

Міністерство освіти і науки України

**«ПЕРСПЕКТИВИ НАУКОВО-
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОБОРОННО-ПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ»**

Матеріали інформаційно-комунікативного заходу

22-23 вересня 2015 року

м. Київ

УДК 339.923

Перспективи науково-технологічного забезпечення
оборонно-промислового комплексу України:
Інформаційно-комунікативний захід (Київ, 22-23 вересня 2015),
відп. ред. В.С.Шовкалюк. – К.: ТОВ «Міжнародний виставковий
центр», 2015.-247с.

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

Чепков І.Б.

Основні напрями розвитку озброєння і військової техніки. Організаційні і економічні механізми державної підтримки оборонної промисловості.....	8
---	---

Маслов В. П.

Перспективні напрямки розвитку технологій військового призначення.....	14
--	----

Ільченко М.Ю.

Досвід і можливості Київської політехніки у виконанні науково-технічних розробок подвійного використання.....	21
---	----

Андронов В.А., Бейко І.В., Щирба О.В.

Системи оптимізації керування та удосконалені математично-комп'ютерні засоби оптимізації.....	25
---	----

Марченко А.П.

Двигунобудування для бронетехніки: історія, сучасний стан і перспективи.....	30
--	----

Петренко П.С.

Розвиток економіки України залежить від створення стратегії виконання її інноваційної складової	34
---	----

Мусійко В.Д., Коваль А.Б.; Колос О.І.

Створення траншейних та траншейно-котлованих землерийних машин безперервної дії для фортифікаційного обладнання позицій військ.....	41
---	----

Кравченко В.І.

Випробувальний полігон НДПКІ «Молнія» для забезпечення стійкості об'єктів військової техніки від впливу вражаючих факторів природного та штучного походження.....	47
---	----

Бушуев Ф.И., Калюжный Н.А., Сибирякова Е.С., Шульга А.В.;**Москаленко С.С.; Балагура О.А.; Кулишенко В.Ф.**

Система безперервного контролю просторового положення телекомунікаційних супутників.....	52
--	----

Бойко М.І. , Євдошенко Л.С. , Іванов В.М. , Рудаков В.В.

Мобільна установка для випромінювання потужних електромагнітних імпульсів.....	54
--	----

Качанов П.О., Зуєв А.О., Яценко К.М.

Програмна реалізація методів синтезу зображень в системах візуалізації тренажерних комплексів військової техніки.....	56
---	----

Ткачук М. А., Литвиненко О. В., Грабовський А. В. Науковий супровід проектно-технологічних розробок задля забезпечення тактико-технічних характеристик бойових броньованих машин.....	61
Заболотний М. А.; Давиденко М. О.; Куліш М.П.; Кузьменко М.О. Багатошарове плівкове покриття для зменшення відбиття світла.....	66
Бедюх О.Р., Сандраков Г.В., Дробков М.Є. Ефективне НВЧ радіо-поглинальне покриття.....	67
Копань В.С.; Рево С.Л. Пристрій для гасіння широкомасштабних пожеж на великих відстанях.....	70
Рево С.Л.; Копань В.С. Спосіб та побутовий пристрій для очищення і структурування води.....	71
Осадчий Є.О. Біомеханічний роботизований «Екзоскелетон» багатоцільового застосування.....	73
Байгер В.М., Буй Д.Б., Коляда С.В., Картунов В.І., Харченко В.С. Застосування сучасних систем відеоспостереження в колективній роботі піших, мобільних і повітряних сегментів підрозділів ЗСУ та сил безпеки.....	75
Кравців М.М., Бойчук В.І., Пелещак Р.М., Кравців М.М., Станько М.Г. Оптоелектронні пристрої реєстрації інфрачервоного випромінювання на основі органічних сполук.....	82
Пиза Д.М.; Кононович В.Я., Денека А.А. Повышение эффективности радиолокационных станций отечественного производства в условиях воздействия комбинированных помех.....	87
Дверніков Б.Ф., Коркішко Р.М., Костильов В.П., Литовченко В.Г., Мусаєв С.М., Попов В.Г., Романюк Б.М., Сабов Т.М., Черненко В.В. Мобільні сонячні електростанції для використання в польових умовах...	92
Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Дем'яненко А.С., Колот О.В. Мобільний дистанційно керований комплекс на основі верстата-робота для обробки небезпечних об'єктів у польових умовах.....	97
Туз Ю.М., Добролюбова М.В. Військовий вторинний еталон напруги змінного струму від 0,1 В до 1000 В в діапазоні частот від 10 Гц до 30 МГц.....	102
Монахов Є.А., Чумак В.В., Пономарьов О.І. Торцевий магнітоелектричний синхронний генератор для військової мобільної енергогенеруючої установки.....	106
Осадчий Є.О. Пристрої –трансформери для підвищення боєздатності військової техніки.....	110

