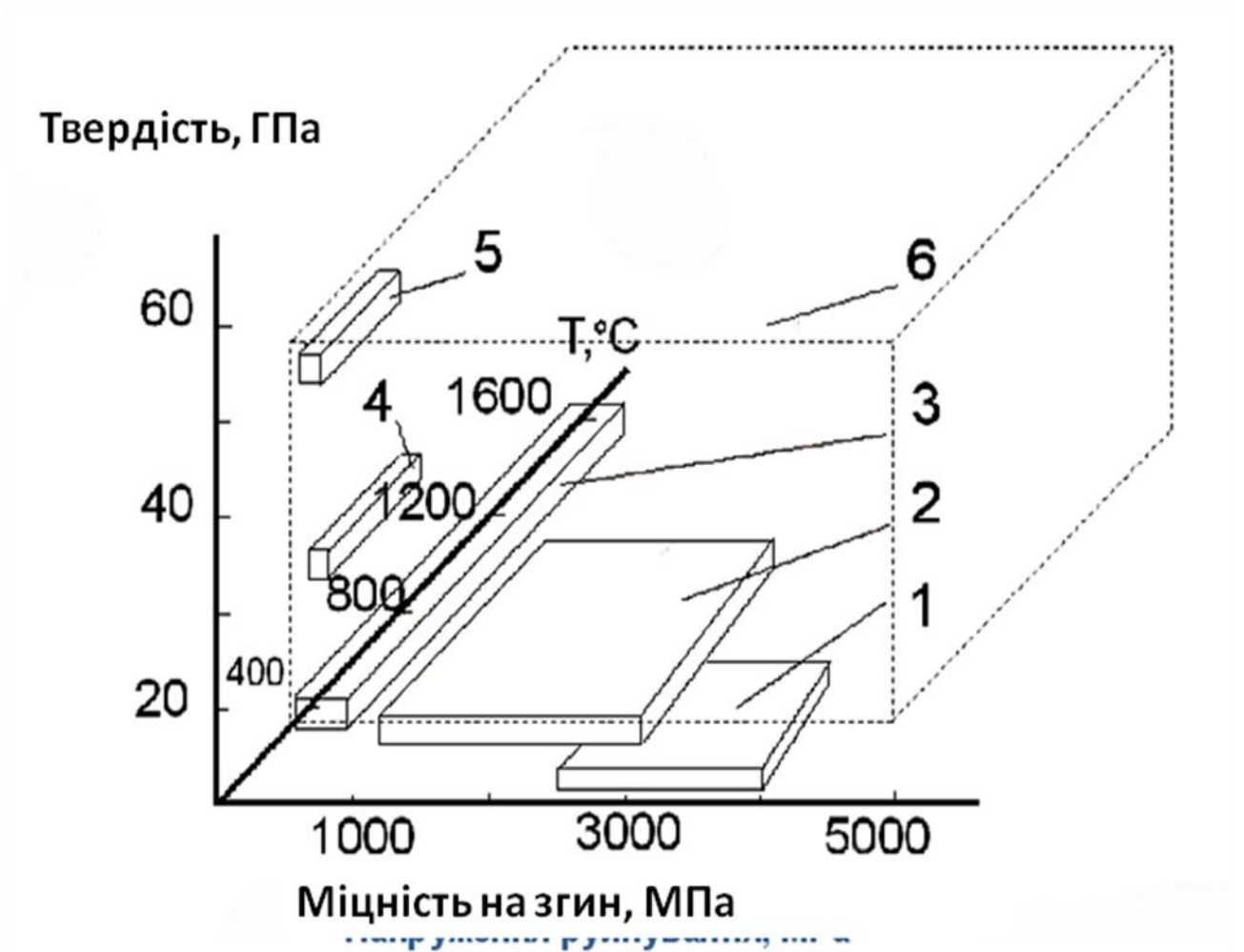


Рис. Співвідношення фізико-механічних властивостей нового класу армованих керамічних композитів і матеріалів сучасної керамічної броні та металообробного інструменту

- 1 – швидкорізальні сталі;
- 2 – тверді сплави;
- 3 – кераміка – сучасна керамічна броня;
- 4 – нітрид бору;
- 5 – полікристалічний алмаз;
- 6 – армовані керамічні композити, основа нового покоління броні

Сливінський О.А.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського"

Здатність до зварювання та службові характеристики броньових сталей іноземного виробництва

Розраховані та закладені на етапі конструювання тактико-технічні характеристики (ТТХ) бойових броньованих машин (ББМ) повинні в повному обсязі реалізовуватись під час їх бойового застосування та експлуатації. При цьому технологія виготовлення, організація технологічної підготовки та виробничого процесу, не менш ніж проектні рішення, виступають невід'ємними факторами, що визначають відповідність виготовленого зразка бойової машини заявленим ТТХ та впливають на захищеність її бронекорпусу (рис. 1). Особливо це актуально для ББМ легкої категорії за масою, бронекорпуси яких являють собою зварні просторові тонколистові конструкції, що складаються з зовнішніх панелей з'єднаних з внутрішнім силовим каркасом.

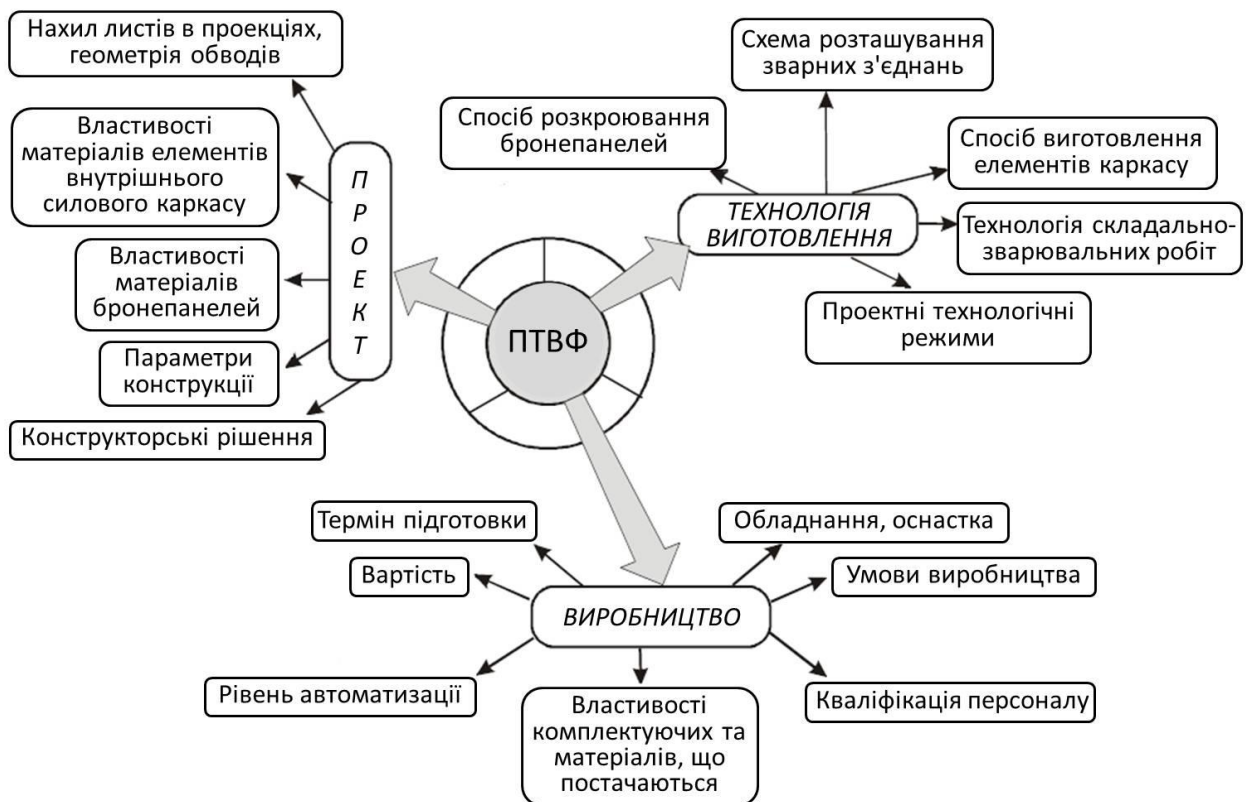


Рис. 1. Проектно-технологічно-виробничі фактори (ПТВФ) захищеності
бронекорпусів ББМ[1]

Однією з найсуттєвіших проблем при виготовленні зварних бронекорпусів ББМ є деградація властивостей металу зони термічного впливу (ЗТВ) зварних з'єднань. Під впливом зварювального тепла найбільш небажаного характеру набувають процеси у ділянці перегріву ЗТВ, структурно-фазові перетворення в якій характеризуються збільшенням розміру аустенітного зерна та розвитком високотемпературної хімічної

мікронеоднорідності під час перебування металу за температур вище 1250...1300 °С, а при подальшому охолодженні – бездифузійним характером перекристалізації з утворенням найменш пластичного продукту розпаду аустеніту – пластинчастого мартенситу. Наслідком вказаних процесів є підвищена загроза виникнення холодних тріщин в полі залишкових зварювальних напружень.

В контексті наведеної проблеми, застосовувані при виготовленні вітчизняної бронетехніки броньові сталі закордонного виробництва не є винятками, а отже і технологія їх зварювання потребує ретельного опрацювання із застосування науково обґрунтованих рішень.

Сучасні броньові сталі «західного» виробництва поділяються за рівнем твердості листового напівфабрикату на три групи: 1) сталі з твердістю біля 400 HB (реально 210...470 HB) – т. зв. RNA-сталі (RolledHomogeneousArmor), що нормуються за військовими ТУ США MIL-DTL-12560; 2) сталі з твердістю біля 500 HB (реально 477...534 HB) – HNA-сталі (HighHardArmor) згідно MIL-DTL-46100 та 3) сталі з твердістю не менше 570 HB – UHN-сталі (UltraHighHardArmor) за MIL-DTL-32332. Сталі 1-ої групи постачаються в стані після гартування й високого відпуску та застосовуються переважно у вигляді товстолистого прокату для виготовлення важкої бронетехніки. Сталі 3-ї групи через високий вміст вуглецю обмежено застосовуються для зварювання броневузлів. У зварювальному виробництві корпусів бойових броньованих машин легкої категорії за масою переважно застосовують сталі 2-ї групи (табл. 1). При цьому, для забезпечення необхідних службових властивостей листовий прокат зі сталей цієї групи загартовується з наступним низькотемпературним відпуском. В результаті матеріал набуває структури мартенситу відпуску (рис. 2), що забезпечує йому границю текучості не менше 1250 МПа, границю міцності більше 1450 МПа, при середній твердості біл. 51HRC.

Вуглецевий еквівалент, розрахований за формулою МІЗ для реальних плавок зі сталей, наведених у табл. 1 складає: $CEV_{ПВ} = 0,60...0,75$, що підтверджує незадовільну зварність цих матеріалів. У зв'язку з цим, перед зварюванням рекомендовано виконувати попереднє підігрівання не вище 150 °С та застосовувати «м'які» режими зварювання з обмеженням погонної енергії. Як правило використовується дугове зварювання у захисному газі плавким високолегованим електродним дротом аустеніто-феритного класу. Оскільки після зварювання конструкції не загартовуються, а підлягають лише низькотемпературному відпуску при 200...250 °С, забезпечення рівномірності металу зварного з'єднання неможливе, а необхідний рівень міцності виробів досягається їх конструктивним виконанням.

Таблиця 1. Умовний хімічний склад (максимальний вміст елементів) деяких броньових сталей закордонного виробництва

Марка сталі	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	P, %	S, %	B, %
ARMSTAL 500 (Польща)	0,3 2	1,20	0,5 0	0,90	1,10	0,30	≤0,01 5	≤0,01 0	0,00 3
Armoх 500Т (Швеція)	0,3 2	1,20	0,4 0	1,0	1,80	0,70	≤0,01 5	≤0,01 0	0,00 5
SWEBOR ARMOR 560* (Швеція)	0,3 6	1,60	0,6 0	+	—	—	≤0,02 0	≤0,01 0	+
BISPLATE HHA* (Австралія)	0,3 2	0,80	0,5 0	1,20	0,50	0,30	≤0,02 5	≤0,00 5	0,00 2

+/- - міститься/відсутній в складі сталі, як легувальний елемент; * - сталь мікролегована Al, V, Ti.

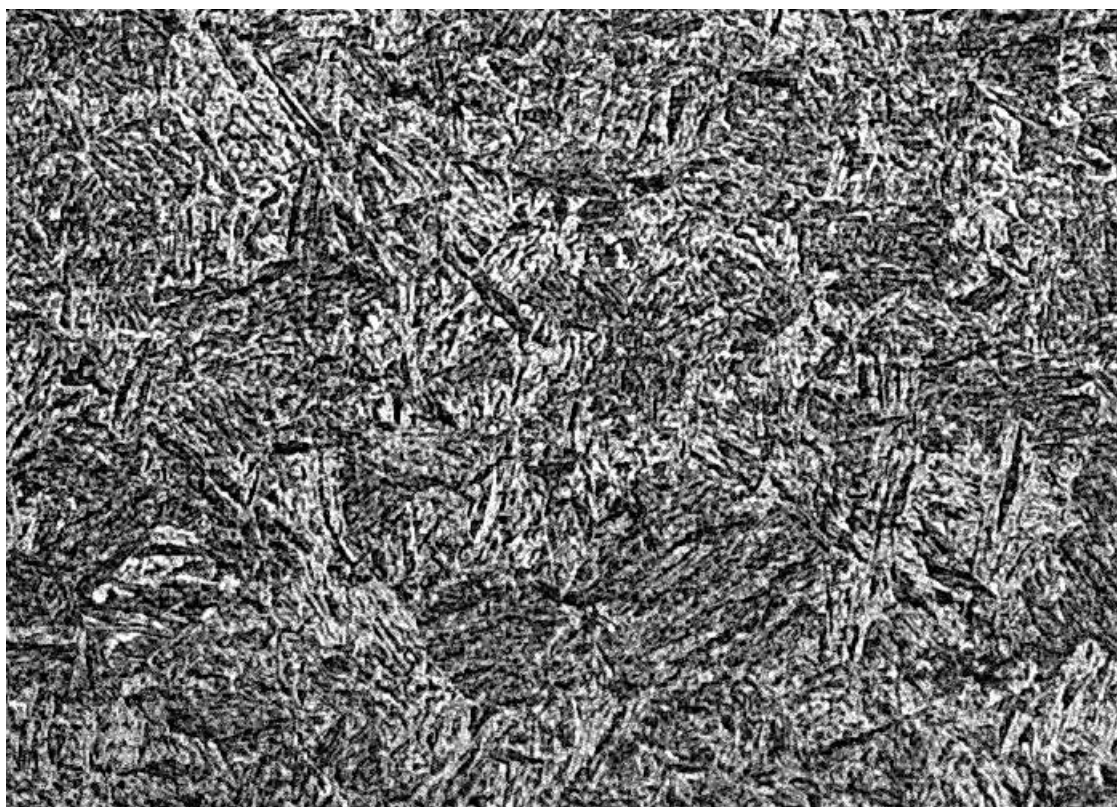


Рис. 2. Структура дрібноголкового мартенситу відпуску сталі ARMSTAL 500 в стані поставки (×500)

Складність розробки технології зварювання конструкцій зННА-сталей полягає в необхідності такого регулювання термічного циклу зварювання (ТЦЗ), який з одного боку, для уникнення холодних тріщин, забезпечував би бейніто-мартенситну структуру металу навколошовної ділянки з підвищеною

пластичністю, а з іншого боку забезпечував би твердість та міцність металу ЗТВ не нижче за аналогічні показники основного металу. Розроблення науково обґрунтованих технологічних рішень зазначеної проблеми потребує побудови термодіаграм розпаду переохолодженого аустеніту, вивчення кінетики фазових перетворень, особливостей формування структури в металі ЗТВ та визначення його основних механічних властивостей.

Всі зазначені властивості матеріалів можна одержати експериментальним шляхом, що, однак потребує значних фінансових витрат та витрат часу на проведення трудомістких дослідів. В представленій роботі, для моделювання фізичних та механічних властивостей матеріалів за їх хімічним складом, нами застосовано методи обчислювальної термодинаміки. Необхідний для чисельного моделювання точний хімічний склад сталей, наведених у табл. 1 було взято з сертифікатів на постачання відповідного листового прокату, а вихідний середній розмір аустенітного зерна за даними [2, 3] складав 10-11 мкм.

Чисельно побудовані термодіаграми розпаду переохолодженого аустеніту для досліджуваних сталей наведено на рис. 3.

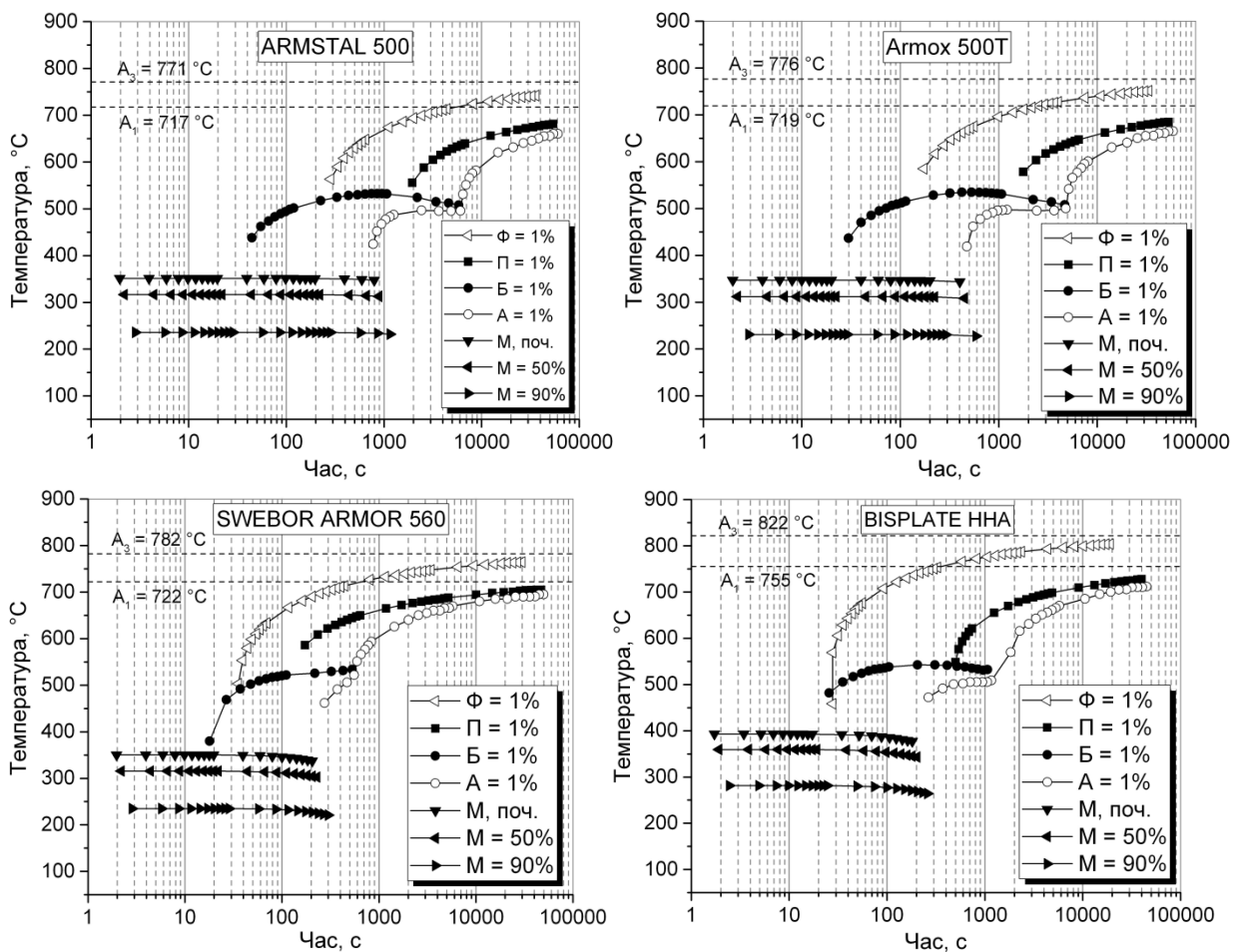


Рис. 3. Термодіаграми розпаду переохолодженого аустеніту ($T_{\text{аус.}} = 880^\circ\text{C}$) для ННА-сталей з табл. 1

Легко бачити, що всі розглянуті сталі, через подібну схему легування мають схожі діаграми анізотермічного перетворення аустеніту (особливо ARMSTAL 500 та Armoх 500Т). Для них характерна відносно висока температура початку мартенситного перетворення (350...400 °С), що повинно забезпечувати утворення більш пластичної пакетної форми мартенситу. При цьому, очікувано, що в широкому інтервалі швидкостей охолодження, притаманних дуговому зварюванню, кінцева структура металу навколошовної ділянки складатиметься з мартенситу з невеликою кількістю бейнітної та феритної складових.

У подальшому досліджено вплив швидкості охолодження на основні механічні властивості металу навколошовної ділянки, що під час зварювання охолоджується від 1250 °С. При цьому обрано діапазон типових для електродугового зварювання високоміцних сталей значень швидкості охолодження 5...25 °С/с. З наведених на рис. 4 результатів видно, що у разі уповільнення швидкості охолодження нижче приблизно 15 °С/с можливе знеміцнення навколошовної ділянки нижче мінімальних гарантованих показників основного матеріалу у стані поставки, вочевидь внаслідок утворення бейніто-феритної структури.

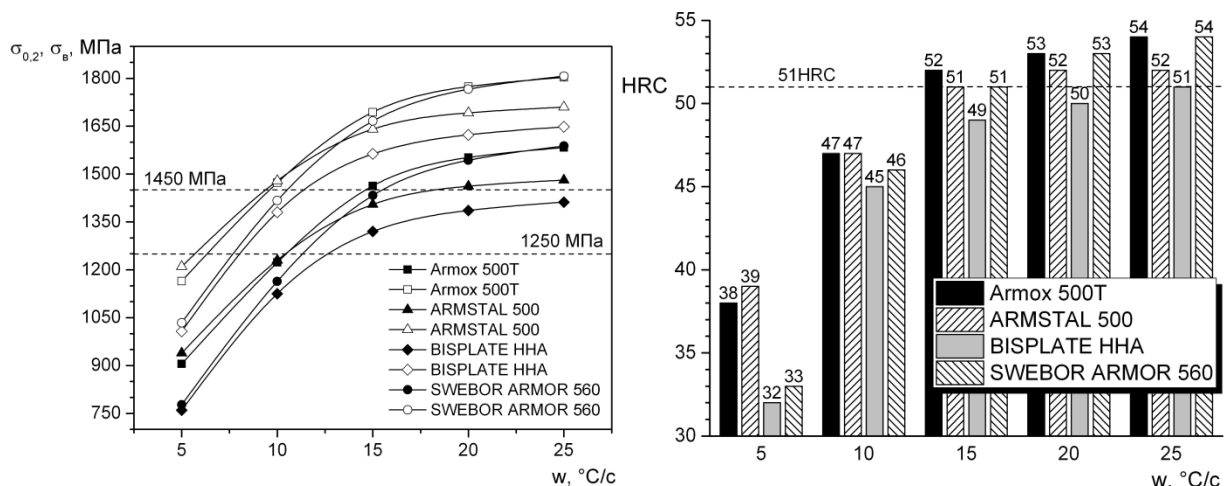


Рис. 4. Границя текучості $\sigma_{0.2}$ (темні точки), міцності σ_B (світлі точки) та середня твердість металу навколошовної ділянки, що охолоджувався від 1250 °С зі швидкостями $w = 5; 10; 15; 20$ та 25 °С/с

Одержані результати можуть бути використані для розробки технології електродугового зварювання броньових сталей закордонного виробництва, особливо у разі необхідності застосування попереднього підігрівання деталей.

Література:

1. Литвиненко А. В., Ткачук Н. А., Литвин Б. Я., Шейко А. И. Общий подход к проектно-технологическому обеспечению защищенности бронекорпусов транспортных средств специального назначения // Механіка та машинобудування, 2012. – №2. – с. 221-229.

2. Adamec N., Stiavnicky M., Palusova M., Bella V. The Suitability of Using C30E Steel Materials for Damping the Effects of Improvised Explosive Devices // Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering, 2012. – №1(7). – pp. 11-20.

3. Kuzmikova L. An Investigation of the Weldability of High Hardness Armor Steel // PhD Thesis. – University of Wollongon, 2013. – 322 p.

Фесенко М.А.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського"*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА ЛИТИХ ВИРОБІВ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

Високоміцний чавун (ВЧ) є прогресивним ливарним конструкційним матеріалом, який все більше знаходить застосування для широкої номенклатури виробів різного призначення.

За останній час в світовій практиці спостерігається збільшення виробництва високоміцного чавуну на частку якого доводиться 25% сукупного виробництва металевого лиття.

В окремих країнах, наприклад, в Австрії, Норвегії, Португалії, Швейцарії, Фінляндії, Нідерландах, Іспанії та ряді інших частка випуску литих виробів з високоміцного чавуну значно перевищує випуск деталей з інших сплавів.

Широке застосування ВЧ обумовлено унікальним поєднанням в ньому фізико-механічних, технологічних і експлуатаційних властивостей, які переважають властивості легованих і модифікованих сірих і ковких чавунів, багатьох сталей, сплавів з кольорових металів тощо.

Крім того, застосування високоміцного чавуну дозволяє зменшити металоємність механізмів, машин та устаткування, знизити витрати на підготовлення та виплавлення розплавів, скоротити технологічний цикл виготовлення литих деталей, підвищити продуктивність праці при їх виготовленні тощо.

В Україні виробництво виливків з ВЧ до кризи знаходилося на рівні 6...7% від загального річного випуску лиття, що значно менше ніж у провідних країнах.

Основними причинами низького випуску лиття з ВЧ в Україні є обережність конструкторів, через слабку обізнаність про можливості та переваги ВЧ, застосовувати в конструкціях сучасних механізмів і машин цей матеріал замість низькоякісних або дорогих легованих залізобетонних або кольорових сплавів, а також відсутність сучасних ефективних технологічних процесів отримання високоміцного чавуну.

Тому, одним з напрямків сучасного оборонно-промислового комплексу машинобудування, приладобудування та інших галузях є збільшення випуску литих виробів (деталей) з ВЧ на діючих підприємствах і на незадіяних потужностях заводів, цехів і дільниць.

Збільшення обсягів виробництва литих деталей з високоміцного чавуну нерозривно пов'язано з удосконаленням традиційних і появою нових процесів їх отримання, а також з розробкою та розширенням нових марок ВЧ.

В роботі запропоновані та досліджені технологічні процеси отримання виробів (деталей) методами лиття з високоміцного чавуну при використанні

найпоширеніших способів ковшового та внутрішньоформового сфероїдизувального модифікування вихідного розплаву.

Багаточисельними дослідженнями виявлено основні закономірності оброблення розплавів чавунів сфероїдизувальними добавками типу ФСМг7, ФСМг9, VL63(M), Ni-Mg+ФС75, Ni-Mg-Cu+ФС75, МЦ50Ж3+ФС75, визначені оптимальні їх гранулометричні характеристики та кількість. Встановлено оптимальні температурні режими та технологічні параметри лиття, які забезпечують отримання литих виробів з заданою структурою та властивостями.

Запропоновано нові способи інтенсифікації розчинення модифікувальних добавок в разі оброблення розплаву чавуну в ковшах, а також в ливарній формі, в тому числі при використанні модифікаторів дрібнодисперсної (до 1,0 мм) та пилоподібної фракції.

На основі проведених досліджень розроблені рекомендації та інструкції щодо оптимальних технологічних процесів оброблення вихідного розплаву чавуну різного хімічного складу, використання яких дозволяє забезпечити стабільне отримання структури та властивостей у виливках з товщиною стінки від 3 до 60 мм із високоміцного чавуну.

За рекомендованими режимами лиття в умовах підприємств України були отримані литі вироби з високоміцного чавуну «Подушка прокатного стану», «Важіль», «Крильчатка», «Поршень», «Корпус», «Злиток для оброблення тиском», «Силовa тяга», «Опорна плита», «Прес-форма для виготовлення кевларових касок», «Втулка», «Ніж», «Сокира» тощо.

Запропоновані та досліджені технологічні процеси дозволяють значно спростити процес отримання литих деталей з високоміцного чавуну, скоротити витрату дефіцитних і дорогих легувальних елементів, знизити собівартість литва, розширити номенклатури виробів, які працюють в різних умовах експлуатації (зносоустійкості, корозійної стійкості, теплостійкості та інших агресивних середовищах), покращити умови праці в цехах підприємств.

Розроблені та досліджені технологічні процеси захищені патентами України.

Бурмістров К.С., Мурашев Б.В., Торопін В.М., Торопін М.В.

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

РАНОВА ПОВ'ЯЗКА ПРОЛОНГОВАНОЇ ДІЇ З НАНОМАТЕРІАЛУ, ЯКА МІСТИТЬ ІММОБІЛІЗОВАНИЙ ХЛОР

Перев'язувальні матеріали відносяться до первинних засобів, що широко використовуються при лікуванні ранового процесу, запальних і гнійних поразок, у тому числі й у військовій медицині.

Основоположником воєнно-польової хірургії є М. І. Пірогов, який в 1865-1866 р.р. видав працю «Начала общей воєнно-полевой хирургии, взятые из наблюдений воєнно-госпитальной практики и воспоминаний о Крымской войне и Кавказской экспедиции». Їм уперше було запропоновано застосовувати пов'язки, просочені крохмалем для захисту рани від інфекції, що виявилось досить ефективним. Подальший розвиток воєнно-польова хірургія дістала у роки I і II світових війн [1].

Академік М. Н. Бурденко, який був головним хірургом Червоної Армії, в «Указаниях по воєнно-полевой хирургии» сформулював чіткі принципи підходу до лікування вогнепальних ран: 1) усяка вогнепальна рана є первинно бактеріально забрудненою; 2) первинна хірургічна обробка антисептиками ран є єдино надійним методом попередження інфекції в рані.

Методи лікування, запропоновані М. І. Піроговим, широко використовувалися під час II світової війни, а його книга була перевидана в роки війни як керівництво воєнно-польовим хірургам. Найбільш важливим етапом при лікуванні ран є своєчасне надання первинної медичної допомоги протягом 6-18 годин. У перші місяці війни був відзначений ріст смертності поранених бійців через запущені форми інфікованих, гнійних ран, що виникли через несвоєчасне надання пораненим первинної медичної допомоги. Одним з найкращих антисептичних засобів того часу виявився розчин Дакена, що являв собою частково нейтралізований борною кислотою розчин гіпохлориту натрію. Його вперше застосував на практиці в роки I світової війни хірург Каррель. Дія цього розчину заснована на потужних бактерицидних властивостях хлорноватистої кислоти. Спочатку Каррель запропонував постійно зрошувати ранову поверхню розчином, а згодом зупинилися на додаванні його на пов'язку через кожні 2 години. Розчин Дакена добре зарекомендував себе не тільки при вогнепальних пораненнях, але й при опікових ранах як хімічного (при опіках від іприту), так і термічного походження [1]. Після відкриття і початку виробництва хлорамінів Б і Т вони стали використовуватися аналогічно розчину Дакена й знайшли широке застосування.

З відкриттям антибіотиків у середині XX сторіччя інтерес до розчинів з активним хлором помітно знизився, але у 90-х роках вони знову стали затребуваними. Це пов'язане з тим, що до цього часу відбувся процес зміни збудників інфекцій. Так, якщо в 50-60 р.р. «чумою XX століття» називали стафілокок, у 70-80 р.р. – грамнегативну аеробну мікрофлору, то на рубежі

XXI сторіччя встановлений факт асоціативної аеробно-анаеробної мікробної агресії при гнійних захворюваннях. Крім цього, останнім часом мікробіологами показано, що більшість хвороботворних мікроорганізмів у природних навколишніх середовищах існує у вигляді структурованих, прикріплених до поверхні співтовариств – біоплівок. Вони дуже стійкі до фізичних і біохімічних впливів, а також до антибіотиків [2]. Слід зазначити, що нераціональне використання антибіотиків привело до росту стійкості до них хвороботворних мікроорганізмів. Все це супроводжується тривалою затримкою загоєння ран, неефективністю лікування їх антибіотиками, тому сьогодні потрібні альтернативні методи боротьби з інфекцією.

Антимікробні ранозагоювальні пов'язки призначені для рішення актуальної проблеми, пов'язаної зі створенням безпечної альтернативи антибіотикам і хіміопрепаратам при лікуванні ран і ранових інфекцій, у тому числі стійких до дії антибіотиків.

Важливим елементом при лікуванні ран є підбір перев'язувальних матеріалів, що відповідають фазам загоєння. Особливо це стосується ран з рясним ексудатом, до яких відносяться вогнепальні рани, у яких кількість ексудату становить 0,5 мл/см² у добу. При неправильному виборі пов'язки можливі вторинні запальні процеси, токсичні поразки продуктами некрозу тканин і, як наслідок, незадовільні результати лікування.

Застосовуваний у цей час перев'язувальний матеріал можна розділити на наступні типи: пов'язки, просочені антисептиками, пов'язки з хімічно щепленим антисептиком і сорбуючі пов'язки з високорозвиненою поверхнею. Найпоширенішим типом є пов'язки, просочені антисептиком. До них можна віднести добре відомі пов'язки на основі хлоргексидину: «Активекс Х», «САН», «Bactigras», «Traumastem Brodress disinfect»; пов'язки на основі фурагіну: «САН», «Активтекс Ф», а також комбіновані з хлоргексидином і фурагіном: «Активтекс ХФ».

Серед сорбуючих пов'язок варто виділити ранові пов'язки «VitaVallis», виготовлені із синтетичного волокнистого наноструктурованого матеріалу методом електроформування [3], а також пов'язки на основі нанографіту НСГ [4]. Добре зарекомендували себе ранові пов'язки «Aquacell hydrofiber», виготовлені на основі волокнистої карбоксиметилцелюлози [5]. Для додання таким матеріалам антимікробних властивостей їх імпрегнують сріблом і алюмінієм.

Зараз найбільш перспективним є перев'язувальний матеріал з іммобілізованим антисептиком, з якого антимікробний препарат безупинно, у дуже малих кількостях, нешкідливих для людини, але достатніх для придушення життєдіяльності мікроорганізмів, надходить у рану. У результаті цього триваліше зберігається терапевтична концентрація антисептика на рановій поверхні, що неможливо при традиційному використанні водних розчинів антисептиків через швидке капілярне відсмоктування лікарських препаратів перев'язувальним матеріалом.

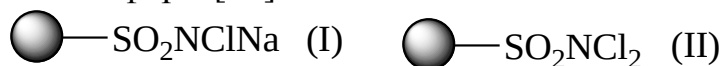
Введення антисептиків до складу полімерних носіїв може здійснюватися хімічними методами за рахунок солеутворення або прищеплення з утворенням ковалентного зв'язку. Солеутворення

використовується для введення катіонних антисептиків (декаметоксину, етонію, хлоргексидину, полігексаметиленгуанидин гідрохлориду та ін.) у целюлозні, синтетичні полімерні матеріали з вільними карбоксильними або сульфатними групами. Сольові форми катіонних антисептиків проявляють таку ж антимікробну активність, як і вільні сполуки, але вони можуть набагато довше використовуватися за рахунок повільного виділення катіонних препаратів у контактуюче біологічне середовище [6, 7]. Є також дані про іммобілізацію протеолітичних ферментів (трипсину) на аніонних полімерах на основі акрилатів і целюлози [8]. Показано високу ефективність такого матеріалу при лікуванні гнійних ран, зменшення строків появи грануляції та епітелізації.

Найбільш складним способом введення лікарських препаратів у полімерний матеріал є шлях, заснований на утворенні ковалентних зв'язків між лікувальною речовиною й функціональними групами полімерного матеріалу.

Роботи з іммобілізації лікарських препаратів до полімерного матеріалу проводяться в Массачусетському технологічному інституті (США) під керівництвом професора Паули Хеммонд, де був прищеплений ванкоміцин до полі(β -L-молочної кислоти) [9]. Випробування мікробіологічної активності цього матеріалу показали, що він пригнічує *Staphylococcus aureus* з тією же ефективністю, що й звичайний зразок ванкоміцину. Відзначається, що новий перев'язувальний матеріал є дуже перспективним, але він потребує проведення додаткових досліджень на піддослідних тваринах.

Метою нашого дослідження був синтез волокнистої й нетканої форм N-хлорсульфонаміду натрію й N,N-дихлорсульфонаміду й створення на їх основі перев'язувального матеріалу пролонгованої дії. Дане рішення змогло бути реалізоване завдяки розробці білоруськими вченими способу радіаційного прищеплення до поліпропіленового волокна сополімеру стиролу з дивінілбензолом і одержанню з нього сульфокатіоніту ФИБАН К-1. Він використовується для очищення повітря в приміщеннях від парів аміаку, гідразину й амінів, а також як катіоніт при водопідготовці [10]. Цей матеріал має волокнисту структуру – діаметр ниток 40-50 мкм. Нами шляхом ряду хімічних перетворень із сульфокатіоніту ФИБАН К-1 синтезовані іммобілізовані N-хлорсульфонамід натрію (I) і N,N-дихлорсульфонамід (II) волокнистої й нетканої форм [11].



Вміст активного хлору в синтезованих сполуках становить від 8% до 20%. Вони стійкі при зберіганні, а при внесенні в дистильовану воду дуже повільно виділяють активний хлор. При наявності у воді солей амонію, амінокислот матеріал швидко виділяє активний хлор.

Нами вивчена емісія активного хлору з матеріалів у присутності різного роду активаторів, кращим з яких виявився таурин, що є біогенною речовиною й знаходиться у крові (до 60% амінокислотного складу лейкоцитів припадає на таурин). Знайдено, що завдяки нановолокнистій будові матеріалу, виділення активного хлору перебігає інакше, ніж у їх

гранульних аналогів. Проведено мікробіологічні випробування іммобілізованих N-хлорамінів, які підтвердили високу їх активність щодо більшості хвороботворних мікроорганізмів і грибів. На підставі цього нами запропоновано використовувати іммобілізовані N-хлораміни для створення перев'язувального матеріалу, що має пролонговану антимікробну дію (до 48 год.). Антимікробний ефект матеріалу проявляється за рахунок поступового виділення з нього хлорноватистої кислоти при контакті з раною. Відомо, що хлорноватиста кислота в дуже низьких концентраціях (5-10 мг/дм³) здатна пригнічувати ріст більшості хвороботворних мікроорганізмів. Вона синтезується в організмі теплокровних тварин при фагоцитозі й захищає його від інфекцій. Встановлено, що в дослідях *in vitro* при концентрації 2-8 мг/дм³ хлорноватиста кислота проявляє імуностимулюючий ефект і приводить до нормалізації фагоцитарного індексу [12]. Додаткова пролонгована дія матеріалу при його використанні досягається за рахунок утворення біогенних N-хлорамінів (переважно N-хлортаурину) із широким спектром антимікробної активності, які додатково мають здатність інгібувати колагеназу, що забезпечує швидке загоєння ран.

Нами проведена апробація матеріалу шляхом випадкового експерименту при лікуванні неінфікованих, інфікованих ран і опіків. При лікуванні неінфікованих ран у присутності значної кількості ексудату не спостерігалось вторинного інфікування рани. При лікуванні інфікованої рани спостерігалось швидке очищення її від некротичних мас і вихід гною. Аналіз використаного після лікування зразка матеріалу показав, що після 16-годинного контакту з раною в ньому ще залишався активний хлор. Невеликі опіки як хімічного, так і термічного походження легко проходили (без пухиря) при накладенні змоченого водою матеріалу. При використанні матеріалу не спостерігалось болючих відчуттів, подразнення шкіри. Зараз проводяться доклінічні дослідження матеріалу по вивченню ранозагоючої, репаративної активності та токсичності на дослідних тваринах. На підставі цих досліджень буде запропонований склад випускної форми ранової пов'язки та розроблені методичні вказівки щодо її застосування.

Відпрацьована технологія отримання та підготовлена нормативно-технічна документація для дослідно-промислового виробництва іммобілізованих N-хлорсульфонамідів на хімічних підприємствах України.

Література:

1. Петров М.М. Консервативные методы лечения ран во время Великой Отечественной войны. - Военно-медицинский журнал. - 2013. - № 9. - С. 80-85.
2. Петухов В. И., Окулич В. К., Плотников Ф. В., Сенькович С. А. Особенности клинического течения раневого процесса в зависимости от способности возбудителя формировать биопленку. - Вестник ВГМУ. - 2013. – Т. 12, № 4. - С. 100-105.
3. Нетканый материал медицинского назначения, обладающий ранозаживляющей, антибактериальной и противовирусной активностью, и перевязочное средство на его основе. Патент на изобретение № 2397781 от

06.04.2009. / Дыгай А. М., Лернер М.И., Новицкий В.В., Огородова Л.М., Псахье С.Г., Чурин А.А

4. Штейнле А. В. Постников П. С. Кутонова К. В. Штейнле Л. А. Раневая повязка на основе наноструктурированного графита пример оптимального соотношения сорбционных и адгезивных свойств. - Сибирский медицинский журнал. - 2012. – Т. 27, № 2. – С. 131-136.

5. Лурін І.А., Кобірніченко А.А., Сотников А.В., Горелов С.В., Маркевич С.В., Безлюда М.П. Досвід використання високоабсорбуючих пов'язок на основі hydrofiber у лікуванні ран тулуба та нижніх кінцівок // Актуальні питання хірургічного та анестезіологічного забезпечення Збройних сил України: гнійно-септична хірургія. Збірка наукових праць. – 2009. – С. 54-58.

6. Капуцкий В.Е., Абаев Ю.К., Адарченко А.А. Разработка и применение антисептиков пролонгированного действия в хирургии. - Белорусский медицинский журнал. – 2005. - № 2. - С. 46-48.

7. Бицидный полимерный сорбент. Патент на изобретение Белоруси ВУ 16527 от 30.12.2012. / Агабеков В.Е., Тарасович В.А., Кулевская И.В., Мелясова Н.А., Шункевич А.А., Поликарпов А.П., Иванова Н.А., Космачева Т.Г., Глоба И.Ю.

8. Бледнов А. В. Перспективные направления в разработке новых перевязочных средств. - Новости хирургии. – 2006. – Т. 14, № 1. - С. 9-19.

9. Bryan B. Hsu, Samantha R Hagerman, Kelsey Jamieson, Steven A, Castleberry, Wade Wang, Eggehard Holler, Julia Y Ljubimova, Paula T. Hammond. Multifunctional Self-Assembled Films for Rapid Hemostat and Sustained Anti-infective Delivery. - ACS Biomaterials Science & Engineering. - 02/2015. - 1(3). - P. 148-156.

10. Soldatov V, Pavlovski L., Shunkevich A., Wasag H. New materials and technologies for environmental engineering. Part 1. Syntheses and structure of ion exchange fibers // Lublin, Wydawnictwo-Drukarnia liber Duo Kolor. – 2004. – 127 p.

11. Новий полімерний матеріал з іммобілізованим активним хлором, що проявляє антимікробні властивості. Заявка на корисну модель № u 2016 05241 від 13.05.2016 р. / Бурмістров К. С., Мурашев Б. В., Торопін В. М., Торопін М. В.

12. Иванов С. В., Юдина С. М., Чухарев А. М., Бондарев Г. А., Долженко С. Н., Гапонов А. М., Нестеренко С. Н., Истомин С. Р., Бурда Ю. Е. Лечение разлитого перитонита. // Методические разработки для общих хирургов, студентов медвузов старших курсов. 1999, 50 с.

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЛЮДИНИ

Вступ. Інтерес до серцевої діяльності виник давно. У давні часи була помічена висока інформативність діагностичних критеріїв, заснованих на аналізі серцевого ритму. Мистецтвом пульсової діагностики володіли ще в Стародавньому Китаї і в Стародавній Греції [1]. В даний час серед найпоширеніших способів інструментального дослідження серцево-судинної системи (ССС) людини відомі такі: електрокардіографія, фонокардіографія, різновиди плетизмографії і сфігмографії, УЗД судин [2,3]. За сигналами, які отримані цими методами, визначаються основні параметри та стислі показники ССС. За ними лікарі мають змогу точніше і швидше встановлювати діагноз. Визначення окремих параметрів ССС, зокрема таких як частота серцевих скорочень, можливо лише реєструючи один сигнал, наприклад, електрокардіограму або ж плетизмограму. У разі визначення більш складних інтегральних параметрів (насичення крові киснем, визначення тонічного стану судин, ритму серця та ін.) для забезпечення правильного встановлення діагнозу необхідна синхронна реєстрація декількох сигналів, котрі характеризують різні прояви функціонування ССС.

Апаратно-програмний комплекс експрес-діагностики стану людини може бути впроваджений у відділеннях функціональної діагностики медичних закладів як в мирний, так і у військовий час для контролю за функціональним станом ССС при транспортуванні поранених та визначення функціонального стану ССС норма/патологія військових у зоні бойових дій.

Постановка проблеми. До теперішнього часу накопичений великий фактичний матеріал по вивченню, розробці та впровадженню в медичну практику методів дослідження гемодинаміки, моделювання пульсового руху крові в судинах і встановлення діагностичних ознак стану кровоносної системи людини, обробці та аналізу пульсових сигналів. Зростаючий інтерес до цього питання пояснюється тим, що властивості еластичності судин відіграють велику роль в кровообігу, моделювання допомагає краще зрозуміти і відобразити процеси в ССС, удосконалення апаратури, зокрема первинних перетворювачів – реєструвати сигнали в умовах завад і артефактів, автоматизована обробка результатів – виведення висновку про стан обстежених на екран монітору, що дає можливість особистого використання приладів (відсутність кваліфікованого медичного персоналу) тощо. Проте за даними ВООЗ (2006 р.) у всьому світі смертність від серцево-судинних захворювань займає перше місце (30% від всіх захворювань), за даними World Health Statistics (2008 р.) – 9,7% захворювань судин, 12,2% захворювань серця, на початок 2010-х років ці показники значно зросли. Високі показники захворюваності судинної системи людини, ураження людей все більш молодого віку, роблять цю проблему однією з найважливіших у сучасній охороні здоров'я.

Актуальність роботи. Методи експрес- та функціональної діагностики дозволяють проводити профілактичні огляди населення і виявляти відхилення від норми на ранніх стадіях, що дуже важливо для успішної терапії, тому вдосконалення засобів діагностики загалом і пульсової діагностики зокрема залишається актуальною задачею.

Метою роботи є розробка апаратно-програмного комплексу для реєстрації, обробки та аналізу пульсових хвиль для подальшого визначення функціонального стану ССС.

Сучасний стан задачі. Широкий вибір приладів та методик, запропонованих різними авторами для вимірювання параметрів пульсової хвилі, не завжди задовольняє сучасним вимогам до реєстрації медичних сигналів і пульсової хвилі, зокрема. Сьогодні в медичну діагностику впроваджується все більша кількість методів, оснований на застосуванні лазерних та оптико-електронних приладів. До них відноситься і фотоплетизмографічний метод (ФПМ), що дозволяє вимірювати кровонаповнення та кровострум як в потужних венах і артеріях, так і в периферійних судинах і капілярах.

ФПМ у порівнянні з іншими методами діагностики біологічного об'єкту (БО) за оптичними показниками, наприклад, з фотоакустичним методом, дозволяє підвищити достовірність реєстрації гемодинамічних показників кровонаповнення, а також те, що введенням в прилади, які реалізують даний метод, елементів світловолоконної техніки і джерел з різноманітними довжинами хвиль зонduючого випромінювання можна достатньо точно вирішувати задачі фотодинамічних досліджень, дистанційних вимірів тих або інших гемодинамічних показників БО.

В сучасній практичній медицині метод фотоплетизмографічних сигналів для діагностики та оцінки стану ССС чи локального кровотоку є досить перспективним і має значну діагностичну цінність, що доведено рядом дисертацій та патентних робіт останнім часом. Широке розповсюдження серцево-судинних захворювань підтверджує актуальність розробок сучасних приладів діагностики та моніторингу, спрямованих на підвищення ефективності методів та розвиток технічних засобів експрес-діагностики таких захворювань.

Основна частина. В статті запропоновано використання ФПМ для розробки апаратно-програмного комплексу реєстрації, обробки та аналізу пульсових хвиль для подальшого визначення функціонального стану ССС.

Метод фотоплетизмографії базується на реєстрації оптичної густини досліджуваної поверхні тіла людини. Досліджувана частина поверхні тіла людини просвічується інфрачервоним світлом, яке після розсіювання (чи відбиття), попадає на фотоприймач. Інтенсивність світла, відбитого чи розсіяного, досліджуваної частини тканин (органу), визначається кількістю та об'ємом крові, що знаходиться там і дозволяє достатньо швидко та точно оцінити стан та динаміку локального кровотоку в період кожного серцевого ритму. Метод дозволяє застосовувати безконтактні датчики, у результаті чого не відбувається стиснення артерії, що виключає порушення кровообігу на

досліджуваний ділянці і, в результаті, виключає неправильність висновку. Найбільше широко застосовується стандартний метод пальцевої фотоплетизмо-графії з подальшою спектральною, контурно-часовою чи іншою обробкою сигналу.

Оскільки апаратна частина системи потрібна для розробки методики визначення функціонального стану ССС за аналізом фазових портретів пульсограм [4, 5], метод пальцевої фотоплетизмографії є недостатнім в практичному застосуванні. Якщо для останнього достатньо, щоб досліджувана кінцева фаланга пальця кисті чи стопи просвічується з однієї сторони звичайним некогерентним світлом, яке після розсіювання в ній з протилежної сторони поступає на фотоприймач, то для отримання достатньо інтенсивних сигналів на інших досліджуваних частинах, наприклад, над променевою артерією руки людини, є проблематичною.

Сигнал, знятий над променевою артерією руки – найбільш інформативним з точки зору діагностики ССС. Однак, цей сигнал також залежать і від конституції тіла людини – її антропометричних показників [6]. Для врахування цих обставин та більшої достовірності дослідження пульсових хвиль і діагностики за ними ССС пропонується управління інтенсивністю інфрачервоного світла в залежності від конституції тіла людини. Використання однієї оптопари для цього недостатньо внаслідок низької потужності світлового потоку та глибини його проникнення. Рекомендується використання кількох оптопар, з'єднаних послідовним, паралельним чи паралельно-послідовним способами в ланцюг, з управлінням їх режимом роботи від інтенсивності отриманого сигналу пульсової хвилі в залежності від конституції тіла людини (рис.1). Мініатюрність конструкції оптопар дозволяє це зробити на невеликій площині, яку повинен мати сам датчик.

Сучасна радіoeлектроніка представлена наявністю багатьох датчиків, які підходять для вирішення вищеописаної проблеми (датчики фірм Rosh, Vishay та ін.). Датчик пульсу HLC1995-002 фірми Honeywell [7] – це інфрачервоний датчик для визначення відбиваючих об'єктів на коротких дистанціях (рис. 2). Інфрачервоний діод і p-p-н фототран-зистор змонтовані в одному чорному пластиковому корпусі, розділені перегородкою для мінімізації взаємних перешкод. Датчик сконфігурований таким чином, що катод інфрачервоного діода і емітер фото-транзистора мають спільний вихід. Основними його перевагами є висока чутливість та гнучкість конструктивних рішень (компактний корпус).

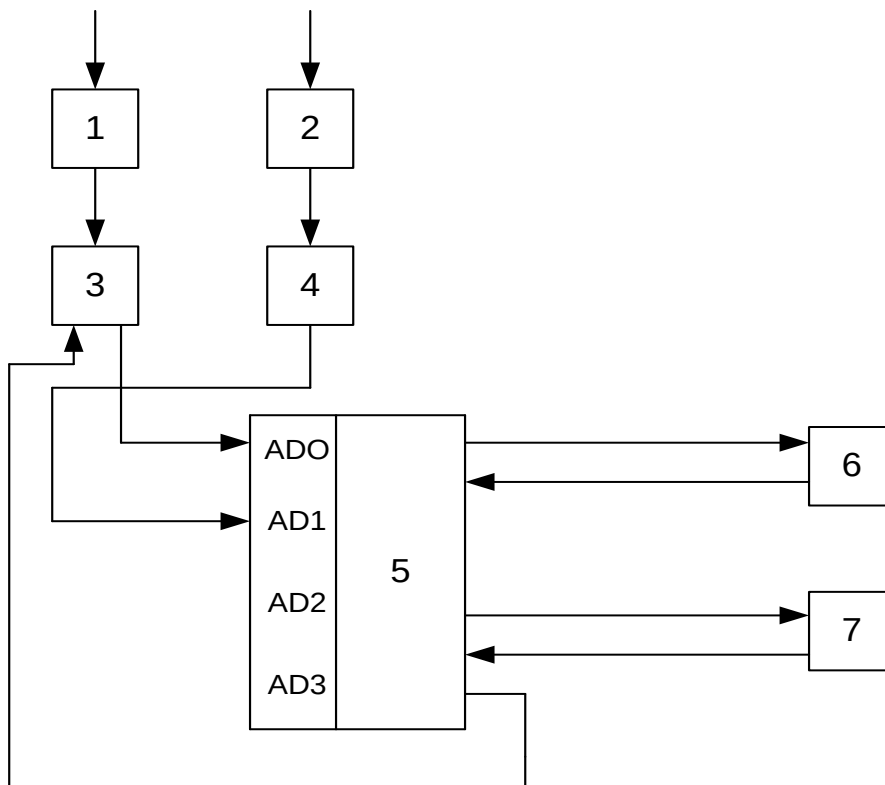
Принцип дії датчика заснований на тому, що модульоване пульсом випромінювання світлодіода відбивається і надходить на фотоприймач. Модуляція виникає наступним чином. В момент «удару» серця тиск в кровоносній системі зростає, капіляри розширюються, просвіт між ними звужується, що приводить до зміни прозорості живої тканини. В результаті виникає модуляція відбитого світлового сигналу по амплітуді. Ця модуляція є малою, тому подальше підсилення сигналу робить електронна частина схеми.

Для досягнення необхідної точності та достовірності дослідження і відображення пульсового сигналу в програмі ПК та подальшої його обробки

методом фазової площини необхідно використовувати як мінімум 2 датчі. Живитись датчик може від окремого джерела живлення (батарейки 5 – 6 В).