Ковтун Г.І., Яценко Г.В., Дидюк М.В., Мисюра А.Г.	
Засоби захисту і лікування ран.....	112
Остапченко Л.І., Берегова Т.В., Скочко Н.С., Фалалєєва Т.М.	
Протиопіковий препарат на основі меланіну.....	117
Запорожець О.А.	
Нові ефективні засоби для детоксикації та лікування ран, а також прості тест-методи для здійснення екологічного моніторингу забруднених територій.....	118
Демченко П.І.; Трахтенберг І.М., Демченко В.Ф.; Назаренко О.П.	
Пектиновмісні препарати для біопрофілактики у вирішенні проблем хімічної безпеки.....	120
Горбунов О.А., Осадчий Е.А.	
Трансформерна інноваційна технологія у вдосконаленні рухової активності військових в нормі та патології.....	123
Гамалія М.Ф.; Радченко О.С., Степура Л.Г.; Шишко Є.Д., Штонь І.О.	
Перспективність розробки і впровадження у військово-госпітальну практику методу фото динамічної терапії інфікованих ран.....	125
Ульянчик Н.В., Кулак Л.Д., Фірстов С.О., Кузьменко М.М.	
Нові біоматеріали для відновлення кісткової тканини та функції пошкодженого органу при обширних травмах опорно-рухового апарату.....	129
В.Б.Неймаш, В.Ю.Поварчук; О.Ю.Колендо, А. Шилова, Н.В.Куцевол,	
Українські пов'язки для лікування ран та опіків на основі радіаційно-зшитих гідрогелів.....	132
Самарай В. П.	
Изготовление деталей коленного протеза методами литья.....	134
Лісачук Г.В., Кривобок Р.В., Захаров А.В., Федоренко Е.Ю., Приткіна М.С.	
Керамічні матеріали спеціального призначення.....	144
Григор'єв О.М., Білик З.В., Сакун О.В., Марущенко В.В., Чернявський О.Ю.; Литвинов Ю.В.; Полянський М.Є.	
Засоби визначення напрямку в просторі на гамма-джерела, включаючи імпульсні.....	149
Брагіна Л.Л., Саввова О.В., Бабіч О.В.	
Високоміцні склокристалічні матеріали для елементів бронезахисту.....	153
Соболь О.В., Білозеров В.В., Субботін О.В.	
Створення методом МДО композиційних матеріалів з надтвердою керамічною поверхнею та їх застосування у військовій техніці.....	155
Прокопів М. М.; Геворкян Е. С. , Тимофєєва Л. А., Мельник О. М.; Харченко О. В.	
Керамічний матеріал на основі нанодисперсного оксиду алюмінію для виготовлення елементів бронезилетів 6 класу захисту.....	158

Соколов В.О.

Лазерні пристрої для визначення поперечного переміщення та малих коливань віддаленого об'єкту..... 162

Заболотний М. А., Давиденко М.О., Асламова Л.І., Кузьменко М.О.

Безпосереднє визначення поглинутої дози радіоактивного опромінення металевими конструкціями в реальному масштабі часу..... 167

Сизов Ф.Ф., Руденко Е.М., Цибрій З.Ф., Свеженцова К.В., Голенков О.Г., Вуйчик М.В., Короташ І.В., Шаповалов А.П., Полоцький Д.Ю., Білоголовський М.О., Осіпов Л.

Маскуючі та фільтруючі тонкі шари наноструктурованих композиційних структур для ІЧ та суб-ТГц діапазонів спектру..... 170

Стрижак П.Є., Соловйов С.О., Кириєнко П.І., Трипольський А.І.