Підсилені сигнали, що надходять з датчика, перетворюються в аналогово-цифровому перетворювачі, який вбудований в мікроконтролер, в цифровий код, що передається в ПК через USB-вхід. Після того, як результати вимірювання потрапляють в комп'ютер, на екрані висвітлюється оброблений фотоплетизмографічний сигнал.

Для передачі даних від мікроконтролера МК до персонального комп'ютера ПК, найдоцільніше використовувати USB-вхід, оскільки, порівнюючи із послідовним інтерфейсом RS-232, при його використанні вирішується проблема подолання обмежень у використанні ПК (RS-232 не використовується в сучасних нетбуках).



ПІДВІСКА НА ОСНОВІ ЧОТИРИЛАНКОВОГО ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

Керованість, стійкість та плавність ходу автомобіля є одним з найважливіших експлуатаційних складових активної безпеки автомобіля і які напряду пов'язані з якістю роботи підвіски. Покращенню цих техніко-експлуатаційних параметрів у всьому світі приділяється велике значення.

Відповідно підвищити ходові якості і розширити потенціал автомобіля можна за допомогою удосконалення вже існуючих підвісок або створення нових.

На базі кафедри автомобілів та автомобільного господарства (А та АГ) Житомирського державного технологічного університету запропоновано спосіб підвищення плавності ходу автомобіля за рахунок конструктивних змін підвіски автомобіля. Було створено підвіску автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму (ЧЛВМ) (патент № 77530 від 15.12.2006 р. Мельничук С.В. Патент України на винахід “ Пружно-демпферний модуль підвіски ”).

За схемою підвіски традиційний пружний елемент 1 встановлений в середині ромбовидного важільного механізму 2 (рис. 1).

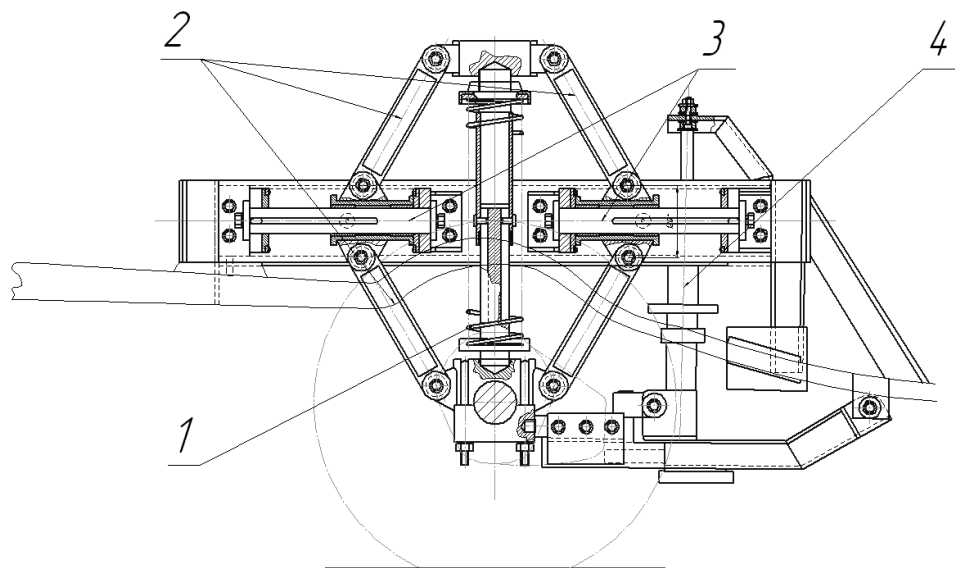


Рисунок 1. Підвіска на основі ЧЛВМ

Динамічне навантаження від дороги передається на підресорену масу через кінематичний ланцюг з важільного механізму 2 та повздовжніх напрямних 3, при цьому пружний елемент 1 отримує збільшену вдвічі деформацію, що призводить до збільшення енергоємності підвіски, покращення плавності ходу та захисту людей, вантажів та елементів конструкції автомобіля від дії динамічних навантажень.

Дана підвіска може бути встановлена на задню вісь різних вантажних та пасажирських автомобілів категорій M1,M2,N1,N2, у військовій техніці, зокрема у бронетранспортерах та легкових броньованих автомашинах.

Технічні можливості:

- розширення діапазону регулювання плавності ходу;
- збільшення енергоємності підвіски, що дає змогу використовувати пружні та демпферні елементи із вдвічі меншими коефіцієнтами жорсткості та в'язкості;
- зменшення амплітуд коливання підресореної маси;
- дозволяє підвищувати швидкість руху на дорогах з нерівною поверхнею;
- покращення комфорту водія та пасажирів.

Безвесільна О.М., Ткачук А.Г.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”,

Житомирський державний технологічний університет

АВІАЦІЙНИЙ П’ЄЗОГРАВІМЕТР

Інформація про гравітаційне поле Землі, тобто про фізичне поле, зумовлене тяжінням маси Землі і відцентровою силою, яка виникає внаслідок добового обертання Землі, використовується в гравіметрії, сейсмології, авіаційній і космічній техніці військового призначення, геології, археології тощо. У класичній фізиці гравітаційне поле описується одним потенціалом та напруженістю. Напруженість гравітаційного поля ж збігається з прискоренням сили тяжіння.

Для визначення характеристик гравітаційного поля Землі, тобто прискорення сили тяжіння g_z , найзручніше використовувати авіаційні гравіметричні системи (АГС), чутливим елементом яких є гравіметр. За допомогою АГС можна здобути гравіметричну інформацію у важкодоступних районах земної кулі набагато швидше та з меншими витратами, ніж за допомогою інших гравіметричних засобів чи систем.

Ефективність роботи АГС значною мірою забезпечується вибором чутливого елемента системи – гравіметра. Найбільш відомими гравіметрами АГС сьогодні є: кварцовий ГАЛ-С, розроблений Аерогравіметричною лабораторією в Інституті Фізики Землі Російської академії наук; кварцовий ГІ 1/1, розроблений “Раменським приладобудівним заводом”; струнний “Гравітон-М”, розроблений ДНВП “Аерогеофізика” разом із МДТУ ім. М. Баумана та “ВНДІГеофізика”; кварцовий “Чекан-АМ”, розроблений ВАТ концерн “ЦНДІ “Електроприлад”; магнітні МАГ-1 та GT-1А, розроблені у ПАТ “Гравіметричні технології” та “Canadian Micro Gravity” відповідно; гіроскопічні РІГА 16, РІГА 25, розроблені у Массачусетському технологічному інституті. Точність перерахованих гравіметрів недостатня: (3 – 10) мГал. Швидкодія їх також мала. Вони не автоматизовані. Обробка результатів проводиться після польоту літака (ЛА) на Землі протягом тривалого часу. До того ж ці гравіметри вимірюють разом із прискоренням сили тяжіння вертикальне прискорення $\ddot{h}$. Високоточне вимірювання $\ddot{h}$ є складною науково-технічною проблемою і вимагає застосування додаткових фільтрів. У НТУУ “КПІ” розроблено та досліджено автоматизовані гіроскопічні вимірювачі g_z . Однак, точність їх недостатня (2 мГал).

Тому актуальною науково-технічною задачею є підвищення точності та швидкодії вимірювань величини прискорення сили тяжіння шляхом створення нового гравіметра автоматизованої АГС.

На кафедрі приладобудування НТУУ “КПІ” під керівництвом Заслуженого діяча науки і техніки України, д.т.н., професора Безвесільної О.М. розроблено новий п’єзоелектричний гравіметр (ПГ) автоматизованої авіаційної гравіметричної системи, який має точність 1 мГал. Чутливий елемент ПГ (рис. 1) складається із п’єзоелектричного елемента (ПЕ) 5, що

працює на деформації стиснення-розтягування, ізоляторів 7 на торцях ПЕ та інерційної маси (ІМ) 6. З метою підвищення надійності та міцності конструкції, чутливий елемент пружно притиснений до основи 8 гвинтом 10. ПГ за допомогою кабелю 11 з'єднаний із операційним підсилювачем. П'єзoeлектричний елемент 5 являє собою багат шарову конструкцію (п'єзопакет), що складається із шарів кристалічного ніобату літію.

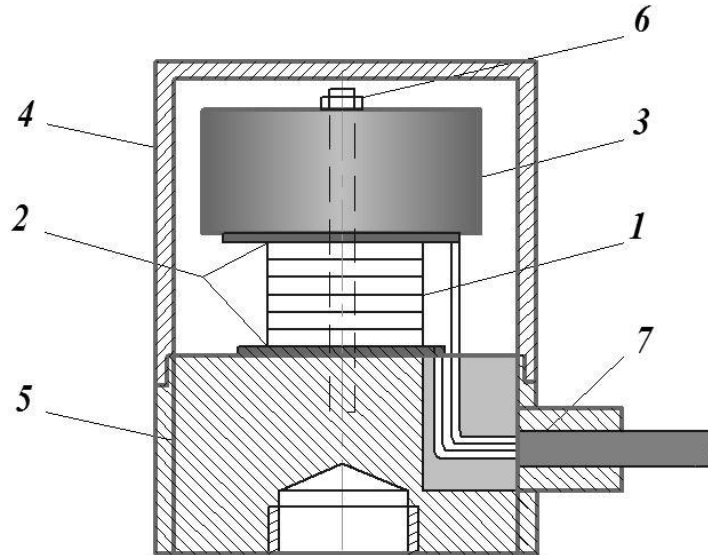


Рис.1. Конструкція ПГ: 1 – ПЕ; 2 – ізолятори; 3 – ІМ; 4 – основа; 5 – герметичний корпус; 6 – гвинт; 7 – вивідний кабель

Розглянемо коливальну систему ПГ, яка включає у себе наступні елементи: ІМ (m), елемент жорсткості (κ) та демпфуючий елемент (n). У якості демпфуючого елемента виступає повітря, яке створює опір рухові ІМ. Елемент жорсткості характеризується пружними властивостями ПЕ.

На ІМ діє сила, яка, відповідно до другого закону Ньютона, дорівнює:

$$G = mg_z, \quad (1)$$

де G – сила тяжіння, яка діє на ІМ; m – вага ІМ.

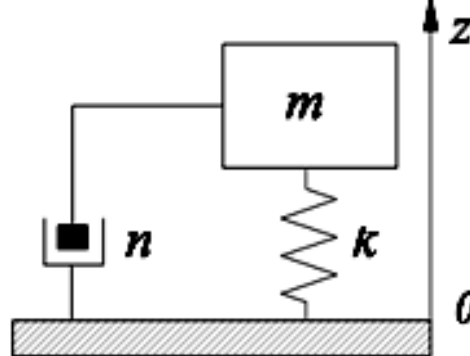


Рис. 2. Коливальна система ПГ

Під час руху ІМ на неї діють також сила пружності ПЕ, сила опору руху та інерційна сила від дії вертикального прискорення ЛА.

Сила пружності ПЕ, відповідно до закону Гука, дорівнює:

$$F_{np} = -\kappa x, \quad (2)$$

де F_{np} – сила пружності ПЕ; κ – коефіцієнт пружності, який залежить від властивостей ПЕ.

Сила F_{op} опору руху ІМ:

$$F_{op} = -n \frac{dx}{dt}, \quad (3)$$

де n – коефіцієнт опору (затухання).

З урахуванням (1), (2) і (3) отримаємо:

$$mg_z = -n \frac{dx}{dt} - \kappa x. \quad (4)$$

Кінцеве рівняння руху ПГ із врахування інерційної сили $F_i = m \frac{d^2 x}{dt^2}$

матиме вигляд:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + n \frac{dx}{dt} + \kappa x = -mg_z. \quad (5)$$

Через інерційність конструкції ПГ, двома першими складовими у наступному будемо нехтувати. Рівняння руху ПГ в умовах установки на Землі, буде

$$g_z = -\frac{\kappa}{m} x. \quad (6)$$

В умовах установки ПГ на ЛА складову $m \frac{d^2 x}{dt^2}$ треба враховувати.

Розглянемо рівняння руху автоматизованої АГС для визначення аномалії прискорення сили тяжіння Δg :

$$\Delta g = f_z + \frac{v^2}{r} \left\{ 1 - 2e \cdot \left[1 - 2 \cos^2 \varphi \cdot \left(1 - \frac{\sin^2 k}{2} \right) \right] \right\} + 2\omega_3 v \sin k \cos \varphi - \quad (7)$$

$$- 2\dot{h} \frac{e}{r} v \cos k \sin 2\varphi + 2 \frac{\gamma_0 h}{r} + \omega_3^2 h \cos^2 \varphi - \ddot{h} - \gamma_0.$$

де f_z – вихідний сигнал ПГ; v – швидкість ЛА; r – радіус місцезнаходження ЛА; e – стиск еліпсоїда; φ – географічна широта; k – курс ЛА; ω_3 – кутова швидкість обертання Землі; h – висота ЛА над еліпсоїдом; $\dot{h}$ – вертикальна швидкість ЛА; $\ddot{h}$ – вертикальне прискорення ЛА; γ_0 – довідкове значення прискорення сили тяжіння.

Перепишемо рівняння руху АГС у вигляді

$$\Delta g = f_z + E + A - \ddot{h} - \gamma_0, \quad (8)$$

де f_z – вихідний сигнал гравіметра АГС;

$$E = \frac{v^2}{r} \left\{ 1 - 2e \cdot \left[1 - 2 \cos^2 \varphi \cdot \left(1 - \frac{\sin^2 k}{2} \right) \right] \right\} + 2\omega_3 v \sin k \cos \varphi - 2\dot{h} \frac{e}{r} v \cos k \sin 2\varphi \quad -$$

поправка Етвеша; $A = 2 \frac{\gamma_0 h}{r} + \omega_3^2 h \cos^2 \varphi$ – поправка за висоту;

$\gamma_0 = \gamma_{0e} (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi)$ – довідкове значення прискорення сили тяжіння; $\gamma_{0e} = 9.78049 \text{ м/с}^2$ – довідкове екваторіальне значення прискорення сили тяжіння.

Вихідний сигнал гравіметра АГС після обчислення і введення поправок E , A та γ_0 можна записати у вигляді:

$$T = f_z = g_z + \sigma_{\ddot{h}}, \quad (9)$$

де $\sigma_{\ddot{h}}$ – похибка від впливу вертикального прискорення ЛА.

Як відомо, при частотах, менших за 0.1 рад/с, система літак-автопілот суттєво зменшує ефекти впливу вертикального прискорення; при частотах понад 0.1 рад/с спектральна густина вертикального прискорення прямує до нескінченності. Тому необхідно забезпечити процес фільтрації вихідного сигналу ПГ із частотою 0.1 рад/с. Найпоширенішим методом конструктивної реалізації даного процесу у відомих гравіметрів є використання низькочастотних фільтрів із частотою зрізу 0.1 рад/с. Однак, у тих умовах, у яких передбачена експлуатація ПГ, робота електронних компонентів фільтра стає нестабільною, цим змінюючи його частоту зрізу. У кінцевому результаті фільтр починає пропускати завади на вихід ПГ або не пропускати частину корисного сигналу взагалі. Тому наявність фільтра низьких частот, як окремого блока у складі гравіметра, суттєво зменшує, у першу чергу, надійність приладу та точність.

Пропонується спосіб фільтрації вихідного сигналу ПГ за рахунок створення чутливого елемента нового гравіметра автоматизованої АГС у вигляді п'єзопакета, частота власних коливань ω_0 якого дорівнює найбільшій частоті гравітаційних прискорень, що може бути виміряна на фоні перешкод – 0.1 рад/с:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{s_n E_n}{h_n m}} = 0.1 \text{ рад/с}, \quad (10)$$

де m – вага інерційної маси; s_n , E_n та h_n – площа, модуль пружності матеріалу та висота п'єзoelementa відповідно.

Саме за допомогою низькочастотної фільтрації з частотою зрізу 0.1 рад/с, можна відокремлювати g_z від $\ddot{h}$ із точністю 1 мГал. При цьому у вихідному сигналі ПГ також усуваються інші компоненти збурень, переважна частота яких більша за 0.1 рад/с. До таких збурень належать поступальні віброприскорення, переважна частота яких 3140 рад/с; кутові віброприскорення, переважна частота яких понад 0.1 рад/с.

Перспективи подальшого підвищення точності та швидкодії нового п'єзoeлектричного гравіметра автоматизованої АГС

Чутливий елемент нового ПГ, як вже зазначалось, є одноканальним і виконано у вигляді набору п'єзопластин. Частота власних коливань чутливого елемента дорівнює 0,1 рад/с. При цьому п'єзопластины ПГ виконують функції чутливого елемента та фільтра низьких частот одночасно, відокремлюючи корисний сигнал прискорення сили тяжіння від високочастотних завад (в основному це вертикальне прискорення ЛА). Однак, конструкція нового ПГ не передбачає компенсацію інструментальних похибок від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, які є значними в екстремальних умовах, якими характеризуються гравіметричні вимірювання на ЛА.

Тому запропоновано для компенсації інструментальних похибок зробити новий ПГ двоканальним. Для цього чутливий елемент виконано з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу. П'єзоелементи обох каналів є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин та інерційної маси, що закріплені одне на одному. П'єзоелемент одного каналу розташовано п'єзопластинами вниз, а п'єзоелемент іншого каналу розташовано п'єзопластинами вгору. Виходи п'єзопластин обох каналів з'єднані з входами суматора, вихід якого з'єднаний із входом пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра.

Двоканальний ПГ працює наступним чином. На п'єзоелементи обох каналів діє прискорення сили тяжіння g_z , вертикальне прискорення $\ddot{h}$ ЛА та інструментальні похибки Δi від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища. Якщо спроектувати всі ці впливи на вимірювальну вісь ПГ та врахувати те, що п'єзоелемент одного каналу працює на стиснення, а п'єзоелемент іншого каналу – на розтяг, то отримаємо:

$$\begin{aligned} u_1 &= k(mg_z + m\ddot{h} + \Delta i), \\ u_2 &= k(mg_z - m\ddot{h} - \Delta i), \end{aligned}$$

де u_1 – вихідний електричний сигнал п'єзопластин одного каналу; u_2 – вихідний електричний сигнал п'єзопластин іншого каналу; m – вага інерційної маси у кожному каналі; k – п'єзоелектрична стала.

Вихідні електричні сигнали u_1 та u_2 п'єзопластин обох каналів сумуються у суматорі:

$$u_\Sigma = u_1 + u_2 = 2kmg_z,$$

де u_Σ – вихідний сигнал суматора.

Вихідний сигнал u_Σ суматора подається у пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра, де він обчислюється за певний інтервал часу. У кінцевому результаті отримуємо вихідний сигнал T пристрою обчислення вихідного сигналу ПГ, який містить подвоєний сигнал прискорення сили тяжіння. У ньому повністю відсутні такі похибки вимірювань, які спричинені впливом вертикального прискорення $\ddot{h}$ та інструментальних похибок Δi . Отже, точність двоканального ПГ буде значно вищою.

Безвесільна О.М., Чепюк Л.О.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”,

Житомирський державний технологічний університет

СТРУННИЙ ГРАВИМЕТР ІНЕРЦІАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Вивчення параметрів гравітаційного поля Землі (прискорення сили тяжіння g та його аномалій Δg) необхідне у геодезії, геофізиці, геодинаміці, океанології. Інформація про гравітаційне поле Землі використовується в авіаційній і космічній техніці військового призначення (корекція систем інерціальної навігації ракет, літаків, орбіт космічних літальних апаратів), для дослідження геодинамічних явищ, для реалізації задач інженерної геології, археології, прогнозу землетрусів. Гравіметричні вимірювання проводили на поверхні Землі, на підводному човні, на надводному судні і на літальному апараті (ЛА). Наземні вимірювання забезпечують найбільш високу точність (0,01 мГал). Однак, вони здійснюються повільно. Райони полюсів, екватора, океанів для таких вимірювань недоступні. Морські вимірювання мають точність меншу, ніж наземні вимірювання (0,1 – 0,5 мГал). Однак, морські вимірювання неможливі у гірських та у віддалених районах океанів.

Вимірювання на ЛА дозволяють здійснювати вимірювання Δg у важкодоступних районах земної кулі зі швидкістю значно більшою, ніж наземні. Тому проведення високоточних авіаційних вимірювань є актуальним. Для цих цілей використовують авіаційні гравіметричні системи (АГС), чутливим елементом яких є гравіметр. Значний вклад у розвиток методів та засобів гравіметричних вимірювань внесли наукові школи, сформовані в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ під керівництвом академіка НАНУ Старостенка В.І., у Науковому Центрі аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАНУ під керівництвом академіка НАНУ Лялько В.І., в Інституті геологічних наук НАНУ під керівництвом академіка НАНУ Гожики П.Ф., у ННЦ “Інститут метрології” під керівництвом к.е.н. Дудолада О.С. та у НТУУ “КПІ” під керівництвом д.т.н., професора Безвесільної О.М.

Аналіз сучасної літератури показав, що найбільш відомими сьогодні є 2 гравіметри: кварцовий ГАЛ-С Аерогравіметричної лабораторії Інституту Фізики Землі РАН; кварцовий ГІ 1/1 Раменського приладобудівного заводу; струнний “Гравітон-М” ДНВП Аерогеофізики; кварцовий “Чекан-АМ”, концерну “ЦНДІ “Електроприлад”; магнітні МАГ-1 та GT-1А ПАТ “Гравіметричні технології” та “Canadian Micro Gravity”; гіроскопічні PIGA 16, PIGA 25 Массачусетського технологічного інституту. Точність вказаних гравіметрів недостатня: (3 – 10) мГал. Швидкодія їх також мала. Вони не автоматизовані. До того ж, ці гравіметри вимірюють разом із прискоренням сили тяжіння вертикальне прискорення. У НТУУ “КПІ” розроблено та досліджено автоматизовані гіроскопічні вимірювачі g . Однак, точність їх недостатня (2 мГал). Тому актуальною науково-технічною задачею є

підвищення точності та швидкодії вимірювань величини прискорення сили тяжіння (ПСТ) шляхом створення нового струнного гравіметра автоматизованої АГС (рис. 1).



Рис. 1. Струнний гравіметр: зовнішній вигляд

Струнний гравіметр (СГ) (рис. 2) має чутливий елемент (позначено пунктиром), виконаний у вигляді двох ідентичних струнних гравіметрів, струни яких виконані із тензочутливого матеріалу, розміщених у герметичному корпусі і електрично ввімкнених за мостовою схемою у два протилежні плечі моста, а вихід моста підключено до пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра. Така конструкція СГ забезпечує лінійну залежність вихідного сигналу від g , що дозволяє значно збільшити точність вимірювань g . Вихідний сигнал досліджуваного СГ не буде залежати від змін температури, тиску, вологості, оскільки вони впливають на частоти обох струн двох ідентичних струнних гравіметрів однаково, але з протилежними знаками. Це також забезпечує підвищення точності вимірювань g у досліджуваному СГ порівняно із відомими.

Струнний гравіметр працює наступним чином.

Як відомо, частота коливань струни f пов'язана з прискоренням сили тяжіння g рівнянням

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{mg}{\lambda}},$$

де m – маса вантажу, l – довжина струни, λ – маса струни на одиницю довжини.

Залежність частоти f від прискорення сили тяжіння у відомого струнного гравіметра-прототипу нелінійна.

У гравіметрі-винаході в якості матеріалу струни пропонується обрати тензочутливий матеріал, який має лінійну залежність зміни внутрішнього

опору R від деформуючого зусилля. У даному випадку цим зусиллям є F – сила інерції від дії прискорення сили тяжіння:

$$F = mg.$$

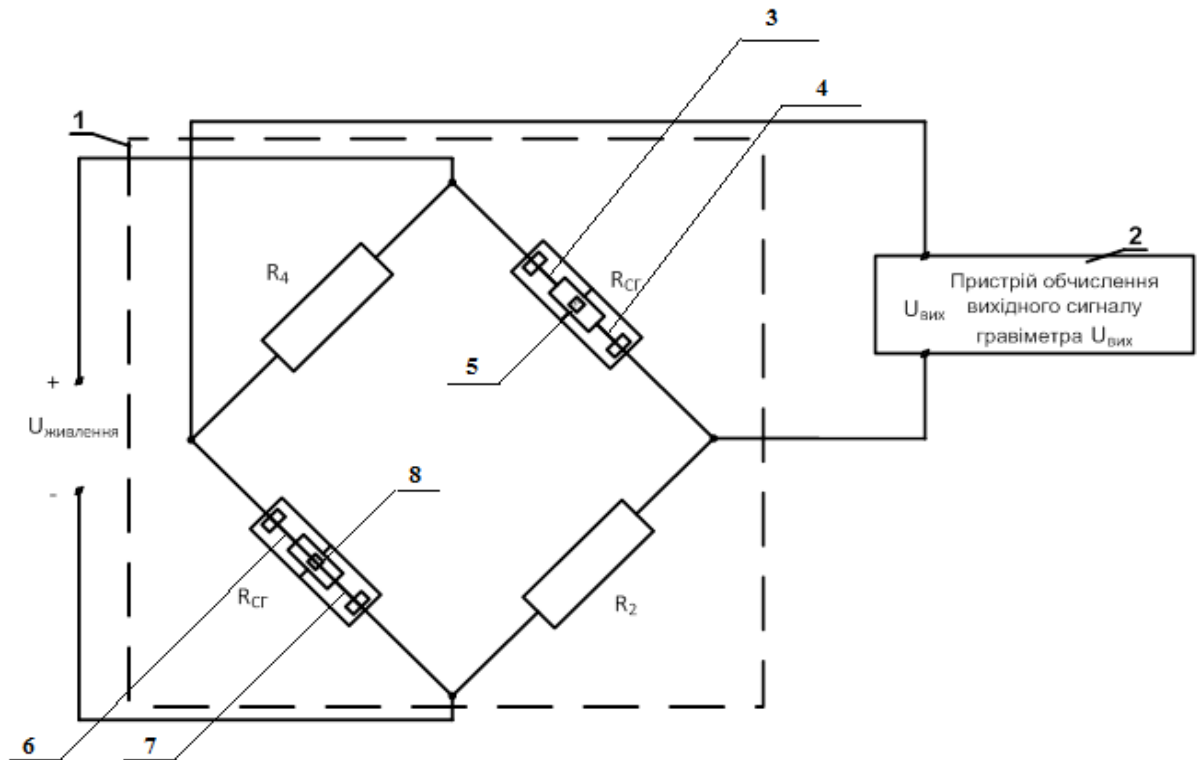


Рис. 2. Струнний гравіметр: 1 – чутливий елемент; 2 – пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра; 3,4 – ідентичні вертикальні струни із тензочутливого матеріалу; 5, 8 – інерційні маси; 6,7 – додатково введені вертикальні струни

Опір матеріалу струн 3 і 4 (принцип роботи струн 6 та 7 аналогічний):

$$R = \rho \frac{l}{q}, \quad (1)$$

де ρ – питомий електричний опір матеріалу струн; l – довжина струн; q – площа поперечного перерізу струн.

Якщо прологарифмувати вираз (1), то отримаємо:

$$\ln R = \ln \rho + \ln l - \ln q. \quad (2)$$

Продиференціюємо (2) та запишемо у частинних приростах:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta q}{q}. \quad (3)$$

Перепишемо (3) у вигляді

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} \left(\frac{\frac{\Delta \rho}{\rho}}{\frac{\Delta l}{l}} + 1 - \frac{\frac{\Delta q}{q}}{\frac{\Delta l}{l}} \right). \quad (4)$$

Врахуємо, що

$$-\frac{\Delta q/q}{\Delta l/l} = 2\sigma, \quad (5)$$

де σ – коефіцієнт Пуассона.

Тоді (4) із врахуванням (5) буде

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} \left(\frac{\Delta \rho/\rho}{\Delta l/l} + 1 + 2\sigma \right). \quad (6)$$

Згідно закону Гука

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{Eq}, \quad (7)$$

де E – модуль пружності матеріалу струн, $F = mg$.

Підставимо (7) у (6) і отримаємо

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{F}{Eq} \left(\frac{\Delta \rho/\rho}{F/Eq} + 1 + 2\sigma \right). \quad (8)$$

У дротяній струні [4] $\frac{\Delta \rho/\rho}{F/Eq} \ll 1 + 2\sigma$.

Тому першою складовою (8) будемо нехтувати. Тоді

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{F}{Eq} (1 + 2\sigma). \quad (9)$$

Враховуючи, що $F = mg$, отримаємо

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta g}{g} \frac{m}{Eq} (1 + 2\sigma). \quad (10)$$

Отже, відносна зміна опору струни $\frac{\Delta R}{R}$ пропорційна відносній зміні прискорення сили тяжіння $\frac{\Delta g}{g}$.

Відповідно, відносна зміна вихідної напруги, що реєструється пристроєм 2 обчислення вихідного сигналу, буде

$$\frac{\Delta U}{U} = I \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta g}{g} \frac{I \cdot m}{Eq} (1 + 2\sigma) = \frac{\Delta g}{g} \cdot k, \quad (11)$$

де $k = \frac{I \cdot m}{Eq} (1 + 2\sigma)$.

З (11) видно, що у струнному гравіметрі-винаході, на відміну від прототипу, відносна зміна вихідної напруги $\frac{\Delta U}{U}$ прямо пропорційна відносній зміні прискорення сили тяжіння. У струнного гравіметра-

прототипу залежність вихідного сигналу від прискорення сили тяжіння завжди нелінійна.

Таким чином, використання в якості матеріалу струни тензочутливого матеріалу забезпечує лінійну залежність вихідного сигналу гравіметра-винаходу від прискорення сили тяжіння. Це дозволяє значно збільшити точність вимірювань прискорення сили тяжіння.

Безвесільна О.М., Шавурський Ю.О.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”,
Житомирський державний технологічний університет*

ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНИЙ ВИТРАТОМІР

Вимірювання параметрів рідких та в'язких речовин широко застосовують у різних галузях народного господарства. Головними параметрами руху потоків рідини є такі: витрата, як кількість речовини, що протікає через переріз трубопроводу за одиницю часу, та загальна кількість перенесеної речовини (повна витрата).

Як відомо, витрата речовини — це маса або об'єм речовини, що проходить через даний перетин каналу засобу вимірювання витрати за одиницю часу. Витрата речовини вимірюється за допомогою витратомірів, що представляють собою засоби вимірювань або вимірювальні прилади витрати. Багато витратомірів призначені не тільки для вимірювання витрати, але і для вимірювання маси або об'єму речовини, що проходить через засіб вимірювання у перебіг будь-якого, довільно узятим проміжку часу. В цьому випадку вони називаються витратомірами з лічильниками або просто лічильниками.

Різноманіття і складність вимог, що пред'являються сучасною наукою і технікою до характеристик, а також областей застосування витратомірів, зумовили появу численних і різноманітних методів вимірювання витрати: змінного перепаду тиску; обтікання — постійного перепаду тиску; тахометричні; електромагнітні; змінного рівня; теплові; вихрові; акустичні.

Крім того, відомі витратоміри, засновані на інших принципах дії: резонансні, оптичні, іонізаційні, міточні та інші. Проте багато з них знаходяться у стадії розробки і широкого застосування поки не одержали.

Витратоміри необхідні перш за все для управління виробництвом. Без них не можна забезпечити оптимальний режим технологічних процесів в енергетиці, металургії, в хімічній, нафтовій, целюлозно-паперовій і багатьох інших галузях промисловості. Ці прилади потрібні також для автоматизації виробництва і досягнення при цьому максимальної його ефективності.

Тому, безсумнівно, дослідження нових видів вимірювання витрати рідини та підвищення існуючих сьогодні витратомірів є актуальними.

Сьогодні одним з найбільш досконалих пристроїв для вимірювання витрати біопалива вважається термоанемометричний витратомір (ТАВ), принцип роботи якого оснований на нагріванні потоку моторного палива і вимірі розподілу температурного поля, створеного нагрівачем у цьому потоці. Зміни температурного поля вздовж потоку моторного палива пов'язані певною функціональною залежністю з величиною витрати палива. Тому, вимірюючи розподіл температурного поля вздовж осі потоку моторного палива, можна з високою точністю визначити його витрату.

На кафедрі приладобудування Національного технічного університету України «КПІ» та на кафедрі автоматизованого управління технологічними

процесами та комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету України проводяться наукові дослідження характеристик нових типів найбільш перспективних високоточних витратомірів. Розроблено новий автоматизований ТАВ, який має вищу точність та швидкодію від відомих сьогодні аналогів. Розроблено його математичну модель та досліджено за допомогою методів класичної теорії систем автоматичного керування, проведено експериментальні лабораторні дослідження.

Для експериментального визначення витрати біопалива ТАВ створено пристрій, який складається з термоанемометра і додатково введеного АЦП сигналів, лічильника витрати біопалива і ЕОМ. Апаратну частину комплексу представлено на рис. 1 у вигляді чутливого елемента (ЧЕ), термоанемометру (ТАВ), який складається з трубки 3, що є основою приладу, нагрівального елемента 1. В ЧЕ входять три термодатчики 4.

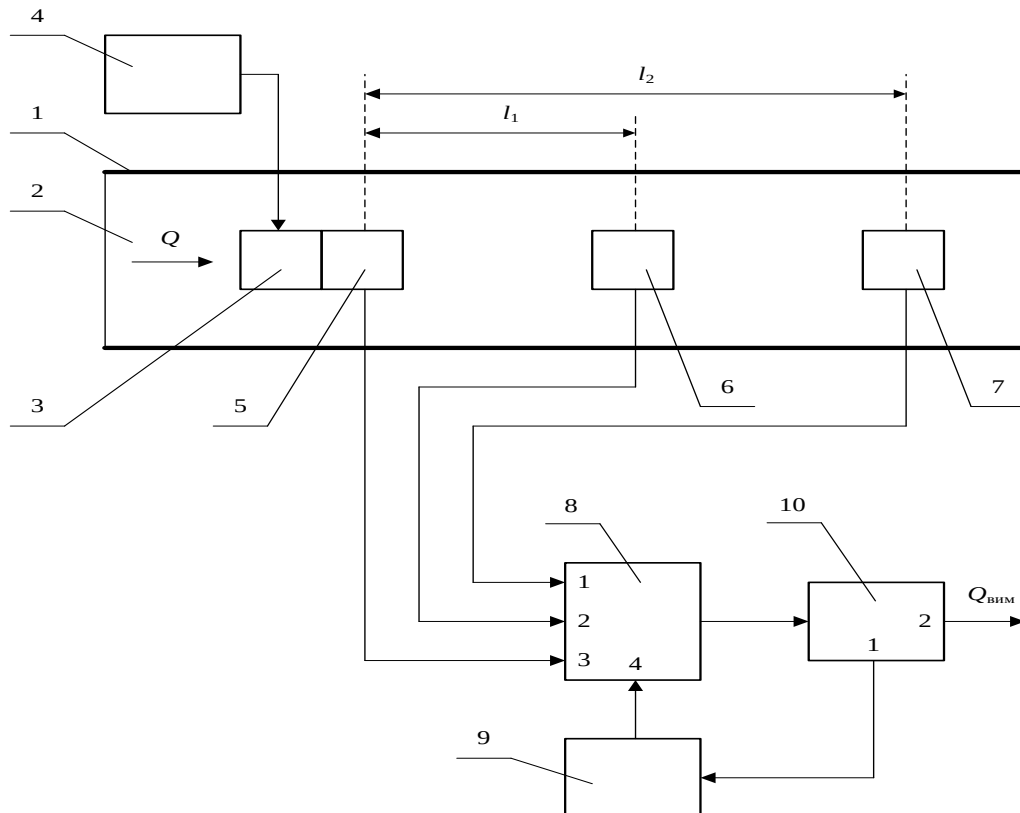


Рис. 1. Блок-схема приладу

За основу нового термоанемометра взято високоточний витратомір моторного палива з цифровою обробкою вимірювальної інформації, що містить трубку 1 з потоком 2 моторного палива, нагрівач 3, джерело 4 енергії, перший 5, другий 6 та третій 7 термоперетворювачі, нейропроцесор 8, блок 9 перемикачів та ЕОМ 10.

До входу нагрівача 3, що розміщений у потоці 2 моторного палива, підключено вихід джерела енергії 4.

Перший термоперетворювач 5 розміщений безпосередньо на нагрівачі 3, а другий 6 і третій 7 термоперетворювачі розміщені у потоці 2 моторного палива послідовно один за одним на фіксованих відстанях l_1 і l_2 від першого

термоперетворювача 5. Виходи першого 5, другого 6 і третього 7 термоперетворювачів підключені відповідно до першого, другого та третього входів нейропроцесора 8, четвертий вхід якого з'єднаний з виходом блоку 9 перемикачів. Вихід нейропроцесора 8 з'єднаний з входом ЕОМ 10, перший вихід якої підключено до входу блоку 9 перемикачів, а її другий вихід є виходом всього пристрою.

Розглянемо калібрування розробленого ТАВ (рис. 2). Для отримання експериментальних даних, необхідних для визначення витрати палива ТАВ, використано біопаливо. Додатково введено ЕОМ, і лічильник.

Для подальшої роботи приладу потрібно зробити його калібровку. Для цього всі датчики (терморезистори) для подальшого під'єднання перевірено на точність маркування за допомогою блоку живлення постійного струму. Вибрані терморезистори в якості датчиків розміщено у термоанемометричній трубці і підключено на вхід підсилювача через перемикачі у необхідному порядку.



Рис. 2. Апаратний комплекс ТАВ

Далі ТАВ підключено до акумуляційної батареї (АКБ). У даному випадку для тарування був використаний двополярний блок живлення. Необхідно було впевнитись: чи з'єднано два корпуси роз'ємом, який живиться струмом від АКБ. Повинні засвітитись два індикатора (світлодіоди) з зеленого кольору (лівий, правий), які показують правильність з'єднання та роботу двополярного блока живлення, вмонтованого в середині корпусу.

Під час градування, обмежуємось кількістю експериментальних точок, необхідною для інтерполяційного визначення параметрів приладу.

У разі проектування ТАВ нульове значення величини сигналу прив'язують до якоїсь конкретної точки шкали (певного значення вимірювальної величини). Для реалізації цієї технологічної вимоги необхідно прив'язуватись до будь-якого з термоперетворювачів, який забезпечує точне відтворення цього значення. Похибка такої моделі в точці, що відповідає цьому значенню величини сигналу, повинна дорівнювати нулю.

В електричній схемі рис. 2 є два корегувальних резистори $R3$ і $R6$, одним з яких $R3$ налаштовуємо температуру на 0°C . Не змінюючи показників всіх інших термоперетворювачів відносно нуля, переходимо на корегування другого резистору $R6$, яким налаштовуємо температуру до 100°C . Для того, щоб впевнитись, чи синхронно налаштовано всі датчики, користуємося осцилографом, яким фіксуємо всі показники на одному діапазоні.

Використання такого способу дозволяє визначити можливу похибку вимірювання при змінах в діапазоні температури $0..180^{\circ}\text{C}$. Похибка складає $0,2\%$ [6].

Налаштовані термоперетворювачі поміщаємо в мідну трубку довжиною 300 мм і діаметром 15 мм. Закріплюємо їх таким чином, щоб не було просочування через мікрощілини. У трубці розташуємо ніхромовий дріт, обмотаний на мідному стрижні. Трубопровід обгорнемо термоізоляцією від впливу навколишнього середовища по всій довжині. Тепер, коли повністю підготовлено і налаштовано ТАВ, перевіряємо його роботу на практиці з розчином (біопаливо, вода), і знімаємо усі показники з програми, яка автоматично виводить графіки на екран (рис. 3).

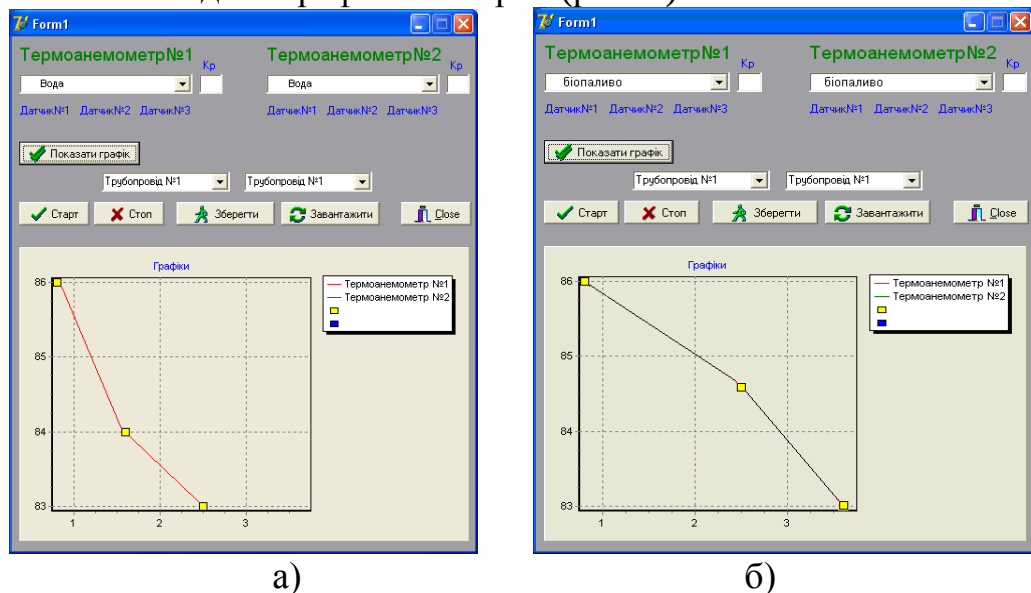


Рис. 3. Вікно комп'ютерної програми виведення результатів вимірювань: а) для води; б) для біопалива

Також, під час роботи ми можемо бачити як змінюється температура на кожному з термоперетворювачів. За допомогою перемикача 1, вмикаємо вручну кожний з термоперетворювачів окремо. Повторимо весь останній вищенаведений експеримент з біопаливом, отримаємо результат на рис. 4, б.

Висновок: при роботі ТАВ на біопаливі, похибки вимірювань ТАВ не перевищують $0,2\%$.

Яськів В.І.

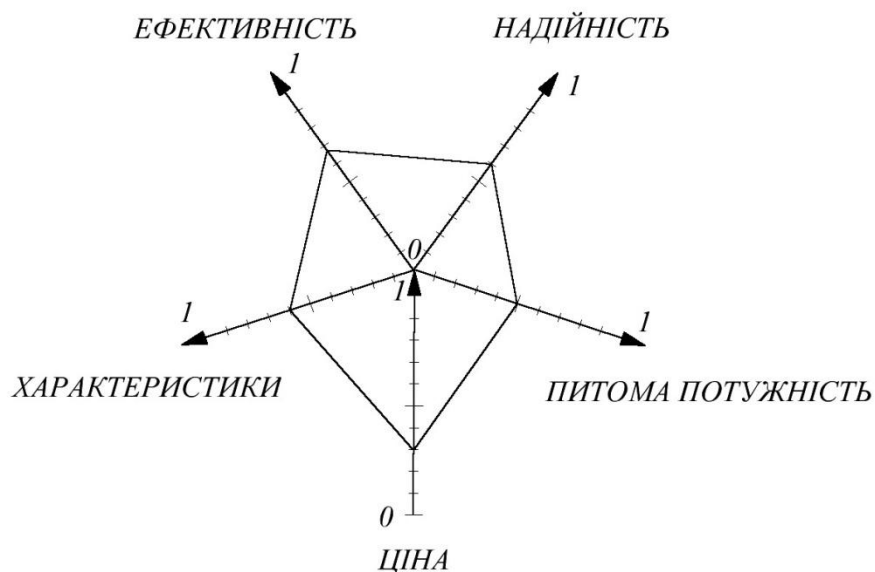
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИХ МАГНІТНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ В АПАРАТУРІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

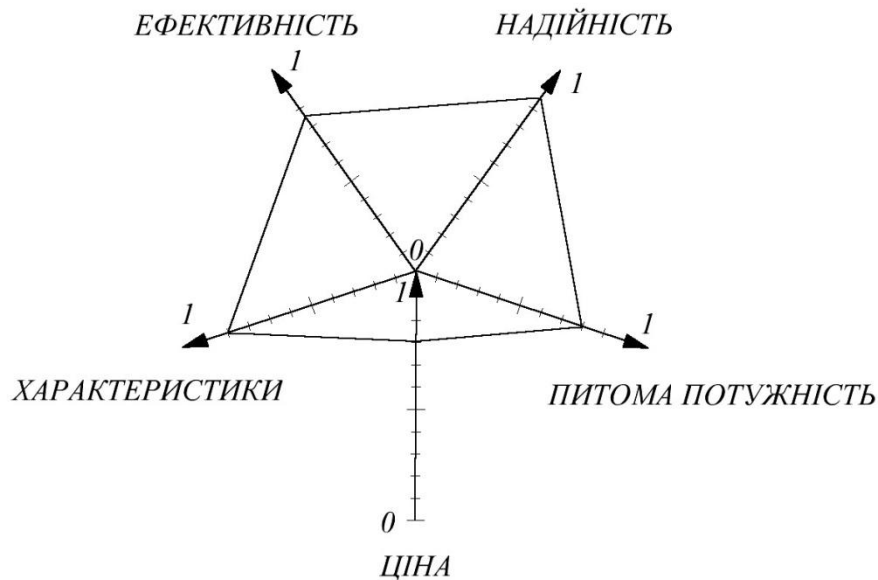
Функціонування радіоелектронної апаратури (РЕА) спеціального призначення вимагає відповідного її енергетичного забезпечення. Функції перетворення та регулювання параметрів електричної енергії виконують напівпровідникові перетворювачі електроенергії (НПЕ). Розробка такого роду пристроїв ведеться відповідно до наступних критеріїв:

- забезпечення функціональних параметрів у повному діапазоні зміни всіх збурюючих факторів;
- ефективності;
- надійності;
- масо-габаритних показників;
- ціни.

На рисунку 1 наглядно наведено відповідність висунутим критеріям при розробці наземної та бортової РЕА. Зрозуміло, що більша площа фігури характеризує вищий рівень вимог до НПЕ для бортової апаратури.



а)



б)

Рисунок 1 – Діаграми оцінки НПЕ при різних значеннях вагових коефіцієнтів основних критеріїв при їх розробці: а) для наземної апаратури; б) для бортової апаратури

На сьогоднішній день 90% усіх НПЕ, що виробляються, реалізовані за принципами високочастотного регулювання параметрів електроенергії. Це дозволило зменшити питому частку НПЕ в об'ємі сучасних радіоелектронних систем до 10%. Функцію силових комутуючих та регулюючих елементів виконують високочастотні напівпровідникові прилади.

Специфічні вимоги при розробці енергозабезпечення апаратури спеціального призначення визначаються замовником і залежать від області їх використання. Вони наступні:

- висока якість вихідних напруг;
- 100 % діапазон зміни струму навантаження;
- низький рівень електромагнітних завад (ЕМЗ);
- високий рівень динамічних характеристик;
- високий рівень струму навантаження;
- технологічність;
- функціональна гнучкість тощо.

Оскільки зазвичай задля функціонування РЕА вимагається кілька різних рівнів напруг з різними діапазонами зміни їх струмів навантаження, то повинні бути враховані методи побудови багатоканальних НПЕ з незалежними (100% діапазон зміни струму навантаження кожного каналу) і рівноцінними (з точки зору рівнів вихідних потужностей) вихідними каналами.

Однак, одночасне забезпечення перерахованих оптимальних характеристик при використанні традиційних підходів при побудові НПЕ не забезпечується.

Відомі альтернативні методи побудови НПЕ з використанням високочастотних магнітних підсилювачів (ВМП) як силових комутуючих елементів. Переваги їх в порівнянні з напівпровідниковими аналогами наступні:

- можливість реалізації багатоканальних НПЕ з рівноцінними і незалежними вихідними каналами із 100% діапазоном зміни струму навантаження;
- допускають широкий діапазон зміни вхідної напруги;
- висока питома потужність;
- висока якість вихідних напруг (відсутні високочастотні піки та низькочастотна складова);
- високий рівень динамічних характеристик (відпрацювання збурення здійснюється за час рівний півперіоду високої частоти комутації та відсутні будь-які перерегулювання в перехідних режимах);
- низький рівень електромагнітних завад;
- висока ефективність;
- низька собівартість;
- висока радіаційна і механічна стійкість;
- висока надійність за рахунок як фізичної природи ВМП, так і суттєвого спрощення схемотехніки;
- високий рівень уніфікації – можливість використання одного типорозміру магнітопароводу ВМП та одних і тих же схемотехнічних рішень для реалізації НПЕ в широкому діапазоні вихідних параметрів.

Однотипність елементної бази НПЕ на основі ВМП в широкому діапазоні вихідних потужностей, простота їх схемотехнічних рішень забезпечують їм високий рівень надійності та низьку собівартість.

Такий підхід дозволить створити НПЕ з високим рівнем комплексності, надійності, ефективності, якості вихідних параметрів в діапазоні вихідних потужностей десятки Ват – одиниці кіловат. При цьому забезпечується високий рівень функціональної гнучкості на етапі проектування при мінімальних фінансових затратах. В результаті гарантуємо НПЕ із жорстким набором експлуатаційних характеристик для найвибагливіших споживачів.

Принцип роботи ВМП, порівняльні характеристики, пропоновані схемотехнічні рішення, результати експериментальних досліджень тощо, детально розглянуто в літературі [1-16].

Література

1. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies // Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004, — p. 1658–1662.
2. Yaskiv V. Design Methods of Switch Mode Power Supplies // Tutorial 10 on 26-th International Energy Conference (INTELEC), Chicago, 2004, — 39 p.
3. Volodymyr Yaskiv, Mykola Karpinski, Olexandr Gurnik. On-Board Power System Supply of Space Vehicles // Symposium Proceedings of the Fifth Sino-Russian-Ukrainian Symposium on Space Science and Technology held jointly with

- the First International Forum on Astronautics and Aeronautics. 6-9 June , 2000, Harbin Institute of Technology, Harbin, P.R.China, pp. 207-213.
4. В.И. Яськів. Новые методы проектирования бортовых систем электропитания космических аппаратов // Сборник Трудов Первой украинской конференции по перспективным космическим исследованиям, Киев, 8-10 октября 2001, с. 168-172.
 5. Яськів В.И. Использование высокочастотных магнитных усилителей в источниках питания аппаратуры космического назначения // "Космічна наука і технологія" Додаток до журналу . Том 9, № 2, 2003, с. 331-337.
 6. Yaskiv, V.I., Stachiw, P. H., Dyvak, M.P., Gurnik, O.P. On-Board Power Supply Systems with High-Frequency On-Board Net for Space Vehicles // In: Proc. of the 5th International Conference-Workshop "Compatibility in Power Electronics" – CPE2007, May 29-June 1, 2007, Gdansk, Poland, p.1-2.
 7. Yaskiv V. Development of Switch Power Supplies for Radar Applications / V. Yaskiv, O. Shabliy, A. Alpatov, O. Gurnik // CIE International Conference on Radar Proceedings, Beijing, 2001, — p. 851–855.
 8. Volodymyr Yaskiv. The New Methods of Switch Mode Power Supply Designing for Computer Facilities // Proc. of the International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2001), Resort Center FOROS, Foros, Crimea, Ukraine, Guly 1-4, 2001, p. 87-90.
 9. Volodymyr Yaskiv, Olexandr Gurnik. The Designing Methods of Controllable Secondary Power Supply on the basis of High-Frequency Magnetic Switches // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics: Proceedings of the VII-th International Conference CADSM 2003. - Lviv: Publishing House of Lviv Politechnic National University, 2003, p. 314-315.
 10. 3 Яськів В. І. Експериментальне дослідження динамічних характеристик напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами / В. І. Яськів, М. М. Юрченко, О. П. Гурник // Технічна електродинаміка (Тематичний випуск «Силовая електроніка та енергоефективність»). -2005.- ч. 4.- С. 7–9.
 11. Яськів В. І. Методи побудови напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високим рівнем струму навантаження на основі високочастотних магнітних підсилювачів / В. І. Яськів, М. М. Юрченко // Технічна електродинаміка (Тематичний випуск «Силовая електроніка та енергоефективність»). — 2006. —С. 3- 6.
 12. В. І. Яськів. Дослідження електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами // "Технічна електродинаміка", Тематичний випуск «Силовая електроніка та енергоефективність», частина 4, 2008 р., с. 68-71.
 13. Volodymyr Yaskiv, Alexander Abramovitz, Keyue Smedley. MagAmp Power Converters with Low Level EMI // XII International Conference "The Experience of designing and Application of CAD Systems [n Microelectronics

(CADSM 2013)", Lviv Polytechnic National University, 19-23 February, 2013, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), UKRAINE, p.388-395.

14. Alexander Abramovitz, Volodymyr Yaskiv, Keyue Smedley. Power factor correction as the step towards a safer environment // PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R.89 NR 3a/2013, p. 244-246.

15. V. Yaskiv, A. Yaskiv, A. Abramovitz, K. Smedley,. "Performance Evaluation of MagAmp Regulated Isolated AC-DC Converter with High PF" // Proceedings of 10th International Conference ELEKTRO 2014, May19-20, 2014, Rajecke Teplice, Slovak Republic, p. 411-416.

16. Volodymyr Yaskiv, Alexander Abramovitz, Keyue Smedley, Anna Yaskiv. MagAmp Regulated Isolated AC-DC Converter with High Power Factor // special issue of journal COMMUNICATIONS - Scientific Letters of the University of Zilina, ISSN 1335-4205, No. 1A/2015, p. 28-34.

Химич Г.П.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

НАДШИРОКОСМУГОВІ СИСТЕМИ РАДІОМОНІТОРИНГУ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ СУПУТНИКОВИХ ТА НАЗЕМНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

Передача інформації у основному відбувається за допомогою двох систем передачі – дротової та бездротової. Бездротові системи у свою чергу поділяються на наземні та супутникові, які працюють при розповсюдженні електромагнітних хвиль, котрі є носіями інформативних каналів.

Швидке збільшення інформації спонукає розвиток телекомунікаційних широко- та надширокосмугових мереж передачі інформаційних потоків.

Широкосмуговими (складними, шумоподібними) сигналами (ШСС) називають такі сигнали, у яких добуток активної ширини спектру F на тривалість T набагато більше одиниці.

$$B = FT \gg 1$$

Розширення бази у ШСС досягається шляхом додаткової модуляції (або маніпуляції) за частотою або фазою на час тривалості сигналу. У результаті, спектр сигналу F (при збереженні його тривалості T) істотно розширюється.

ШСС отримали застосування у широкосмугових системах зв'язку, так як:

- дозволяють у повній мірі реалізувати оптимальні методи обробки сигналів;
- забезпечують високу стійкість перед завадами зв'язку;
- дозволяють успішно боротися з багатопроменевим поширенням радіохвиль шляхом розділу променів;
- допускають одночасну роботу багатьох абонентів у смузі частот;
- дозволяють створювати системи зв'язку з підвищеною скритністю.

Для забезпечення основних чинників з точки зору упорядкування, електромагнітної сумісності та завадостійкості супутникових та наземних широкосмугових систем передачі інформації необхідно постійно проводити радіомоніторинг ефіру.

Для військових потреб, які зв'язані з системами безпеки на різних рівнях, теж необхідно проводити радіомоніторинг відкритого ефіру.

Нижче приведені деякі системи радіомоніторингу, зв'язку, які успішно використовуються для задач широкосмугового радіомоніторингу та прийому інформації.

1. Надширокосмугова антенна система моніторингу мобільного типу.

Дана система використовується для радіомоніторингу наземних VHF – , UHF – , SHF bands (радіорелейних, Ethernet, Wi-Fi, мобільний бездротовий зв'язок GSM, CDMA), супутникових каналів зв'язку та окремих одиничних джерел випромінювання.

Основні завдання комплексу:

- аналіз електромагнітного випромінювання з прив'язкою частотних спектрів, напрямків, потужності випромінювання;
- визначення пеленгу випромінювання і географічної прив'язки;
- оцінка і аналіз технічних характеристик мереж зв'язку,
- фільтрування і визначення видів модуляції, демодуляція;
- завадозахищеність, дешифрування сигналів цифрових каналів;
- перегляд і технічний аналіз цифрових бітових потоків;
- реєстрація передач даних у мережах зв'язку;
- архівування інформаційних потоків;
- прогноз динамічного розвитку комунікаційних мереж.



Рисунок 1 – мобільний варіант антенної системи радіоконтролю.

Антенна система складається із трьох окремих антен (L –, C/X/Ku –, Ka – band). Антени розміщені на вежі, яка піднімається на висоту (5-10)м. Мобільна станція забезпечує радіомоніторинг, аналіз джерел електромагнітного випромінювання у частотному спектрі L/Ka – bands та поляризаційних площинах: кругова (ліва/права), лінійна ортогональна. Перемикання діапазонів відбувається за допомогою 8-и каналного комутатору. Для просторової орієнтації використовується супутникова система навігації GPS/Galileo/Glonass, лазерний дальномір, цифровий електронний компас з системою горизонтування.

Дана станція може працювати як від мережі 220V, так і автономно (акумулятор, автономна дизельна станція).

2. Мобільна фазована антенна система прийому інформації у частотному Ka – діапазоні.

Мобільна антенна фазована решітка з еквівалентним діаметром рефлектору 5,0м забезпечує прийом та обробку сигналів лінійних або кругової поляризацій у Ka - діапазоні при роботі з штучними супутниками Землі (ШСЗ) - ретрансляторами у складі радіотехнічного комплексу.

Основним завданням станції є перехоплення сигналів між ворожими угрупованнями і об'єктами через систему супутникового зв'язку. Станція точно вимірює їх параметри і створює відповідну заваду з метою придушення цих сигналів.

Антенна система складається з високоефективної дводзеркальної системи, геометричні параметри якої модифіковані за критерієм

забезпечення максимальної шумової добротності в робочому діапазоні частот, опорно-повертального пристрою, обладнаного цифровими відліковими механізмами азимуту і кута місця, системи керування, суміщеним опромінюючим пристроєм у вигляді високоефективних гофрованих рупорних опромінювачів і хвилевідних трактів (4 шт.) з дистанційним перемиканням поляризацій.



Рисунок 2 – Мобільна антенна система моніторингу Ka – band ШСЗ.

Опромінюючі пристрої встановлюється на високоефективну дводзеркальну антену, яка складається із 4 сегментів офсетного типу. Опромінювачі узгоджені за кутами і рівнями опромінення субрефлекторів, положенню фазового центру, фактору затінення сферичною хвилею з геометричними параметрами дзеркальної системи.

Умови експлуатування виробу відповідають ГОСТ 15150-69, УХЛ 1.

3. Земні стаціонарні антенні системи моніторингу інформаційних супутникових каналів ШСЗ геостаціонарної орбіти.

Стаціонарні антенні системи моніторингу (зв'язку) інформаційних супутникових каналів геостаціонарних ШСЗ у частотних діапазонах L-, S-, C-, X-, Ku-, Ka – bands.

Діаметри рефлекторів: а – 7м; б- 6,3м; в – 5м

Системи керування з функціями: ручна електромеханічна, програмна, екстремальний автомат.

Опорно – повертальних пристрій: рис.3 а, в – типу вежа Az/El (king post); б – стрижневого секторного типу Az/El.

Опромінюючі системи оптимізована за діаграмою спрямованості та коефіцієнтом підсилення.



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Стационарні антенні системи

Діапазон робочих температур: $(-45 \dots +55)^{\circ}\text{C}$

Швидкість вітру: робоча – 30 м/сек.; руйнівна – 56 м/сек.

Можливість роботи у всіх кліматичних зонах.

Антенні системи призначені для:

- автоматизованого перехоплення, реєстрації високошвидкісних широкосмугових сигналів (потоків) супутникових систем зв'язку у частотних діапазонах С, Х, Ku, Ka;
- забезпечення демодуляції, розуцільнення, обробки і реєстрації сигналів з високошвидкісними цифровими потоками (до 60 Mb/s);
- роботи з супутниковими системами зв'язку;
- виділення сеансів зв'язку всіх видів трафіку;
- дослідження та обробки даних;
- стеження за космічними ШСЗ.

4. Широкосмугові антенні надвисокочастотні (НВЧ) тракти.

4.1. Суміщений широкосмуговий НВЧ тракт C/Ku – bands

Чотирьохпортовий антенно-хвильовий тракт, рис. 4а,б, забезпечує одночасний прийом сигналів двох ортогональних лінійних (C-, Ku – bands) та двох кругових поляризацій (C – діапазон). Тракт встановлюється на відповідну вискоефективну дводзеркальну антену відповідно до геометричних параметрів її дзеркальної системи. При цьому опромінювач повинен бути узгоджений за кутами і рівнями опромінення субрефлектору, положенню фазового центру, фактору затінення сферичною хвилею. Конструктивні рішення установки виробу – індивідуальні для кожної антенної системи і повинні забезпечувати установку опромінювача у фокусі дзеркальної системи.



а)



б)

Рисунок 4 – Суміщений широкосмуговий НВЧ тракт C/Ku:

а – НВЧ тракт; б – НВЧ тракт з опромінювачем

Блок НВЧ виконує частотну селекцію, поляризаційну обробку та частотне розділення прийнятих сигналів 4 та 11 ГГц.

4.2. Суміщений НВЧ тракт C/X – bands

Чотирьохпортовий антенно - хвильовий тракт, рис. 5 забезпечує одночасний прийом сигналів двох ортогональних кругових поляризацій (C-, X- діапазони).

Тракт НВЧ виконує частотну селекцію, поляризаційну обробку та частотне розділення прийнятих сигналів 4 та (7-8) ГГц. У НВЧ тракті (ланка 4 ГГц) відбувається перетворення сигналів НВЧ ортогональних кругових

поляризацій (лівого та правого напрямку обертання) у сигнали ортогональних лінійних поляризацій, а потім розділення цих поляризацій у поляризаційному селекторі. У подальшому через загороджувальний фільтр сигнал НВЧ (7-8) ГГц безпосередньо подається на вхід малошумного фазостабільного конвертору для посилення та конвертування у нижчий частотний L - діапазон. Сигнали НВЧ (7-8) ГГц через поляризаційний селектор (вихідний фланець перетином 35мм) потрапляє на поляризатор $\pi/2$, де відбувається перетворення сигналів НВЧ ортогональних кругових поляризацій (лівого та правого напрямку обертання) у сигнали ортогональних лінійних поляризацій.



Рисунок 5 – Суміщений НВЧ тракт С/Х.

Потім ці сигнали потрапляють на поляризаційний селектор X – band, де розділяються за поляризацією на два канали (вертикальна та горизонтальна площини) і подаються на входи малошумних фазостабільних конверторів для посилення та конвертування у нижчий частотний L - діапазон.

4.3. Приймальний антенно – хвилевідний тракт НВЧ розширеного C – band.

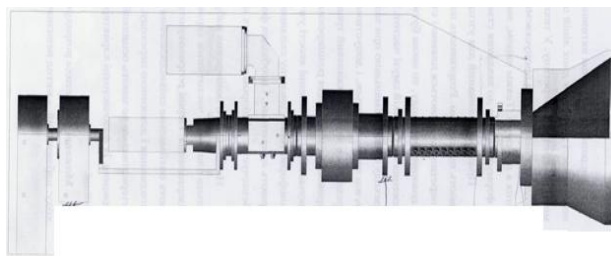


Рисунок 6 – Базовий варіант тракту НВЧ розширеного C – діапазону.

НВЧ тракт забезпечує:

- одночасний прийом сигналів двох ортогональних лінійних поляризацій Е/Н або двох кругових поляризацій R/L;
- зміну виду поляризації неоперативно;
- переключення поляризацій;
- дистанційну підстройку лінійних поляризацій з блоку керування.

Базова комплектація: НВЧ тракт, ширококутовий опромінювач, система керування, мотор – редуктор.

4.4. Приймально – передавальний блок НВЧ розширеного C – band.

Блок НВЧ виконує частотну селекцію і поляризаційну обробку прийнятих та переданих НВЧ сигналів.

НВЧ блок забезпечує:

- одночасну роботу НВЧ тракту у режимах: прийом/передача;

- прийом сигналів НВЧ кругової поляризації (L/R) у режимі прийому, 4 GHz, перетворення їх у лінійну ортогональну поляризацію, розділення сигналів за площинами поляризації;
- перетворення сигналів ортогональних лінійних поляризацій діапазону 6 ГГц за допомогою поляризатора в ортогональні сигнали кругової поляризації і подача їх на вихід блоку НВЧ;
- фільтрування НВЧ сигналів 6 GHz у режимі прийому.



Рисунок 7 – Приймально-передавальний блок C – band.

Для забезпечення підключення МШП і підсилювачів потужності виходи блоку НВЧ виконані за стандартами CPR-229G у діапазоні 4 ГГц і CPR-137G в діапазоні 6 ГГц.

5. Антенна система, еквівалентна діаметру рефлектору 2,5м, S/X-band, Rx/ Tx



Рисунок 8 – Зовнішній вигляд антенної системи.

Склад антенної системи:

- рефлектор, offset;
- опромінююча антенна решітка із 16 опромінювачів;
- фазоповертачі, дільники потужності, конвертори – по 16 штук;
- дільник потужності на 2;
- персональний комп'ютер (PC) з слотами плат керування антеною (Az, El).

Особливості:

- просторове додавання окремих 16 ДН;
- автономне калібрування та компенсація фазової неідентичності каналів.

У даній статті представлені технічні та конструкторські рішення антенних систем, які використовуються для широкосмугових супутникових земних та наземних мобільних систем зв'язку, моніторингу, передачі даних.

Література:

1. Г. Химич, Ю.Умзар. Інтегрований НВЧ комбайнер селекції С- та Ку – діапазонів частот та поляризацій. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 50- и річчю ТНТУ та 165-и річчю з дня народження Івана Пулюя. (19-21) травня, 2010р.
2. Г. Химич, Ю.Умзар. Результати вимірів технічних характеристик надширокосмугового хвилевідного суміщеного тракту НВЧ С/Ку - діапазонів. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 55- и річчю ТНТУ та 170-и річчю з дня народження Івана Пулюя. (19-21) травня, 2015р.

Паламар М.І., Чайковський А.В., Пастернак Ю.В., Паламар А.М.
 Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АНТЕННИМИ СТАНЦІЯМИ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА РАДІОМОНІТОРИНГУ

Одним з найважливіших напрямів розвитку інформаційних технологій в області космічної діяльності у світі та Україні (згідно «Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми») є дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) - глобальне спостереження і аналіз Землі з космосу в різних спектральних діапазонах. ДЗЗ спрямоване на вирішення багатьох державних завдань, перш за все, в оборонному та безпековому секторі, підвищення інформативності прийняття рішень у сферах господарсько-економічної діяльності країни, збереження довкілля і стає особливо актуальним у теперішній час у зв'язку із зростанням військових і ін. загроз.

Для ефективного використання технологій ДЗЗ необхідна мережа доступних малих антенних станцій (АС) прийому й обробки супутникових зображень абонентського класу, в т.ч. мобільних «персональних», АС які дали б змогу користувачам безпосередньо приймати необхідну інформацію та виконувати тематичну обробку даних для вибраного класу задач.

В роботі приведені результати розробок оригінальних конструкцій опорно-поворотних платформ (ОПП) та систем керування при проектуванні АС ДЗЗ різного класу. Зокрема це АС із 3-вісним ОПП завдяки якому можливий супровід будь-який траєкторій супутників без «мертвих» зон (реалізовано у АС «EgyptSat-1»), АС із модернізованою конструкцією карданного типу (АС-4,2).

Проте для АС з великим діаметром рефлектора (більше 3 м) у поєднанні з зростанням частотних діапазонів зв'язку зростають вимоги до точності обертових механізмів наведення АС, що приводить до їх ускладнення і зростання вартості.

В роботі розглянуто альтернативну конструкцію АС з новим типом ОПП на основі кінематичної схеми з лінійними приводами з октаедральною компоновкою актуаторів відомою як платформа Гю-Стюарта або механізм Нехарод яка порівняно з класичними ОПП може зменшити в 10-100 раз масо-габарити ОПП антени при збереженні точності наведення, що значно здешевило б такі АС.

Для реалізації руху верхньої платформи Нехарод з рефлектором для супроводу траєкторій супутників ДЗЗ із необхідними томоностями і швидкостями, необхідна строго узгоджений рух усіх шести лінійних приводів на основі даних датчиків переміщень кожного актуатора.

Розроблено алгоритм та імітаційну модель розрахунку траєкторій руху системи лінійних приводів ОПП у локальних координатах кожного з них $\mathbf{R}[t_j, x1_j, x2_j, x3_j, x4_j, x5_j, x6_j]$ для відпрацювання траєкторії супроводу супутника, розрахованої на основі даних у форматі TLE для топоцентричної системи координат (масив $\mathbf{R}[t_j, \alpha_j, \beta_j]$ для азимутально-кутомісних координат). Відпрацювання кута наведення осі платформи з рефлектором відбувається на

основі матричних перетворень шляхом зсувів та поворотів по окремих осях за допомогою афінних ізометричних перетворень у такому порядку:

$$\mathbf{M} = \mathbf{T}(-p_0)\mathbf{R}_x(-\theta_x)\mathbf{R}_y(-\theta_y)\mathbf{R}_z(\theta_z)\mathbf{R}_y(\theta_y)\mathbf{R}_x(\theta_x)\mathbf{T}(p_0) \quad (1)$$

де $\mathbf{T}(-p_0)$, $\mathbf{T}(p_0)$ – матриці зсувів вектора нормалі верхньої платформи відносно фіксованої точки; $\mathbf{R}_x(-\theta_x)$, $\mathbf{R}_x(\theta_x)$, $\mathbf{R}_y(-\theta_y)$, $\mathbf{R}_y(\theta_y)$, $\mathbf{R}_z(\theta_z)$ – матриці поворотів відносно відповідних осей координат.

Визначивши нові координати верхніх точок актуаторів, визначаємо зміну довжини кожного з актуаторів, необхідну для повороту платформи.

Розроблена програма імітаційного моделювання на основі запропонованого алгоритму дає змогу досліджувати впливи параметрів конструкції ОПП для різних рефлекторів на точність відпрацювання різних траєкторій (рис.1).

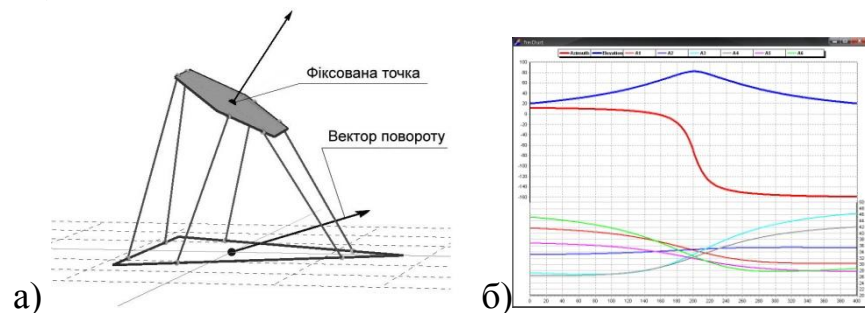


Рис. 1 Конструкція і моделювання ОПП Нехарод для АС ДЗЗ

Розроблено експериментальний взірець АС та систему керування платформою Нехарод з паралельним обчислювальним алгоритмом на базі FPGA. Дослідження експериментального взірця АС та системою керування показали можливість відпрацювання різних траєкторій супроводу супутників.

Висновок. За результатами дослідження конструкція Нехарод в якості ОПП АС має низку переваг порівняно з класичними обертовими механізмами таких як: поєднання високої жорсткості та компактності, надійності, простоти конструкції, технологічності складання й обслуговування. Розроблені алгоритми та програма імітаційного моделювання дозволяють досліджувати вплив параметрів конструкцій ОПП для різних рефлекторів.

Запропоновані методи і технічні рішення можуть мати практичне застосування для розвитку інших видів військової техніки, робототизованих комплексів у машинобудуванні, де необхідні високоточні системи наведення.

Література:

Nair R., Maddocks J.H. On the forward kinematics of the parallel manipulators. The International Journal of Robotics Research, Vol. 13, No. 2, April 1994, pp. 171 – 188.

M. Palamar Smart Station for Data Reception of the Earth Remote Sensing [Text] // Remote Sensing - Advanced Techniques and Platforms. - Rijeka. : InTechBook, 2012. - Ch.15. - P. 341-371. - ISBN 978-953-51-0652-4.

СЕЙСМІЧНИЙ ДАТЧИК СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Завдання своєчасного виявлення та точної класифікації рухомих наземних об'єктів входить в число пріоритетних для сил бойової охорони і при забезпеченні надійної безпеки сухопутних кордонів. На сьогодні при організації охорони території, поряд з іншими типами засобів виявлення, досить широко застосовуються трьохкоординатні високочутливі сейсмосенсори, здатні виявляти рухомі об'єкти на основі реєстрованих сигналів, що виникають в ґрунті. Проте до сих пір на належному рівні не вирішена задача визначення з високим ступенем точності координат рухомих об'єктів, напрямку і швидкості руху, а також, що ще важливіше, їх класифікації.

До недоліків існуючих на сьогодні сейсмотатчиків, в цілому, відносяться низька завадостійкість до електромагнітних полів і обмежений частотний діапазон роботи [1].

Використання в якості чутливих елементів у сейсмічних датчиках тензорезисторів на основі ниткоподібних кристалів (НК) кремнію мають ряд істотних переваг: високий коефіцієнт тензочутливості, яких досягає 200 і більше. Дані чутливі елементи добре переносять перевантаження, вібрації, ударне прискорення, працездатні в інтервалі кліматичних температур $-40 + 80^{\circ}\text{C}$. Їх перевагою перед сучасними аналогами (індуктивні, п'єзоелектричні, тощо) є можливість вимірювання як постійної, так і динамічної складової в широкому інтервалі частот і відсутній вплив магнітного поля на їх працездатність [2].

Спроектвані сейсмотатчики для реєстрації осьових зміщень із тензорезисторами на основі ниткоподібних кристалів кремнію р-типу провідності призначені для вимірювання статичних і динамічних деформацій в широкому амплітудному і частотному діапазоні від герц до сотці кілогерц. Використання сучасних АЦП дозволяє провести оцифрування вимірюваних сигналів з тензорезистора в реальному масштабі часу для подальшого аналізу сейсмограм і визначення поставлених задач виявлення порушення периметру і його локацію використовуються розрахунки отримані засобами.

Вимоги, що пред'являються до конструкції пружних елементів вимірювальних перетворювачів сейсмічних коливань досить суперечливі. З одного боку, вони повинні забезпечувати досить високу чутливість перетворення, а з іншого - хороші динамічні властивості (ці дві характеристики перебувають у зворотній залежності).

Проведені дослідження характеристик закріплених тензорезисторів на основі НК кремнію р-типу під дією знакозмінної деформації різної амплітуди на фіксованих частотах до 3 кГц, показали, що у динамічному режимі відхилення динамічного коефіцієнта тензочутливості від статичного не перевищує 5% і залежить від амплітуди деформації. На рис. 1. наведено результати досліджень статичних та динамічних характеристик

тензорезисторів на частоті деформації 50 Гц. Як видно з рисунка статичні та динамічні характеристики тензорезисторів на основі НК Si практично співпадають на цій частоті.

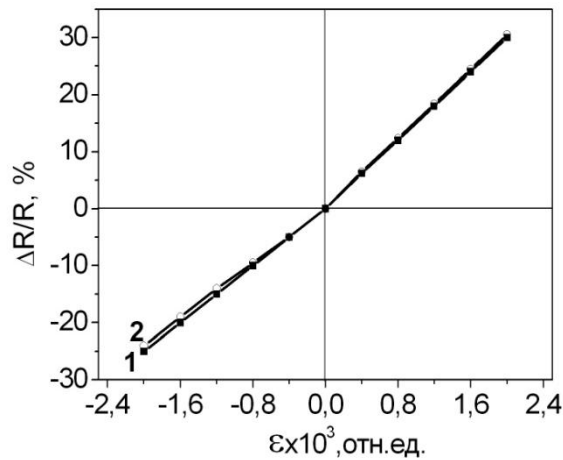
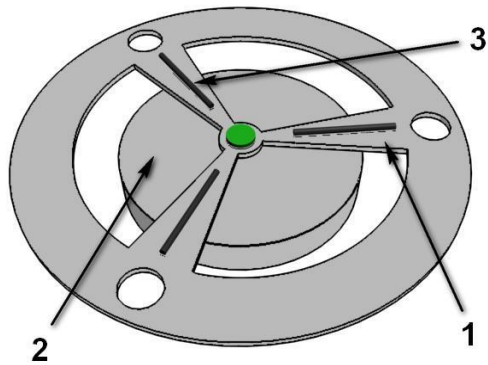


Рис.1. Градуовані характеристики тензорезисторів на основі НК кремнія в статичному (крива 1) та динамічному (крива 2) режимі з частотою $f = 50$ Гц.

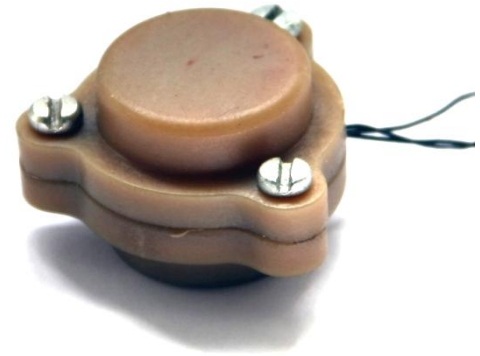
Для дослідження впливу довготривалої безперервної роботи на властивості тензорезисторів вивчалась залежність опору та коефіцієнту тензочутливості від кількості циклів навантаження при деформації $\epsilon = 1 \times 10^{-3}$ відн. од. Результати вимірювань характеристик тензорезисторів при довготривалих навантаженнях з частотою деформації 50 Гц показали, що їх опір і коефіцієнт тензочутливості після 10^8 циклів практично не змінюються [3].

Високі значення коефіцієнту тензочутливості НК Si p-типу провідності дозволили створити на основі таких тензорезисторів сейсмодатчик з чутливістю, достатньою для реєстрації слабких сигналів.

В основу розробленої конструкції сейсмодатчика з тензорезисторами на основі НК кремнію (рис.2а) покладено кільцевої модуль з трьома пружними елементами у вигляді балочок рівного опору згину (1) із закріпленою в центрі інерційної масою (2). Така конструкція дозволяє отримати велику жорсткість в поперечному перерізі, і тим самим мінімізувати чутливість датчика до бічних вібрацій. У датчику використано 6 тензорезисторів (3) на основі НК кремнію p-типу провідності з питомим опором $0,13 \text{ Ом} \times \text{см}$, закріплених з обох сторін кожної балочки і з'єднані послідовно, таким чином, що 3 з них зазнають деформацію стиску, а решта 3 - деформацію розтягу. Вибір тензорезисторів з таким питомим опором обумовлений оптимальним співвідношенням між достатньо великим коефіцієнтом тензочутливості і його температурною залежністю, яка компенсується електронними засобами. Тензорезистори з'єднані у мостову вимірювальну схему, вихідний сигнал з якої подається на блок підсилення.



а



б

Рис.2. Конструкція пружного елемента (а) та зовнішній вигляд сейсмодатчика (б). 1 - балка рівного опору згину ; 2 – інерційна маса; 3 – тензорезистор.

Виходячи з математичних розрахунків та експериментальних досліджень були вибрані такі розміри основних елементів конструкції датчика: довжина балки – 3,5 мм, товщина 0,1 мм. Кільцевий елемент і корпус датчика виготовлено зі сплаву 36Н, який характеризується низьким лінійним коефіцієнтом теплового розширення в інтервалі кліматичних температур.

Зовнішній вигляд сейсмодатчик з тензорезисторами на основі НК Si наведено на рис. 2 б . Для ілюстрації здатності датчика реєструвати слабкі сигнали на рис. 3 наведено сигнал від вібрацій, які викликає людина проходячи біля датчика. У таблиці 1 наведені основні характеристики розробленого сейсмодатчика.

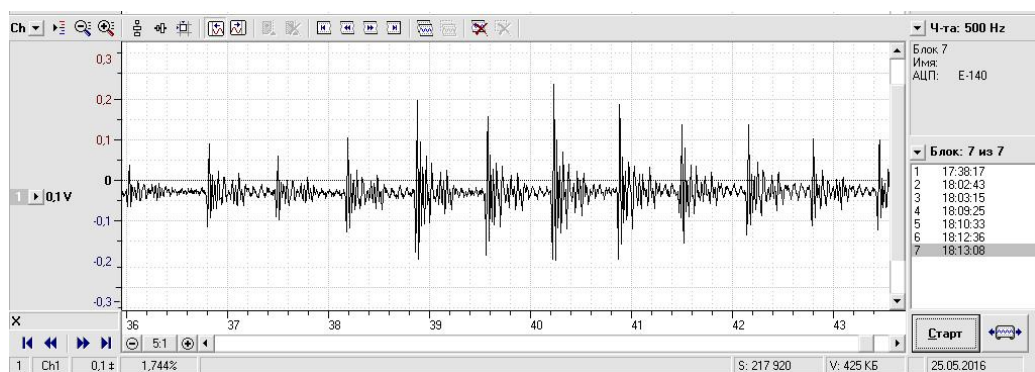


Рис.3 . Сигнал сейсмодатчика з тензорезисторами на основі НК кремнію, зареєстрований при проходженні людини на відстані 1 м.

Таблиця 1. Основні характеристики сейсмодатчика

Параметр	Датчик на основі НК кремнію
Діапазон вимірюваних сигналів, g	$\pm 1,2$
Коефіцієнт перетворення, В/g	6
Частотний діапазон, Гц	0 - 800
Динамічний діапазон (в смузі 100 Гц), дБ	100
Температурний діапазон, 0С	-60 +100
Нелінійність, %	$\pm 0,15$
Напруга живлення, В	6 - 15
Вага, г	32

Висновок

Експерименти показали, що створені сейсмодатчики, з використанням тензорезисторів на основі НК кремнію р-типу провідності, за основними параметрами не поступаються зарубіжним аналогам. Крім того, розроблені вибродатчики дозволяють вимірювати як постійну, так і динамічну складові деформації, що дає можливість проводити градування датчика в статичному режимі. Серед переваг застосування даних кристалів в якості чутливих елементів датчика вібрації слід віднести слабку залежність їх характеристик від магнітного поля (до 14 Тл) і електронного опромінення. В даний час продовжуються дослідження і розробка нових конструкцій чутливих елементів датчиків, від конфігурації яких залежать такі параметри, як лінійність і частотний діапазон.

Література:

1. Егоров А.А. Систематика, принципы работы и области применения датчиков // Журнал радиоэлектроники. – 2009. – №3. – С. 1-22.
2. Дружинин А.А. Полупроводниковые сенсоры механических величин на основе микрокристаллов кремния для экстремальных условий / И.И. Марьямова, Е.Н. Лавитская, А.П. Кутраков, Ю.М.. Панков // Микроэлектронная техника. – 2001. – №9. – С. 3-8.
3. Кутраков О.П. Тензорезистивні давачі тиску на основі ниткоподібних кристалів кремнію для широкого діапазону температур і частот. [Текст]: дис.... канд. тех. наук: 05.27.01 /Кутраков О.П.; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Л., 2012. – 150 с.

Лепіх Я.І., Сантоній В.І., Будіянська Л.М., Янко В.В.
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Міжсвідомчий науково-навчальний фізико-технічний центр МОН і НАН України

МЕТОД І СЕНСОР ВИСОКОТОЧНОГО ДАЛЬНОМЕТРУВАННЯ КОРОТКИХ ТРАС ШВИДКІСНИХ ОБ'ЄКТІВ

Підвищення точності вимірювань параметрів руху швидкісних об'єктів, що рухаються в умовах зовнішніх оптичних завад штучного і природного походження являється актуальною задачею.

Особливістю таких вимірювань в ближній зоні є швидкісне просторове переміщення об'єктів один відносно другого, що призводить до дефіциту часу обробки інформації, широкого діапазону зміни вимірюваних параметрів робочих сигналів та функціонування в умовах впливу сукупності дестабілізуючих та завадових факторів.

Розробка передбачає створення оптико-електронного (лазерного) сенсора (ОЕС), що базується на методах оптичної локації в інфрачервоному діапазоні включеного в адаптивну керовану систему, яка включає в себе процеси автоматичного самоналагоджування, розпізнавання та пристосування до зовнішніх нестаціонарних умов і дестабілізуючих чинників, захист від помилкового спрацювання при обмеженому часі вибірки сигналу [1].

Використання комп'ютерного пакету програм Design Lab 8.0 при моделюванні складових вузлів принципової схеми ОЕС дозволило проаналізувати режими роботи схеми по постійному струму, отримати пакети динамічних характеристик при проходженні змінних сигналів, підібрати для параметрів ОЕС оптимальні номінали вхідних елементів.

Розроблені принципи побудови адаптивного ОЕС на основі використання фазового методу апіорної та поточної інформації, їх порівняння та прийняття рішення на базі гармонічного аналізу образів досліджуваних об'єктів.

Таким чином, на засаді розроблених комп'ютерних моделей проведені дослідження різних варіантів схем ОЕС, а також здійснена оцінка оптоелектронних компонентів, оптичних вузлів, властивостей середовища і завадових впливів (шумових, регулярних імпульсних) та поведінки ОЕС в динамічному режимі.

Створено експериментальний зразок адаптивного ОЕС рухомих об'єктів з дискретизацією та цифровим перетворенням оптико-локаційного сигналу є перспективним для використання в пристроях ближньої дальнометрії.

Дія ОЕС полягає в опроміненні об'єкта і визначенні по відбитому сигналу моменту подачі команди (сигналу) через канал управління на виконання певної функції, дії, спрацювання механізму на заданій відстані до об'єкта. Відстань спрацювання встановлюється в залежності від призначення.

На засаді ОЕС також може бути створено лазерний сенсор, діапазон дальності дії якого становить від 3 до 0,5 м та швидкості наближення до об'єкта порядку 950 м/с з кутом підходу до 45° [2,3].

Література:

1. Патент України на винахід № 110140, публ. 25.11.2015. Лазерний рівнемірний пристрій. Сминтина В.А., Лепіх Я.І, Сантоній В.І, Іванченко І.О, Будіянська Л.М.
2. Я.І. Лепіх, В.І. Сантоній, В.В. Янко, Л.М. Будіянська, І.О. Іванченко. Прямовідліковий фазовий метод вимірювання малих дистанцій оптико-електронним сенсором у динамічних умовах // Сенс. електрон. і мікросист. технол. 2015-Т.12, № 4, С. 37-43.
3. Лепіх Я.І., Сєлюков О.В. Сантоній В.І., Будіянська Л.М, Іванченко І.О., Телекерований неконтактний оптико-електронний вимірювач параметрів вібрацій. // Збірник наукових праць військового інституту КНУ імені Тараса Шевченка, 2011, вип. №33, С.80-83.

Мусійко В.Д.¹, Коваль А.Б.¹, Лазарук Ю.В.²

¹Національний транспортний університет

²ЦУІЗ ГУОЗ ЗС України

СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИНИ ДЛЯ ФОРТИФІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ПОЗИЦІЙ ВІЙСЬК

Характер ведення останніх збройних конфліктів та проведення антитерористичної операції свідчить про необхідність покращення тактико-технічних характеристик і висунення додаткових вимог до озброєння та військової техніки, зокрема до інженерної техніки.

Модернізація існуючих та створення принципово нових зразків інженерної техніки повинні ґрунтуватися на основі принципів бойового застосування машин з використанням, відповідно до сучасних вимог та методів вирішення бойових завдань, нових базових шасі, зміною параметрів робочого обладнання (устаткування).

Аналіз війн та збройних конфліктів періоду ХХ початку ХХІ сторіч показав, що інженерне обладнання місцевості та об'єктів для захисту особового складу і техніки від вогневого ураження супротивника з використанням фортифікаційних споруд, залишається актуальним і сьогодні.

Основу фортифікаційного обладнання позицій і районів частин (підрозділів) військ (сил) складає система траншей і ходів сполучень, споруд (укриттів) для захисту особового складу, зброї, техніки і матеріальних засобів, пунктів управління, вогневих споруд.

Найбільш масовими фортифікаційними спорудами є споруди відкритого типу – траншеї, ходи сполучення, окопи для вогневих засобів, укриття для техніки, а також споруди закритого типу – щілини та бліндажі для захисту особового складу. При цьому головним чинником, в умовах сучасного бою (операцій), залишається скорочення часу на фортифікаційне обладнання позицій, рубежів, які зайняті військами, районів розгортання пунктів управління та маневрові можливості інженерної техніки.

На цей час для виконання земляних робіт на озброєнні Збройних Сил України знаходяться траншейно-котловані землерийні машини ПЗМ-2 і ПЗМ-3 (на базі тракторів Т-155М), котлованні машини МДК-3 (на базовому шасі МТ-Т), екскаватори ЕОВ-4421 і ЕОВ-4422 (на базовому шасі автомобіля КрАЗ-255 та КрАЗ-260).

Нові зразки інженерної техніки для виконання земляних робіт, повинні відрізнятися підвищеною продуктивністю, меншою вартістю, уніфікацією та виготовлятися на вітчизняних промислових підприємствах.

Робоче обладнання (устаткування) може доповнюватися новим змінним обладнанням, виходячи із завдань, які необхідно вирішувати.

Для створення спеціальних землерийних машин безперервної дії повинні бути розроблені конструкції нових пневмоколісних базових шасі з використанням вузлів і агрегатів, що використовуються серійно..

Базові шасі землерийних машин повинні конструюватися по модульному принципу та забезпечити високі тягово-зчіпні якості і

транспортні швидкості при незначних витратах палива, а вантажопідйомність і габаритні можливості шасі – розміщення на ньому робочого обладнання (устаткування) в транспортному положенні відповідно вимог транспортних габаритів.

Залежно від енергоємності технологічного процесу, робоче обладнання (устаткування) може приводитись в роботу від окремих енергетичної установки, або підключатися до системи відбору потужності силової установки базового шасі.

Окремим напрямком модернізації землерийних машин є переустановлення робочого обладнання (устаткування) на базові шасі, що випускаються серійно. В рамках цього напрямку проводиться корінна зміна системи відбору потужності двигуна базової машини на привід робочих органів. При цьому перевагу слід віддавати гідрооб'ємним передачам. Створення сучасної системи гідравлічних приводів робочого устаткування може розвиватися у напрямі формування моноагрегатних насосних установок на базі використання багатопотокових насосів, або оснащення однопоточних насосів агрегатами ділення потоку робочої рідини. При цьому способі модернізації приводів робочого обладнання (устаткування) землерийних машин не вимагається кардинальна їх переробка, оскільки інженерні рішення, які закладені в конструкціях, залишаються актуальними і на даний час.

Ще один напрямок модернізації інженерних землерийних машин – корінна модернізація існуючих зразків техніки, що знаходиться на озброєнні. Це стосується, перш за все, інженерних машин, що створені з використанням гусеничних шасі. Подальшій модернізації можуть піддаватися системи приводів робочого обладнання, трансмісія базового шасі, їх ходова частина при збереженні основних елементів базових землерийних машин. Крім того, модернізація повинна вирішувати питання на сучасному рівні підвищення ефективності систем управління, навігації, захисту екіпажу. Напрямок припускає переустановлення робочого (обладнання) устаткування і основних систем інженерних машин на сучасні базові шасі.

Розглянемо основні напрямки модернізації інженерних машин, що використовуються для виконання землерийних робіт при виконанні фортифікаційного облаштування позицій військ та курить для бойової техніки.

Полкові землерийні машини ПЗМ-2 і ПЗМ-3 є універсальними траншейно-котлованими землерийними машинами, що призначені для відривання траншей і котлованів, засипання котлованів при обладнанні позицій (районів) зосередження військ і пунктів управління. Ланцюговий робочий орган використовується для копання траншей і котлованів. Крім того, машина має допоміжне бульдозерне обладнання і лебідку. За своїми тактико-технічними характеристиками ПЗМ-2 і ПЗМ-3 в цілому відповідають сучасному рівню вирішення бойових завдань.

Робоче обладнання задовольняє в цілому вимогам, що висуваються до машини даного призначення. Однак, досвід експлуатації ПЗМ-2 показав низьку надійність двигуна СМД-62, що змусило виробників замінити силову

установку тягача ПЗМ-3 на більш потужний двигун ЯМЗ-236. Базова машина ПЗМ-2 – Т-155 має недостатній запас палива, слабкий акумулятор, запуск двигуна “пускатчем”, відсутність штатного місця для ЗІП, запасного колеса, відсутні централізована підкачка шин, устаткування нічного бачення, неприйнятне для бойових умов велике скління кабіни, мала глибина броду, що долається машиною, низька швидкість машини під час здійснення маршів. Крім того, підтримка роботоздатного стану ПЗМ-2 і ПЗМ-3 на цей час є складним завданням через відсутність запасних частин, виробництво яких припинене.

Модернізація ПЗМ-2 і ПЗМ-3 може бути проведена шляхом створення нової траншейно-котлованної машини на базі допрацьованого базового шасі вітчизняного виробництва. Як базове шасі може бути використана модифікація шасі трактора Т-155, виробництва Харківського тракторного заводу, або інше шасі. Гідромеханічна трансмісія забезпечить вибір раціонального режиму роботи із землерийним робочим устаткуванням. Модернізація ПЗМ-2 і ПЗМ-3 на основі використання нових базових шасі вітчизняного виробництва забезпечить підвищення ремонтпридатності і ефективності бойового застосування.

На сучасному етапі, при модернізації робочого обладнання ПЗМ-2 і ПЗМ-3, найважливішим напрямом є заміна складних і матеріаломістких механічних систем приводів робочого обладнання гідравлічними об’ємними приводами з використанням сучасних гідравлічних агрегатів. Раціональною є відмова від застосування складної і матеріаломісткої розподільної коробки і використання гідравлічного об’ємного приводу ланцюгового робочого органу і метальника.

При розробці напрямів модернізації систем приводів робочого обладнання землерийних машин ПЗМ-2 і ПЗМ-3 може бути використаний принцип об’ємного ділення потоків робочої рідини, що полягає в дискретній подачі фіксованих об’ємів робочої рідини послідовно по нагнітаючих магістралях споживачів.

Розширення застосування стандартних гідравлічних агрегатів в приводі робочого обладнання знизить вартість виготовлення машини, підвищить надійність робочого устаткування, виключить поломки елементів приводу при динамічних навантаженнях. Таким чином, модернізація систем приводів робочого устаткування дозволить зменшити масу робочого устаткування і знизити вартість його виготовлення, спростить технічне обслуговування і ремонт траншейно-котлованної машини.

Ще одним зразком інженерної техніки для механізації земляних робіт під час фортифікаційного обладнання позицій військ, доцільність модернізації якої підтверджено веденням антитерористичної операції, є роторні траншейні машини типу ТМК-2. Вони були зняті з озброєння у 90-х роках у зв’язку з тим, що ця техніка не випускалась промисловими підприємствами України.

Роторні траншейні машини типу ТМК-2 призначені для відривання траншей та ходів сполучення. За функціональним призначенням траншейні машини типу ТМК-2 є вузьконаправленими при виконанні інженерних

завдань у порівнянні з землерийними машинами ПЗМ-2 і ПЗМ-3, проте мають значно більшу технічну продуктивність під час відривання траншей (ПЗМ-2 – 180 пог.м/год, ПЗМ-3 – 300 пог.м/год, ТМК-2 – 500-800 пог.м/год) та характеризуються не лише більшою технічною продуктивністю, але й надійністю.

Створення нового зразка роторної траншейної машини може здійснюватися шляхом розроблення нового, або модернізацією існуючих базових шасі, які випускаються вітчизняними промисловими підприємствами. Основні ідеї створення сучасних роторних землерийних машин біло розроблено спільно Національним транспортним університетом та ОКБ "Будшляхмаш". Експериментальну перевірку ефективності роботи роторного робочого обладнання здійснено в лабораторії фізико-математичного моделювання землерийних машин НТУ. Результати експериментальних досліджень підтвердили високу ефективність спеціального робочого обладнання, конструкція якого була реалізована в дослідному зразку машини ТМК-3.

Таким чином можна стверджувати, що модернізація землерийних машин на основі використання існуючих базових шасі вітчизняного виробництва забезпечить підвищення ефективності їх бойового застосування та ремонтопридатність.

Модернізація систем приводів робочого обладнання землерийних машин дозволить зменшити масу робочого устаткування, підвищити їх експлуатаційні характеристики, спростити технічне обслуговування і ремонт та знизити вартість виготовлення.

Березовський С.О.

Одеський національний політехнічний університет

ОПЕРАЦІЙНИЙ ТРАНСФОРМЕР ДЛЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Україна - морська держава. Територіальні води - смуга моря, прилегла до берега, що знаходиться під суверенітетом прибережної держави і складова частина державної території.

Захист територіальних вод - актуальне завдання. Виконання цього завдання покладається на військово-морський флот держави. Йому визначаються завдання і формується склад, а також визначаються особливості і тенденції розвитку.

Виконання завдання розвитку можливо за кількома варіантами: еволюційному і революційному.

Еволюційний шлях розвитку передбачає подальше удосконалення існуючих технічних рішень, при тому, що їх частина в даний час вже знаходиться на межі свого розвитку при колосальній вартості продукції.

Наприклад, згідно з квітневої концепцією передбачалося "відродження підводного флоту в Україні. До 2020 року в складі ВМС повинні бути 2-4 підводні човни". У цьому випадку потрібна буде нова берегова інфраструктура, спеціальний глибокий фарватер для виходу у відкрите море. Дорого і не ефективно.

Основні інноваційні рішення в військово-морських силах світового масштабу спрямовані на нові конструкції, архітектури, двигателі; багатофункціональність; модульність; захисні рішення.

Програма Hydra (USA) має на увазі розробку безпілотної субмарини, або «корабля-матки», як її називають розробники, який призначений для транспортування в своїх модульних відсіках підводних і надводних безпілотної апаратів (БА).

Сетецентричні бойові дії в майбутньому будуть вести роботи і безпілотики, об'єднані в розвідувально-ударні системи.

На жаль, реальна проблема - Hydra (USA) не може бути придбана, так як не поставляється на ринок озброєнь, а країна обмежена в отриманні передових зразків бойових БА.

Революційний шлях розвитку - розробити *СВІЙ* концепт 3D масштабованого (міні, мікро ...) водно-підводного транспортного засобу (ВПТЗ) - трансформер та систему керування групою ВПТЗ, що за функціоналом є наближені до професійних великих БА, але з особливими властивостями.

Сьогодні мікроелектроніка дозволяє забезпечити звичайну радіокеровану модель повним функціоналом великого безпілотної апарату.

Серед особливих властивостей можна позначити подвійне призначення ВПТЗ, та його багатофункціональність. Тобто до складу ВПТЗ може бути додано:

модуль контролю проходження суден,
постановник перешкод,

постановник мін (& вертолітних),
постановник буїв, загороджувальних мереж ...
модуль-база управління (дельфінами),
постановник димових завіс,
запуск світлових ракет (інфрачервоний захист),
імітація шумів великих плавзасобів, підводних човнів, торпед,
та багато ще чого.

Крім того у ВПТЗ використано де які новини - інваріантна площина плавання, змінна геометрія площині плавання, 3D управління .

3D масштабованість ВПТЗ за технологією DMS володіє декількома перевагами в порівнянні з традиційними виробничими методами. Найбільш очевидним є можливість швидкого виробництва геометрично складних деталей без необхідності механічної обробки. Побудова ВПТЗ займає малий час.

Свої розвідувальні та ударні ВПТЗ зможуть значний підняти обороноздатність України, а також стати конкурентними на зовнішніх ринках озброєння.

3D ПРОГРАММИРУЕМЫЕ АРХИТЕКТУРЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Успешное ведение военных действий не возможно без эффективной связи, которая как нервы живого организма обеспечивает тотальный, всепроникающий контроль, анализ и управление всеми задействованными в военной операции составными компонентами для достижения определенных целей. Особое внимание уделяется разработке и применению специальной аппаратуры защиты передаваемой по радиоканалу информации от возможности её перехвата, несанкционированной корректировки или подлога спецслужбами противника.

Из истории спецслужб известно, что операции немецкой армии были успешными в начале ВОВ, до тех пор, пока не был взломан шифр используемых шифровальных устройств, что подтверждает, насколько важна секретность передаваемых команд, приказов, сообщений и т.д.

Ученые - криптографы разработали механические шифровальные машины основанные на сложных алгоритмах, в которых определенные буквы текста последовательно заменялись некоторыми символами, причем каждый раз другими. Новые способы шифрования представлялись настолько надежными, что, казалось, противнику не удастся их разгадать. Однако благодаря таланту их коллег и применению появившихся электронно-вычислительных машин многие из применявшихся тогда шифров были раскрыты.

Примерами таких пресловутых и прекрасных по своим качествам механических разработок были Энигма (Enigma); шифровальная машина "Geheimschreiber (T-52)"; шифровальные машины Хеберна с многоалфавитной заменой и др.

Для увеличения уровня защиты шифрограмм в состав машин вводились дополнительные устройства, например, коммутационные панели для замены пар букв, неподвижный рефлексор.

Чтобы сообщение было правильно зашифровано и расшифровано, машины отправителя и получателя должны были быть одинаково настроены; конкретно идентичными должны были быть: выбор N_k роторов, начальные W_{kj} позиции роторов и соединения S_i штепселей на коммутационной панели. Эти настройки оговаривались заранее, действовали в течение оговоренных временных интервалов, что предварительно оговаривалось и записывались в специальных шифровальных книгах.

Первичная настройка производилась путем установки на лицевой панели машины заданной схемы коммутации, в результате чего десять ключевых колес оказывались определенным образом подсоединенными к Q реле, часть из которых использовались для выполнения операции суммирования, а другие - для операции перестановки битов внутри уже зашифрованного знака.

Вторичная настройка производилась путем ввода в машину суточного ключа и ключа сообщения.

Эти начальные позиции отправлялись вместе с криптограммой, перед зашифрованным текстом. Такой принцип именовался «индикаторная процедура». Наличие этих процедур и способствовали успешным случаям взлома кода.

Криптоаналитики знали, что для шифрования сообщения оператор машины должен был выбрать из *кодовой книги* так называемый *дневной ключ*, который состоял из:

- настроек коммутационной панели;
- порядка установки роторов;
- положений колец;
- начальных установок роторов.

Рост мобильности невозможен без новых технологий, из-за стремительного увеличения обрабатываемых объемов информации, а также сдерживающим развитием новых архитектурных решений.

Современное состояние электроники позволяет исполнять шифровальные машины с использованием новых коммуникационных структур (КС).

Происходящий сдвиг парадигмы потребления с аппаратных на программно-реконфигурируемые продукты требует для своей реализации новых решений.

Сегодня актуальным становится возможность неограниченного масштабирования КС, устранения их блокировки, прозрачные средства управления и живучесть.

Нужна концепция и реализация программно-реконфигурируемых КС с помощью которых можно автоматизировать стандартные функции вроде создания виртуальных машин и распределения ресурсов хранения.

Сегодня для интеграции и масштабирования КС не хватает стандартов, единой, открытой для всех разработчиков платформы, общего стека технологий.

В случае программного подхода можно создать открытую платформу, построенную по модульному принципу. Вопрос уже не в невозможности сделать это, а в требуемой квалификации проектировщиков программно-реконфигурируемых коммутационных революционных 3D структур на новых элементах, например, таких как N-мерные коммутационные элементы [1].

Перспективным представляются использование архитектуры КС в полярных координатах типа “полярная роза” [2]. Комплект “полярных роз” объединенных программно-управляемым информационным туннелем позволяет широко раздвинуть возможности проектирования архитектур КУ вплоть до 3D (рис.1).

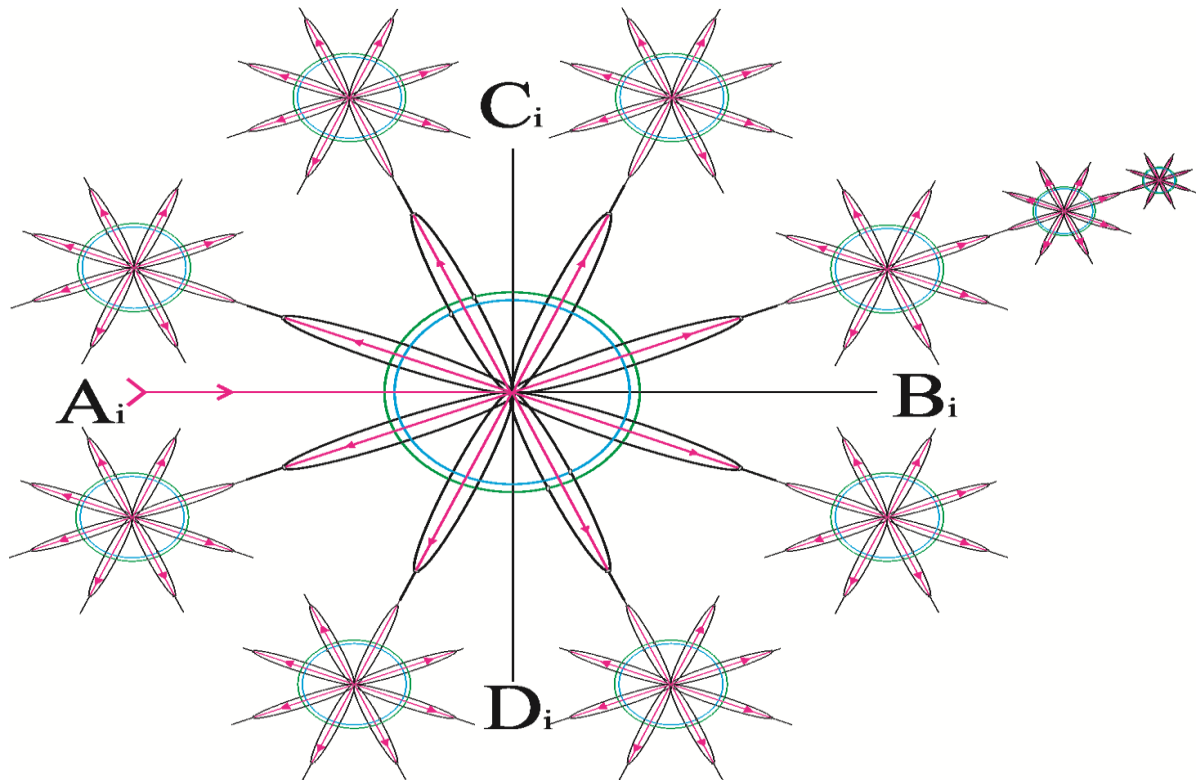


Рис.1 Комплект КС “полярная роза”

Технологию 3-DMS объемной сборки планируется применять в производстве новой техники связи, автоматизированных системах управления, вычислительных комплексах, робототехнике и шифрования. Благодаря уникальной конструкции и улучшенным характеристикам модули могут использоваться в различных видах радиоэлектронной аппаратуры, в отказоустойчивых бортовых системах и носимой аппаратуре.

Новая технология выведет на принципиально новый уровень процесс сборки радиоэлектронной аппаратуры в ВПКУ [3].

Согласно концепции построения программно-реконфигурируемых коммутационных 3D структур, вся логика управления выносится в так называемый спецконтроллер, который способен отслеживать работу всего криптографического устройства (КУ) и устранить человеческий фактор из процесса шифрования-дешифрования информации. Нельзя сказать, что это революционно новая идея. При этом задачи автоматизации управления КУ в режиме жесткого реального времени вынуждают разработчиков делать выбор между специализированными операционными системами (ОС) реального времени высокой надежности и производительности или некоторыми открытыми ОС общего назначения.

Использование спецконтроллера позволяет программно загружать, изменять, модернизировать алгоритмы управления КС и шифрования, например, с плавающими кодами и вариантами синхронизации КУ.

В КУ статическая часть кода может представлять собой фиксированный персональный код конкретного изделия, присваиваемый ему посредством однократного программирования при производстве микросхем-кодеров.

Динамическая часть кода являет собой результат работы Z- разрядного двоичного счетчика (регистра), изменяющегося при каждом прохождении кода.

Для повышения криптоустойчивости статическая и динамическая части кода, а также код команды подвергаются целому ряду простейших операций, таких как сдвиг, перемешивание битов, масочная инверсия и т. п. преобразованиям.

Код синхронизации КУ представляет собой совокупность контрольных битов преобразованных статической, динамической частей кода и кода команды. Порядок контроля определяется статической частью кода, то есть является индивидуальным для каждого КУ.

Таким образом, физически код представляет собой сплошную, непрерывно изменяющуюся последовательность импульсов без фиксированного начала и окончания, не имеющую синхроимпульсов или синхروпауз и не обладающую периодом повторения. К тому же в системе кодирования КУ не используется автоматическая синхронизация декодеров по двум, по трём или по какому-либо другому числу подряд перехваченных радиокоманд. Всё это делает принципиально невозможным анализ кода с использованием самых мощных сверхсовременных систем обработки сигналов.

Сегодня становится все более понятно, что ни парадигма замкнутой системы, ни архитектуры КУ не являются достаточными для обеспечения кибернетической безопасности, как предприятия, так и государства. Требуется методология, позволяющая оперативно, т.е. на базе вычислительной техники, принимать решения о достоверности того или иного объекта и информации. Для чего необходимо внедрять стеганографическую технологию, создать специальный математический язык для описания уровней доверия, определить элементы этого языка, грамматику, правила вычислений и законы.

Література:

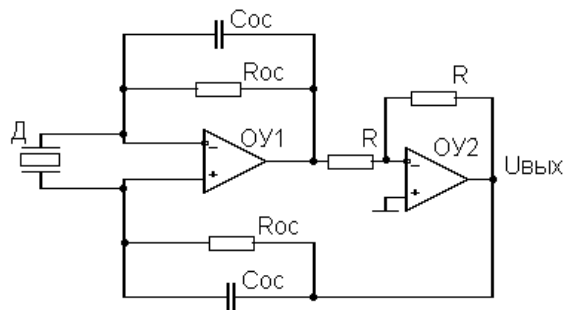
1. Патент №2020739, Россия. " N-мерный коммутационный элемент С. А. Березовского" /Березовский С.А. — 1994.— Бюл. №.18.
2. Berezovsky S. Reconfigurable commutation structures using the elements by Berezovsky// 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)/ 23-26 Feb. 2016, p/531 - 533
- 3.<http://www.3dnews.ru/926567?from=related-grid-auto&from-source=927946>.

Старцев В.І.

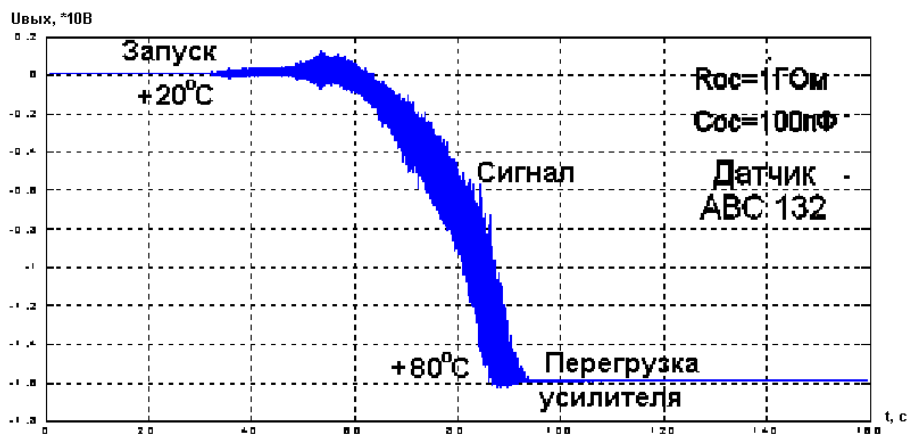
Одеський національний політехнічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАРЯДОЧУТЛИВИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ З КОРЕКЦІЄЮ

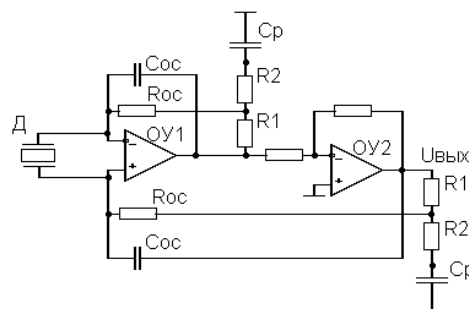
Серед численних факторів, що впливають на результати вимірів параметрів вібрацій і удару, особливе значення має швидка зміна навколишньої температури в місці розміщення віброперетворювача. Коефіцієнт перетворення сучасних п'єзoeлектричних віброперетворювачів практично не залежить від впливу температури на параметри чутливого елемента, але як відзначено в ряді робіт, зміна температури (градієнт температури) за обсягом віброперетворювача приводить до появи значних піроелектричних зарядів.



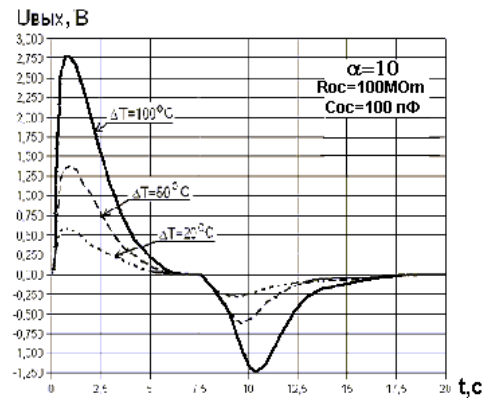
Стандартний симетричний зарядочутливий підсилювач



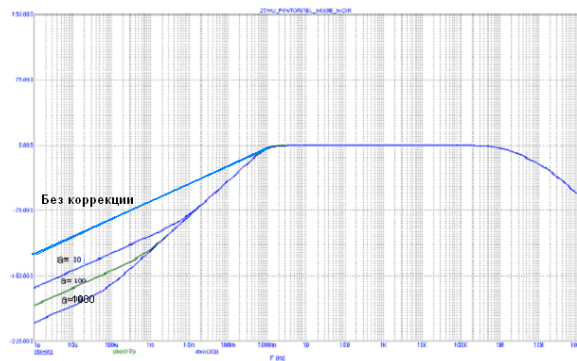
Запис сигналу, отриманого при випробуванні агрегату.



Зарядочутливий підсилювач із корекцією частотної характеристики.

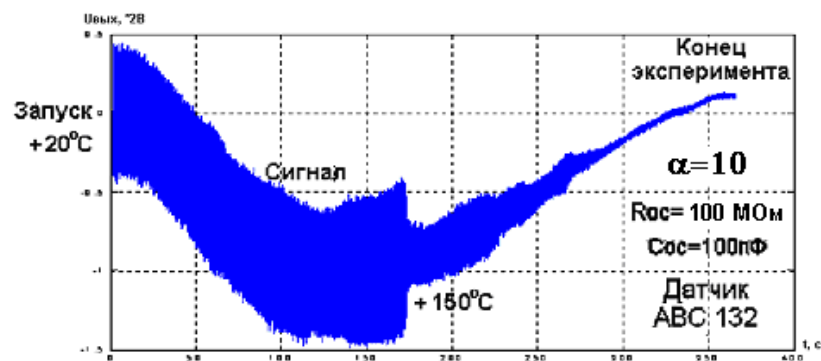


Зміна рівня вихідної напруги зарядочутливого підсилювача з корекцією амплітудно-частотної характеристики ($\alpha=10$), викликане впливом перепадів температури на п'єзо датчик.



Вплив коефіцієнта корекції на форму амплітудно-частотної характеристики підсилювача

Як видно спад АЧХ із корекцією становить -40 дБ/декаду, що дозволяє ефективно пригнічувати низькочастотні піроелектричні перешкоди. Довжина ділянки з нахилом -40 дБ/декаду залежить від величини коефіцієнта корекції.



Запис сигналу отриманого при по компенсації впливу градієнтів температур.

Висновки. Використання корекції дозволяє значно зменшити вплив теплових перешкод. У пристрої з корекцією в області НЧ забезпечується швидкість спаду АЧХ -40дБ/дек , а довжина ділянки з такою швидкістю спаду, отже, ступінь придушення піроелектричної перешкоди залежить від коефіцієнта корекції.



Вимірювальний комплекс.

1. Пат. 89829 UA, МПК (2009) H03F 3/70 G01P 15/09 Вимірювальний підсилювач Одеський національний політехнічний університет (UA) – №a200800161; Заявл. 03.01.08; Опубл. 10.03.10, Бюл. №5.

2. Пат. 201013444/28/(048868) RU «Измеритель вибраций для экстремальных условий работы». В.И. Старцев и др. 17.08.10. Заявка: 2010134445/28, 17.08.2010 Опубл. 27.02.12, Бюл. №7. 25.04.2012

3. Пат.101749 UA (2011) МПК (2009) H03F 3/70 G01P 15/11 «Вимірювальний підсилювач». В.И. Старцев и др. Одеський національний політехнічний університет (UA) – №2011013649 Заявл.11.01.2011; Опубл. 10.03.10, Бюл. №4. 25.04.2013.

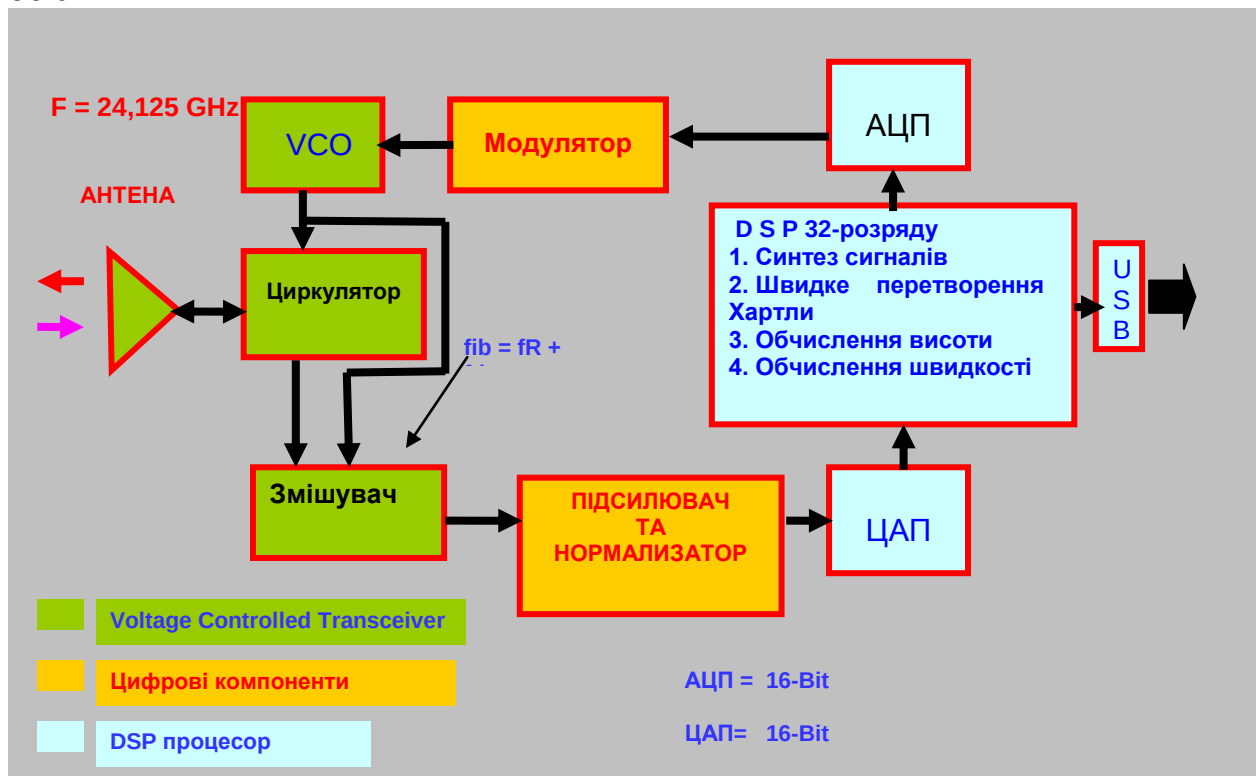
Коханов О.Б.

Одеський національний політехнічний університет

ПОСАДКОВИЙ (ПОЛЬОТНИЙ) ВИСОТОМІР

Застосування:

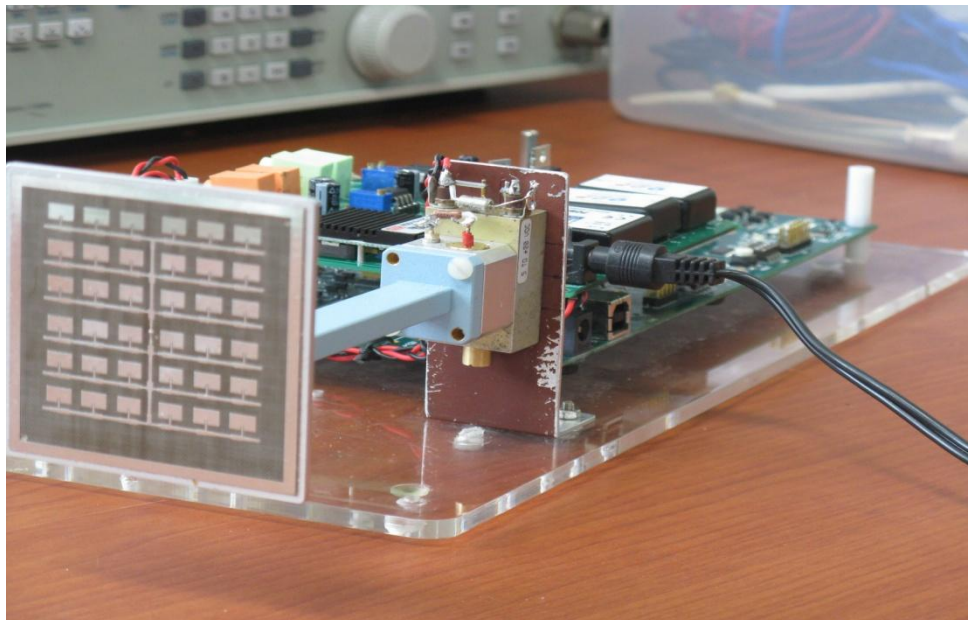
1. Літаки й вертольоти – посадкові висотоміри, система виміру шляхової швидкості й швидкості зносу, вимір бічних дистанцій для вертольотів
2. Безпілотні літальні апарати (БПЛА).
3. Космічні апарати.
4. Автомобільна техніка (дистанція між автомобілями в колоні).
5. Морські судна – визначення дистанції між кораблями й причалами.
6. Для побудови наземних систем визначення координат повітряних об'єктів



Посадочный высотомер 24 ГГц – структурная схема

Параметри:

Діапазон робочих висот	(0.1 -1500) м
Точність виміру висоти	0.1 м
Діапазон виміру вертикальної швидкості	- (5 -200) км/год
Точність виміру швидкості	0.5 км/год
Робоча частота	10 ГГц.
Час вимірів	2 мс
Кут крену й тангажа до	(+ -) 40 градусів.



Посадочный высотомер 24 ГГц – фото

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ ПРО РЕГУЛЯРНІ СКЛАДОВІ У ВІБРОАКУСТИЧНОМУ СИГНАЛІ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОТОРНОЇ МАШИНИ

Типові віброакустичні сигнали, що виникають у ході роботи різних типів роторних машин (газотурбінних двигунів, компресорів, турбонасосних агрегатів, турбогенераторів, двигунів внутрішнього згоряння, електропривода, парових турбін, осьових компресорів і ін.), як правило, являють собою реалізації випадкових процесів, у яких, проте, можуть бути виділені деякі структурні закономірності – регулярні складові кратні частоті обертання ротора. Інформація про регулярну складову має зв'язок з інформацією про технічний стан роторної машини й використовується при побудові систем автоматизації технічної діагностики. Наявність у сигналі компонентів із кроком кратності $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/3$ і $2/3$ свідчить про небезпечні дефекти, але вони не аналізуються при автоматизації технічного діагностування (мал.1).

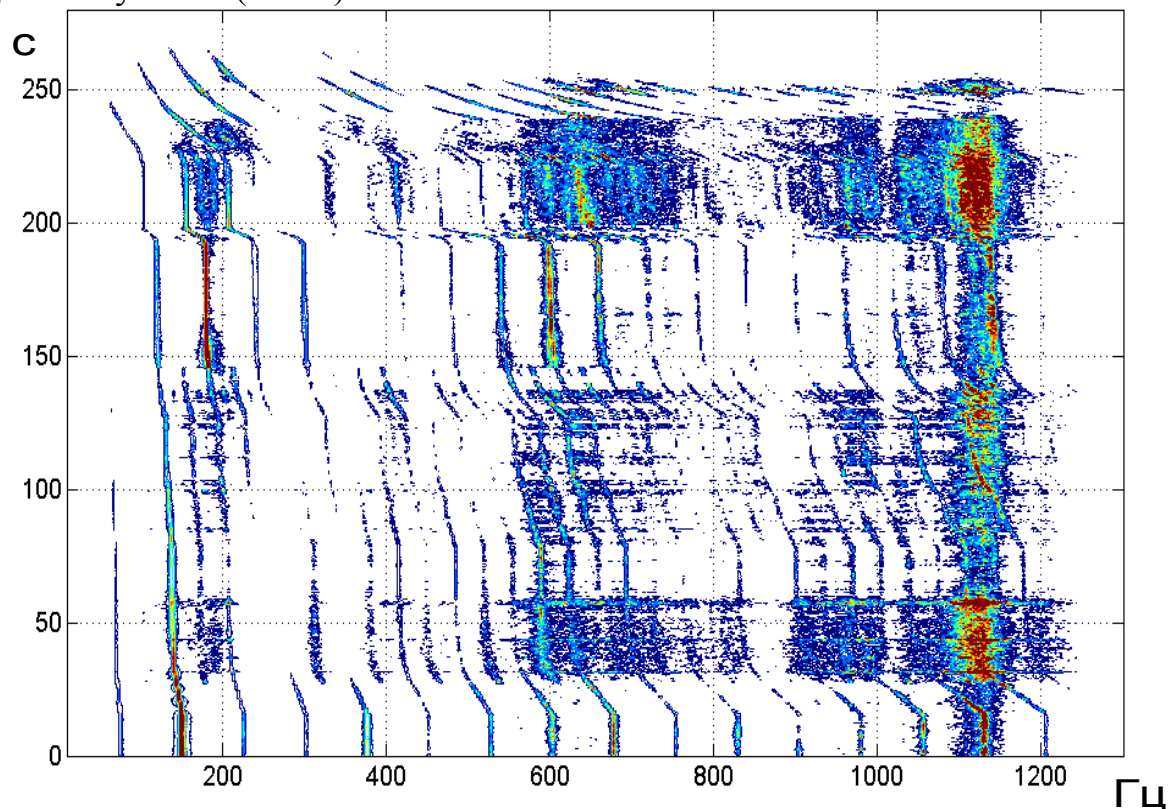


Рис. 1. Спектрограма віброакустичної активності роторної машини при наявності регулярних компонентів із кроком кратності $1/2$ і $1/4$

Через зв'язок частот компонент регулярної складової із частотою обертання ротора застосування спектрального аналізу можливо при постійних обертах ротора. Тому знаходить застосування синхронно-гребінчастий фільтр (СГФ), який дозволяє виділяти компоненти регулярної

складової з нецілою кратністю. На мал. 2 представлена структура системи виміру й обробки віброакустичного сигналу для машини із двома роторами. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) виконують вибірку даних N раз за оберт роторів, що забезпечується модулем формування міток. Кількість виділюваних компонентів цілої кратності у два рази менше значення N . Значення частоти обертання роторів необхідні для прив'язки значень амплітуд компонентів до поточного режиму роботи машини для подальшого діагностування. Погрішність визначення амплітуд компонент визначається погрішністю визначення фазового положення ротора й шириною смуги пропущення зон виділення компонентів у СГФ.

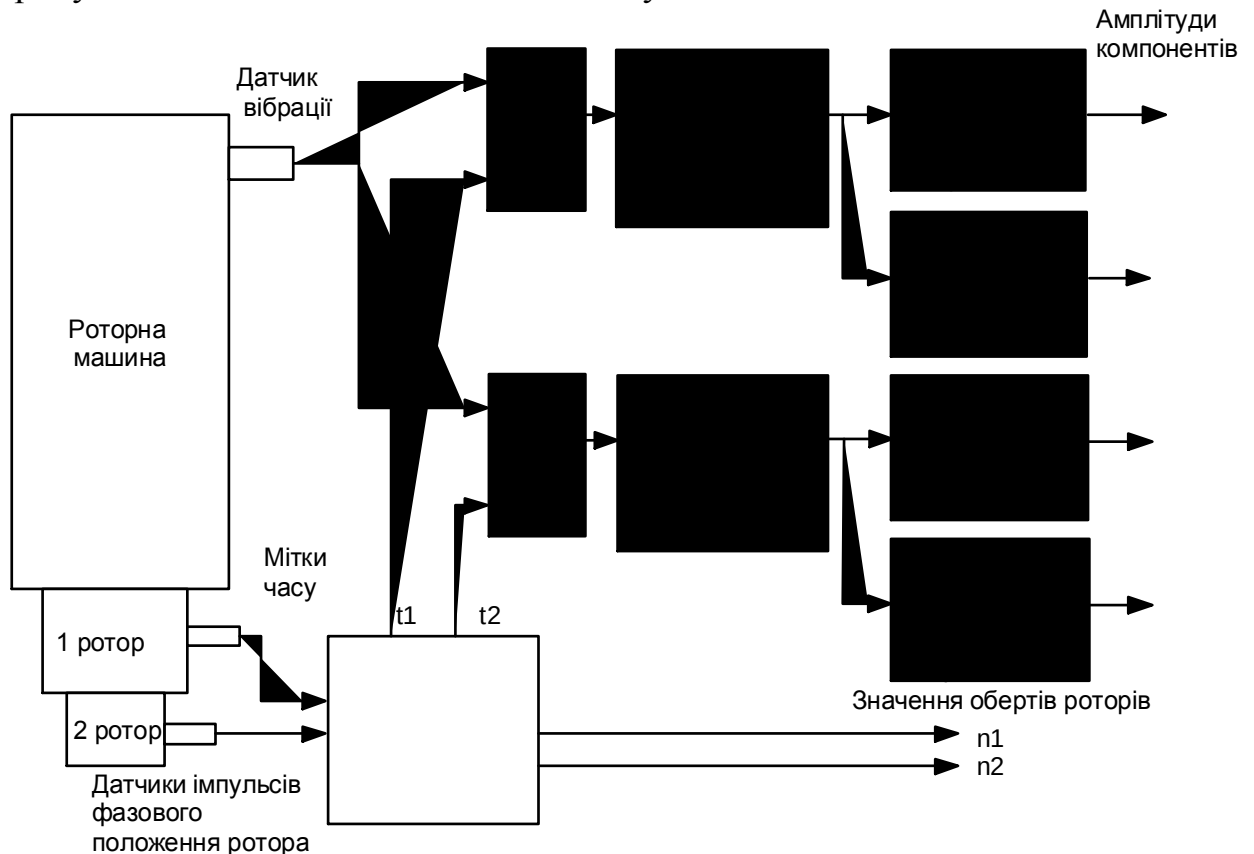


Рис 2. Структура системи виміру й обробки віброакустичного сигналу

Запропоноване рішення з одержання інформації про амплітуди компонентів, із цілою й нецілою кратністю, не вимагає завдання незмінного режиму роботи роторної машини.

Струтинський В.Б.¹, Чуприна В.М.², Юрчишин О.Я.¹, Колот О.В.¹

¹ Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського",

² Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України

МОБІЛЬНИЙ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВІ ВЕРСТАТА-РОБОТА ДЛЯ ОБРОБКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

В результаті аналізу інформаційних джерел встановлено, що існує крупна науково-технічна проблема високоточної, механічної та інженерно-фізичної обробки об'єктів у польових умовах. До таких об'єктів відносяться: міни, снаряди, ємності з токсичними матеріалами, трубопроводи та резервуари під тиском, зокрема ємності з пошкодженнями, що супроводжуються витокami рідких і газоподібних речовин та інші. Як правило, об'єкт має забруднення, орієнтований довільним чином і не допускає переміщення. Високоточна обробка є необхідною для проведення підготовчих операцій по транспортуванню об'єктів, визначенню їх стану та ступеня небезпечності або для знешкодження об'єктів на місці.

Розробка комплексів для обробки небезпечних об'єктів у польових умовах має важливе значення для підвищення обороноздатності та національної безпеки держави. Розробка таких пристроїв орієнтована на одержання прикладних результатів подвійного використання.

Освоєння виробництва мобільних комплексів для високоточної обробки небезпечних об'єктів радикально змінить організацію та проведення робіт по ліквідації надзвичайних ситуацій, ремонту військової техніки, утилізації вибухонебезпечних об'єктів, токсичних та радіоактивних речовин. Це буде мати велике значення для організації робіт в надзвичайних ситуаціях. Розробка має великий соціальний ефект. Обробка небезпечних об'єктів у польових умовах збереже життя сотням саперів, ліквідаторам наслідків надзвичайних ситуацій та іншим фахівцям, що за родом своєї діяльності мають справу з небезпечними об'єктами.

Проблему обробки небезпечних об'єктів у польових умовах пропонується вирішити за допомогою мобільних верстатів-роботів на основі механізмів паралельної структури.

Верстати з паралельними кінематичними структурами мають низьку енерго- та матеріалоемність. Тому їх можливо використати для високоточної обробки об'єктів у польових умовах. Але верстати даного типу мають недостатню жорсткість несучої системи.

Запропонована принципово нова ідея високоточної обробки об'єктів за допомогою мобільних верстатів-роботів, яка полягає у використанні обладнання, що має низьку жорсткість із додатковими пристроями.

Пропонується забезпечити зміну робочого простору верстата шляхом введення самоформуючих стрижневих просторових механізмів. Це дає можливість в 2...4 рази змінювати робочий простір верстата та реалізувати різноманітне розташування робочого органу верстата-робота відносно

нерухомої основи. При цьому можлива обробка об'єктів згори, знизу або збоку. Допустимою є обробка об'єктів, розміщених в ямах або нішах. Це суттєво відрізняє запропоновану обробку об'єктів від традиційної обробки на верстатах в умовах цеху.

Несуча система верстата-робота складається із стрижневих просторових механізмів. Вона автоматично змінює свою конфігурацію (самоформується) і адаптується до оброблюваного об'єкта. Для компенсації похибок, обумовлених деформативністю пружної системи верстата застосовані різноманітні методи прив'язки пристрою обробки до об'єкта та контролю положення виконавчого органу верстата.

Для базування виконавчого органу верстата на об'єкті застосовується спеціальний анкер у вигляді схвата із регульованим положенням. Схват забезпечує жорстке з'єднання платформи верстата із оброблюваним об'єктом. При необхідності та можливості верстат-робот здійснює переміщення небезпечного об'єкта, його поворот або видалення окремих частин об'єкта чи сторонніх предметів, що заважають технологічному процесу обробки. Шпиндельна головка із інструментом здійснює обмежені переміщення в напрямках x , y і z відносно платформи верстата, здійснюючи обробку об'єкта. Контроль обробки забезпечується відеосупроводом процесу.

На платформі верстата автоматично можуть бути встановлені необхідні пристрої із магазину пристроїв, розташованому на верстаті. Застосовуються пристрої для ідентифікації об'єктів та пристрої обробки об'єктів. Зокрема, пристрої огляду об'єкта: відеокамери, лазерні сканери, вимірювальні щупи, тактильні пристрої, аналізатори хімічного складу, твердості та інших властивостей об'єкта. Пропонуються пристрої очищення об'єкта, зокрема піскоструменеві та гідроструменеві.

Основним методом обробки планується високоточна механічна обробка (6..9 квалітет точності). Для механічної обробки об'єкта пропонуються шпиндельні головки із одним або декількома шпинделями, призначеними для установки інструментів: дискових пил, фрез, свердел, мітчиків та інших. Можливе використання щіток та голкофрез для очищення поверхонь.

В якості можливих пристроїв механічної обробки пропонуються роботомеханічні пристрої типу автоматизованих ключів, викруток, поворотних лещат. Можливе застосування гідрофікованих пресових пристроїв для видавлювання, гнуття та різання, прошивки отворів, тощо.

Пропонуються до застосування різноманітні пристрої для реалізації інженерно-фізичних методів обробки. Зокрема, різакі газові, різакі плазмові, різакі лазерні. Зварювальні апарати для точкового зварювання, газового та електрозварювання.

Чумак В.В., Монахов Е.А.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського"*

УПРАВЛЯЕМЫЙ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР С АКСИАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОТОКОМ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ

Вооруженные силы передовых страны мира укомплектованы автономными энергетическими установками на базе микротурбин (Cummins), дизель - генераторов (в том числе на легких бронеавтомобилях компании Northrop Grumman) для обеспечения нужд коммуникации, связи, систем активной защиты, систем радиоэлектронной борьбы и других собственных нужд. При этом мощность таких установок может составлять от десятков ватт, до сотен кВт. При этом использование портативных батарей весьма ограничено из-за их габаритов, низкой плотности энергии и режимов эксплуатации. По всем вышеприведенным причинам разработка надежных, недорогих генераторов для таких энергокомплексов является актуальной задачей.

Основными требованиями к таким генераторам являются:

- высокие массогабаритные показатели;
- надежность и неприхотливость во время эксплуатации;
- возможность безаварийной работы в условиях повышенной влажности, и других нестандартных ситуациях работы;
- возможность стабилизации внешней характеристики в пределах от 0,5 до 1,1 от номинального напряжения U_n .

Всем вышеперечисленным требованиям отвечают машины с аксиальным магнитным потоком, так как они имеют более высокие удельные показатели момента и массы, просты и технологичны в изготовлении (мощностью до 10 кВт), имеют возможность фланцевого крепления, а также обладают возможностью герметизации за счет разделения зоны статора и ротора за счет немагнитной вставки (нержавеющая немагнитная сталь, керамика, стеклокерамика, углеволокно в зависимости от частоты вращения ротора). Стабилизация внешних характеристики таких генераторов обеспечивается за счет бесконтактного способа стабилизации, разработанного авторами (Патент Украины № 105609) в пределах от 0,5 до 1,1 U_n , что полностью удовлетворяет основные требования таких генераторов. Герметизация и увеличение надежности основных узлов генератора, в частности статора и ротора обеспечивается за счет авторского решения представленного в патенте на изобретение Украины № 106842.

Все вышеперечисленные решения обеспечивают электрическую устойчивость работы машины при переменных внешних факторах при постоянной частоте вращения ротора (необходима система регулирования скорости в турбинах, либо дизельных установках). Также возможно увеличение стабильности внешней характеристики за счет применения более

дорогих постоянных магнитов типа SmCo_5 , что обеспечивает более высокие показатели термостабильности генератора.

Туз Ю.М., Добролюбова М.В.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського"*

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА «ВІЙСЬКОВИЙ ВТОРИННИЙ ЕТАЛОН НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ ВІД 0.1 В ДО 1000 В В ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ ВІД 10 Гц ДО 30 МГц»

Автоматизована система керується за допомогою комп'ютера через інтерфейсну шину IEEE 488.2 і порт RS-232 при використанні спеціального програмного забезпечення, створеного в інституті. Програма була розроблена в Microsoft Visual Studio. NET мовою C #.

Відтворення одиниці напруги змінного струму здійснюється за допомогою його порівняння з відомим значенням одиниці напруги постійного струму. Це порівняння відбувається за допомогою еталонних термоелектричних перетворювачів напруги для напруги з номінальними значеннями 0.5 В, 1 В, 2 В, 4 В, 8 В, 16 В, 32 В; атестованих термоелектричних перетворювачів напруги для напруги з номінальними значеннями 50 В, 100 В, 300 В, 500 В, 1000 В; аттенюатора Hewlett Packard HP8495G і нановольтметра HP34420A, що використовується для вимірювання термоЕРС. Значення одиниці постійної напруги, що використовується при відтворенні одиниці напруги змінного струму, фіксується мультиметром HP3458A.

До складу еталону також входить комплект перетворювачів напруги термоелектричних-переносників (ППНТЕ), призначений для використання в місцевих метрологічних лабораторіях. ППНТЕ конструктивно співпадають з ЕПНТЕ окрім того, що в ППНТЕ замість ПНТЕ типу ДТПТ-6 використані ПНТЕ типу ТВБ-3. Частотні характеристики ППНТЕ отримані шляхом звірення їх з ЕПНТЕ.

Основні наукові і технічні досягнення в еталоні напруги змінного струму:

1. Був досліджений механізм похибок переходу від напруги постійного струму до напруги змінного струму, обумовлених фундаментальними явищами Томпсона і Пельтьє. В результаті, знадобилося ввести жорсткіші обмеження для індивідуального підбору термоперетворювачів напруги. Для компенсації цих похибок запропонований розрахунковий метод, заснований на паралельно і послідовно з'єднаних термоперетворювачах. Таким чином, відсоток придатних перетворювачів з усього комплекту під час експериментальних перевірок було збільшено.

2. Була розроблена методика визначення стабільності термоперетворювачів за період спостереження з використанням створеної автоматизованої системи для досліджень гістограм короткочасової нестабільності.

3. Для відтворення одиниці напруги змінного струму був запропонований алгоритм інтерполяції. Це прискорило процес вимірювання, у зв'язку з відмовою від методу нульового термокомпарірованія.

4. Була створена нова формула для визначення різниці похибок еталонних перетворювачів і перетворювачів, які атестуються, що дозволило не застосовувати метод нульового термокомпарування та, завдяки цьому, знизити вимоги до стабільності джерел сигналу і прискорити отримання результату.

5. Був створений і впроваджений ітераційний алгоритм цифрової стабілізації з широким діапазоном вихідних напруг джерел напруги змінного і постійного струму, що забезпечує швидку установку необхідного значення рівня і знижує вимоги до точності джерел напруги (калібратори і підсилювачі).

6. Були досліджені перехідні процеси термокомпарування, що дозволило оптимізувати час інтеграції та тимчасову нестабільність вимірювального каналу.

7. Була розроблена і реалізована теорія щодо створення широкосмугових підсилювачів високої напруги, що дозволило досягти швидкості сигналу до 10000 В/мкс при вихідній напрузі 30 В на частоті 30 МГц, 1000 В/мкс при вихідній напрузі 100 В і 1000 В на частоті 1 МГц і 100 кГц відповідно. У зв'язку з цим, технічні характеристики еталона напруги змінного струму по діапазонах напруги і частоти перевищують характеристики існуючих світових еталонів, відомих нам.

8. Був розроблений і реалізований алгоритм вимірювання та взаємодії вимірювальних пристроїв з різними інтерфейсами, що дозволило створити повністю автоматизовану систему для вимірювання даних реєстрації і розрахунку остаточних результатів, включаючи методи статистичної обробки даних. У свою чергу, автоматизована система забезпечує повну об'єктивність результатів вимірювань, а також істотно прискорює налаштування приладів. Функція оператора зводиться до підключення і налаштування необхідних вимірювальних приладів, введення команд для їх підключення і спостереження за їх вихідними даними в реальному режимі часу.

9. Використання атенюатора HP8495G дало можливість відтворення змінної напруги від 0,001 В в діапазоні частот до 100 МГц.

10. Одержаний Патент України на метод перетворення чисто синусоїдальної напруги в інтервал часу. Даний метод використовується у вимірювальному блоці. Це дозволило реалізувати метод безпосереднього визначення похибки переходу від напруги постійного струму до напруги змінного струму.

ВИСНОВКИ

Військовий вторинний еталон напруги змінного струму від 0,1 В до 1000 В в діапазоні частот від 10 Гц до 30 МГц пройшов всі етапи досліджень і випробувань, включаючи державні перевірки. Він внесений до державного реєстру первинних і вторинних еталонів Україні під номером ВВЕТУ 08 07 01 09.

Туз Ю.М., Красковський О.П.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського"

Дефектоскопи-томографи з електронним скануванням променя на основі п'єзоелектричних фазованих антенних решіток

У сучасній світовій практиці неруйнівного контролю (НК) виробів з металів все більше поширення набувають ультразвукові інформаційно-вимірювальні системи нового покоління – багатоканальні дефектоскопи-томографи (ДТ) на основі фазованих антенних решіток (ФАР) п'єзоелектричних перетворювачів (ПЕП). На відміну від дефектоскопів, що використовуються традиційно, ДТ забезпечують підвищену достовірність, точність та швидкодію контролю, що перш за все, обумовлено можливістю:

- виконувати електронне фазове керування спрямованістю, формою та енергією ультразвукового променя ФАР ПЕП, як в режимі випромінювання, так і в режимі прийому імпульсних сигналів;

- формувати в реальному масштабі часу двомірні ультразвукові зображення (томографи) перетинів контрольованих об'єктів з ціллю виявлення дефектів типу порушення суцільності (раковини, тріщини і т. і.) та однорідності (включення, структурно-топологічні зміни щільності і т. і.).

У доповіді розглянуто принцип роботи ДТ, наведено структурну схему та основні типи ФАР ПЕП.

Проаналізовано можливість застосування ультразвукових ДТ при виробництві та експлуатації техніки військового призначення в таких галузях як: танкобудування, літакобудування, кораблебудування та ракетобудування.

Крім того, в якості приклада подібної техніки, представлена автоматизована система НК колісних пар залізничних вагонів швидкісних потягів, у складі якої використовується ультразвуковий ДТ на основі ФАР ПЕП, розроблений в Національному технічному університеті України «КПІ» на кафедрі автоматизації експериментальних досліджень.

Наведено основні технічні характеристики і параметри електронного блока ДТ і ФАР ПЕП.

Ключові слова: неруйнівний контроль, ультразвукові дефектоскопи, п'єзоелектричні фазові решітки.

Петренко П.С.
Міжнародна кадрова Академія

ВАКУМНО-СУБЛІМОВАНІ ПРОДУКТИ – РЕВОЛЮЦІЙНО НОВИЙ НАПРЯМ В СУЧАСНОМУ ХАРЧУВАННІ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ УКРАЇНИ

Як відомо, продовольча безпека держави – це ступінь забезпеченості населення країни екологічно чистими і корисними для здоров'я продуктами харчування вітчизняного виробництва по науково-обґрунтованим нормам і доступним цінам при збереженні і поліпшенні середовища існування. Вона базується не лише на агропромисловому комплексі, але і на розвитку науково-виробничої бази. Дана робота представляє окремі узагальнення результатів наукових досліджень (у тому числі автора) і спрямована на рішення завдань шляхом випуску натуральних спеціалізованих і дієтичних продуктів лікувально-профілактичного призначення в сухому (ліофілізованому) виді.

Однією з основних вимог до раціонального харчування ХХІ століття є відповідність його компонентного складу нутрітивної¹ підтримки організму людини при гіперметаболізмі². Одним із найважливіших факторів, що впливають на підвищення імунорезистентності³ організму є харчування, збалансоване за нутрієнтами⁴. У зв'язку з цим, проблема забезпечення військовослужбовців раціонально збалансованим харчуванням набирає особливої ваги і має стати актуальним предметом досліджень як науковців, так і практиків.

Матеріалом для даної роботи послужили наукові праці за результатами досліджень теорії збалансованого харчування, яка поповнена, в останні роки, новими даними про потреби організму при різних захворюваннях і різних умовах проживання [1], а також аналіз наявного продуктового набору вітчизняних виробників та раціональне комбонування продуктів, які забезпечують життєдіяльність організму в екстремальних умовах. Тому існуючий у нутриціології⁵ балансовий підхід до структури харчування, пов'язаний із нормативним забезпеченням у раціоні макро- та мікронутрієнтів відповідно до фізіологічних потреб людини, потребує

¹ Нутрітивна підтримка визначається як процес забезпечення організму оптимальним повноцінним харчуванням за допомогою використання певних продуктів.

² Важка білково-енергетична недостатність, груба дисрегуляторна *патологія*, при якій мають місце високі енергетичні потреби, зниження можливості утилізації основних ендогенних субстратів.

³ Імунорезистентність: **Імуно...**(лат., вільний, незайманий) у складних словах означає імунітет. (від лат. *resistentia* — «опір», «протидія») — стійкість, опірність і несприйнятливості організму до будь-яких факторів зовнішнього впливу — інфекцій, отрут, забруднення, паразитів, і т. п.; зокрема, **неспецифічною Р.** називають засоби вродженого імунітету.

⁴ Нутрієнти - складові частини натуральних харчових продуктів, які організм використовує для побудови, оновлення та нормального функціонування органів, тканин і клітин, а також як джерело енергії для виконання роботи і забезпечення життєдіяльності організму в період спокою.

⁵ Науки про харчові продукти та здорове харчування базуються на біотехнології, нутриціології, харчової та фармацевтичної хімії, фармакогнозії, фармакокінетики ліків та ін.

істотного корегування при розробленні харчових раціонів військовослужбовців.

Проблема забезпечення українських військовослужбовців якісним, збалансованим харчування поки що не знайшла свого практичного вирішення. Заслуговує увагу дослідження авторів [2] зі створення продуктів для ентерального харчування, призначених для пацієнтів з травмами, пораненнями і ураженнями. Проблема напрямів дослідження раціонів харчування є актуальною. і потребує дослідження науковців і практиків.

Необхідною складовою раціону для військових мають бути також оптимальні дози вітамінів та мінеральних елементів, передусім антиоксидантної дії. Екстремальні стани, нервово-емоційні перевантаження призводять до посилення катаболізму вітамінів, викликаючи збільшені потреби у них. Незамінними сполуками для забезпечення високої фізичної працездатності є вітаміни групи В, вітамін С, вітамін Е, біофлавоноїди.

Доведено, що дефіцит поживних речовин в організмі військовослужбовців скорочує їх працездатність та зменшує фізичну та емоційну стійкість до екстремальних умов перебування. Недотримання вимог до харчування бійців призводить до значних економічних збитків, зумовлених витратами на лікування, догляд за хворими та їх реабілітацію в медичних закладах, втрат доходів для сімей, а також втрат 4,5% здорових років життя внаслідок передчасної смертності та інвалідності [3]. Таким чином, важливим є аналіз фактичного добового раціону військовослужбовців та розробка рекомендацій щодо його вдосконалення. Цей напрямок дослідження, поряд з забезпеченням збройних сил України сучасним озброєнням, має одне з вирішальних значень в обороноздатності держави.

У ході аналізу набору продуктів було виявлено невідповідність фактичного забезпечення макро- та мікронутрієнтами рекомендованих норм фізіологічних потреб населення України[4]. Білковий склад набору сухих продуктів перевищує денну потребу у білку на 13,54%. При цьому рекомендована збалансованість білкового складу набору (55% білків тваринного походження та 45% – рослинного походження) не зберігається. Вміст жиру складає 105,5 г, що становить лише 72% від добової потреби. Відсоткове співвідношення поліненасичених, насичених та мононенасичених жирних кислот складає: 0:42:0, замість необхідних 10:30:60. Добова забезпеченість у вуглеводах складає лише 64,2% (400,9 г замість 624,0 г необхідних), у харчових волокнах – 66%, споживання крохмалю перебільшує норму на 13,4%. Енергетична цінність набору сухих продуктів «Повсякденний» – 3039 ккал, що на 861 ккал менше за норму. Відносно вмісту мінеральних речовин, виявлено надлишок натрію (214,2% від добової потреби), фосфору (138,9%) та заліза (137,4%), а також нестачу магнію (66,3%), калію (54,4%), сірки (40%) та кальцію (17%). Майже повністю відсутні йод, цинк, мідь, фтор, селен, кобальт, молібден та хлор. Щодо вітамінного складу, у наборі виявлено надлишок вітаміну РР (238,7%), нестачу вітамінів В1 (55,7%), В2 (46,4%) та В6 (29,7%). Інші вітаміни, за винятком вітаміну Е (95,7%), майже відсутні.

Аналіз літературних джерел, які присвячені вивченню стану здоров'я військовослужбовців Збройних Сил України, засвідчив, що навіть в умовах стаціонарних частин, не задіяних в проведенні антитерористичної операції, протягом останніх років спостерігається тенденція до зменшення відносної частки військовослужбовців, віднесених до першої групи здоров'я, зростання частоти звернень за медичною допомогою до лікаря військової частини на одну особу за рік, зростання загальної захворюваності [5]. Це зумовлено не тільки незадовільним станом фінансування Збройних Сил України, а внаслідок перебування військовослужбовців в польових умовах, участі в бойових діях, зростання психо-емоційного напруження та неможливості організації оптимального раціону та режиму харчування.

За таких умов зростають вимоги до збалансованості харчового раціону та нутрієнтного складу окремих продуктів. Оптимально підібраний раціон харчування повинен забезпечувати не тільки підтримання енергетичних і пластичних потреб організму, але й бути самостійним профілактичним та лікувальним чинником, здатним забезпечувати підтримку організму і збереження рівня здоров'я на оптимальному рівні.

Для корегування харчування військовослужбовців необхідним є впровадження в їх раціон функціональних харчових продуктів та страв із заданими фізіологічними властивостями за рахунок забезпечення організму найбільш важливими макро- і мікронутрієнтами та мінорними біологічно активними речовинами в оптимальних кількостях і співвідношеннях між собою. Функціональні харчові продукти здатні зберігати і покращувати здоров'я, знижувати ризик розвитку пов'язаних з харчуванням захворювань за рахунок наявності в їх складі функціональних інгредієнтів, що надають сприятливі ефекти на одну або кілька фізіологічних функцій і метаболічних реакцій організму людини.

Забезпечення раціонального збалансованого харчування військовослужбовців потребує заміни складових набору сухих продуктів, технологічно-технічних методів сушки. Досвід розвинених країн свідчить, що процес сушки продуктів необхідно здійснювати методом сублімації. Для задоволення добової потреби у необхідних для організму нутрієнтах доцільним є використання сублімаційної сушки таких продуктів як риба (джерело фтору, кобальту, йоду, тваринних білків), гречана крупа (джерело магнію), кисломолочний сир (кальцій, вітамін B2), йодована сіль (йод, хлор), печінка свиняча або яловича (мідь, молібден, сірка, цинк, вітаміни групи B), капуста білокачанна та цибуля ріпчаста (вітаміни K, C, харчові волокна). Запропоновані продукти є доступними з огляду на економічне становище держави, тому їх використання для розширення добового раціону військовослужбовців з метою забезпечення надходження до організму необхідної кількості харчових речовин є раціональним. Збільшення виходу і кількості страв, а також урізноманітнення раціону компенсують нестачу вуглеводів та енергетичної цінності фактичного добового раціону. Доцільним є введення нових страв та продуктів до раціонів.

Якість харчування військовослужбовців у зоні АТО потребує особливої уваги, оскільки серед різноманітних факторів навколишнього середовища,

що впливають на організм людини, стан її здоров'я, найважливішим є харчування. Індивідуальний раціон харчування військовослужбовців поза межами військової частини (сухий пайок) розраховується на споживання однією людиною впродовж доби або на одне приймання їжі. Тому важливим є аналіз складу харчових пайків для військовослужбовців України.

В останнє десятиріччя стан харчування в нашій країні характеризується негативними тенденціями. Аналіз фактичного харчування свідчить про дефіцит вживання з їжею багатьох незамінних поживних речовин, що призводить до зростання рівня різної захворюваності. В першу чергу це стосується недостатнього вживання мікронутрієнтів – вітамінів і мінеральних речовин. За даними Інституту харчування у більшості населення діагностується недостатність вітамінів А і Е, аскорбінової і фолієвої кислот, багатьох мінеральних речовин – магнію, кальцію, йоду, селену, цинку, міді та ін. Причини такої недостатності – вживання рафінованих продуктів, які практично не містять нутрієнтів, низький рівень знань відносно харчової цінності окремих продуктів. Природно, що такий стан справ негативно впливає на рівень боєздатності особового складу Збройних Сил і потребує проведення невідкладних і адекватних заходів по раціоналізації харчування.

Нині до складу сухих пайків для військовослужбовців України входять: м'ясо тушене, паштети, крупи, галети, макаронні вироби, супи, овочеві консерви, цукор та чай. Таке висококалорійне щоденне меню, що складає до 3,9 тис. ккал, у першу чергу, приводить до швидкого втамування відчуття голоду. Але слід відмітити, що такий раціон не є збалансованим, оскільки він не підтримує захисні сили людського організму. У складі вказаних пайків слід відмітити високий вміст жирів та вуглеводів, нестачу вітамінів і загальну обмеженість раціону. Подібний раціон жорстко уніфікований і не враховує індивідуальні потреби дорослих людей у калоріях, білках, жирах, вуглеводах, харчових волокнах тощо. Основними чинниками формування індивідуальних потреб щодо складу раціонів харчування є: фізичні дані (вага, ріст), рівень фізичної активності, стать, рід занять до призову в армію та ін. Суттєвим недоліком харчування військових у зоні АТО є відсутність гарячої їжі та її одноманітність, що негативно відбивається на стані здоров'я. Нестаток селену, кальцію, цинку, заліза, водорозчинні і жиророзчинні вітамінів в умовах постійного стресу можуть призводити до захворювань серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, ендокринних захворювань, пошкодження зубів. Подібні захворювання можуть виявлятися не відразу, а впродовж тривалого часу після демобілізації військових. Зважаючи на це, до раціону військових слід вводити молочні продукти, які містять у легкозасвоюваній формі білок і жир, є джерелом, насамперед, кальцію, фосфору, вітамінів С, Д та вітамінів групи В. Так, у першу чергу до складу сухпайка має входити згущене молоко з цукром або згущене стерилізоване молоко – продукт тривалого терміну зберігання. У той же час у пайках не дозволені продукти швидкопсувні: майонез, натуральна кава, кондитерські вироби, кулінарні і кондитерські жири та продукти, які містять харчовий консервант або піросульфат натрію. До складу індивідуальних пайків у різних країнах світу у різні часи входили молочні продукти тривалого

терміну зберігання. Так, у складі військових індивідуальних пайків часів Другої Світової війни був сир-бринза [6].

У складі пайків російської армії є напій молочний сухий або молоко згущене з цукром, масло стерилізоване. Раціон харчування російських екіпажів літаків на запасних аеродромах передбачає молочні продукти сублімаційного сушіння – сир плавлений, сметану і масло [7]. У складі колективних пайків збройних сил США є молоко тривалого строку зберігання (стерилізоване) [8].

Удосконалення складу індивідуальних пайків призвело до широкого застосування сухого молока, м'якого сиру, молочних коктейлів, вершкового масла у складі макаронних виробів, сиру як начинки у випічних виробках та пельменях, сиру з тушкованим м'ясом. До складу пайків для харчування військових, які виконують бойове завдання в умовах низьких температур, входять продукти висококалорійні та швидкозасвоювані, у тому числі сир та масло. В США планується збільшити число варіантів меню зі збалансованим вмістом вуглеводів, вітамінів, амінокислот, кофеїну та антиоксидантів, що дозволить покращити фізичний та розумовий стан військових під час виконання бойових задач за будь-яких погодних умов.

Використовувати технології вакуумно-сублімаційної сушки є дуже важливим з багатьох причин. Один з винаходів NASA на сьогодні знайшов своє застосування і на нашій планеті – сублімаційна сушка, яка відноситься до харчування в *космосі* і *армії*. Спільно з Nestle, NASA винайшли особливий процес заморожування продуктів, який повністю позбавляв їх води, роблячи процес транспортування і зберігання украй зручним. Для того, щоб з'їсти такий продукт, потрібно просто залити його водою, і їжа знову готова до вживання. Цей метод сушки є найдосконалішим.

У фізиці сублімація означає випарювання твердого тіла, без його переходження в рідку форму. Як відбувається сушка сублімації? З продуктів, заморожених при низькій температурі, видаляється вільна і зв'язана волога. Лід, що утворився в продукті, при нагріванні в умовах вакууму перетворюється на пар. При випарюванні вологи не захоплює з собою екстрактивні речовини. В результаті специфічні властивості біологічних продуктів (поживна цінність і смакові якості) зберігаються при нерегулярних температурах (від - 50 до +50 °C) протягом п'яти років.

Вони зберігають колір, смак і аромат первинної сировини, а ще і практично 95% вітамінів, інших біологічно активних і поживних речовин. Збереження високої харчової цінності сублімованих продуктів пояснюється тим, що сублімації не піддаються мікроелементи і поживні речовини, що містяться в м'якуші, а тільки вода.

Способом сублімації консервуються молочні вироби, фрукти, овочі, м'ясо, риба, гриби, приправи, каші і супи. Сублімовані продукти використовуються як самостійні продукти, а також як напівфабрикати для багатьох вторинних продуктів, кулінарних виробів і готових блюд. Вони мають тривалий термін зберігання у зазначеному вище великому діапазоні температур.

Висновки.

1. Порівняльний аналіз складу індивідуальних пайків української армії дозволив зробити висновок про його недосконалість через незбалансованість основних поживних компонентів та нестачу біологічно цінних сполук. Денний раціон для військових має бути адекватний тим внутрішнім і зовнішнім чинникам, які виникають в екстремальних умовах, і містити необхідні компоненти для забезпечення фізичної та психологічної витривалості військових, запобігання виникненню і розвитку соматичних та нервових захворювань, збереження стану здоров'я.

2. Незбалансованістю за вмістом основних нутрієнтів раціону сухих продуктів не задовольняють фізіологічних потреб військовослужбовців України в калорійності, вітамінах та мінеральних речовинах, що негативно впливає на боєздатність військовослужбовця. Тому вживання продуктів сублімаційної сушки сприятимуть запобігання негативних зрушень у стані здоров'я, пов'язаних з нездоровим харчуванням, збільшенню рівня працездатності та підвищенню резистентності організму військовослужбовців до екстремальних умов перебування.

3. Вживання продуктів сублімаційної сушки дозволить створити асортимент харчових продуктів із заданими властивостями, які здатні чинити профілактичну і оздоровчу дію за рахунок оптимальної кількості та співвідношень функціональних інгредієнтів, що знижують ризики виникнення багатьох захворювань та підсилюють адаптаційні механізми організму в умовах стресових ситуацій.

Література:

1. The Market for Clinical Nutritional Products / comp. J. Nicole // Market Research. 2010. Vol. 8. 108 p.
2. Притульська Н.В. Товарознавчі засади позиціонування продуктів для ентерального харчування / Н. Притульська, Ю. Мотузка // Товари і ринки. - 2014. - №2. - С. 53-59.
3. Москаленко В.Ф., Грузева Т.С., Галієнко Л.І. Особливості харчування населення України та їх вплив на здоров'я. / Соціальна медицина. - 2009. - №3. - С. 64-73
4. Наказ МОЗ України «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії» № 272 від 18.11.99.
5. Аналіз стану здоров'я військовослужбовців Збройних Сил України за показниками 2001-2009 рр.: інформ.-аналіт. матеріали / Р.Х. Камалов, М.Ю. Антомонов, С.Б. Лопін та ін.; ВМД МО України, НДІ ПВМ ЗС України. - К., 2011. - 176 с.
6. Кринко, Е. Ф. Питание военнослужащих в 1941-1945 гг. [Текст] / Е. Ф. Кринко, И.Г. Тажиудинова // Вопросы истории. - 2012. - № 5. - С. 39-54.
7. Приказ Минобороны РФ от 4 марта 1997 г. №88 «Об установленном индивидуального рациона питания, рациона питания для мелких команд, профилактического рациона питания и рациона выживания».
8. Коллективные и индивидуальные пайки для военнослужащих ВС США / В. Русаков // Зарубежное военное обозрение. - 2014. - №3. - С.29-35.