Каталізатори автономного безполум'яного генератора тепла для опалення різних об'єктів, в тому числі в польових умовах..... 171

Трипольський А.І., Абакумов О.О., Столярчук І.Л., Стрижак П.Є.

Антипіренна обробка тканин та створення нових вогнетривких матеріалів..... 175

Демченко В.Г.

Інноваційні технології опалювання тимчасових споруд..... 177

Долінський А.А., Шаркова Н.О., Авдєєва Л.Ю.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Енергоефективна технологія виробництва спеціального високобілкового харчування для забезпечення потреб організму поранених в критичних станах..... 182

Гайворонский А.А., Позняков В.Д., Клапатюк А.В.; Костин Ю.Н.

Сопротивляемость сварных соединений сталей высокой твёрдости специального назначения образованию холодных трещин..... 185

Ахонін С.В., Березос В.А., Пікулін О.М., Северин А.Ю.;**Антонюк С.Л.**

Вітчизняний високоміцний титановий сплав Т110 для виготовлення елементів бронезахисту..... 191

Крот П.В., Бобирь С.В., Приходько І.Ю.; Жарков І.П.;**Ханнолайнен В.Т.; Дихановський В.М.**

Технологія і обладнання кріогенної обробки стволів артилерійського і стрілецького озброєння..... 197

Вишняков Л.Р., Нешпор О.В., Мазна О.В.

Кераміко-полімерні композиційні бронеелементи з підвищеною захисною та ваговою ефективністю..... 202

Вишневський Л.Г., Вишняков Л.Р., Хохлова Н.М., Лемешко В.Л.

Металевотрикотажний проти ножовий одяг правоохоронців..... 207

Сергєєв В.П., Щербицька О.В., Кліпов В.Д., Уварова І.В.

Високоєфективні наноструктурні активовані вуглецеві волокнисті матеріали медичного призначення..... 212

Кліпов В. Д.

Вогнестійка тара з композиційних базальтоволоконних матеріалів, як

засіб забезпечення безпеки складів зброї.....	217
Куріхін В. С., Баглюк Г.А.	
Удосконалення технології виготовлення артилерійських гільз діаметром 160 мм.....	222
Стеля О.Б., Потапенко Л.І., Сіренко І.П., Стеля І.О, Івченко В.М., Козак П.М., Лапчук В.П.	
Програмно-апаратний комплекс балістичного забезпечення артилерійського полігону.....	226
Мірошніченко С.І., Заболотний М.А. , Куліш М.П., Асламова Л.І., Дмитренко О.П., Куліч Є.В.	
Рентгенографічний томограф для неруйнівного контролю металевих і полімер - композитних виробів.....	228
Лобода П.І.	
Композиційна броня із надтвердих надміцних керамічних матеріалів – захист нового покоління для людини та техніки.....	232
Васильєв А. Ю., Ткачук М. М., Танченко А. Ю., Мартиненко О. В.	
Методи забезпечення тактико-технічних характеристик військових гусеничних і колісних машин на етапі проектних досліджень.....	234
Фесенко М.А., Самарай В.П., Фесенко Е.В., Ямшинский М.М.	
Ресурсосберегающие технологии изготовления литых деталей с дифференцированными свойствами.....	239
Баев С.А., Самарай В. П., Фесенко М.А., Ямшинский М.М., Гнатуш В. А., Платонов Е.А.	
Изготовление стали для бронежилетов и стальных бронеплит.....	243
Монахов Є.А., Чумак В.В., Пономарьов О.І.	
Магнітоелектричний синхронний генератор для систем аварійного живлення армійських укріплених пунктів.....	244

Чепков І.Б.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

ОСНОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ. ОРГАНІЗАЦІЙНІ І ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ ДЕРЖАВНОЇ ПІДТРИМКИ ОБОРОННОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Події останніх років вимагають ще раз повернутися до об'єктивної оцінки стану технічної оснащеності Збройних Сил України (ЗСУ), переосмислити основні підходи до формування ефективної військово-технічної (ВТП) і оборонно-промислової політики (ОПП) держави.

Основні аспекти ВТП і ОПП визначаються наступними передумовами:

тенденції науково-технічного прогресу в області озброєнь;

способи і методи ведення озброєної боротьби;

оперативно-тактичні і технічні можливості вірогідного супротивника;

досягнутий рівень технічної оснащеності української армії;

науково-технічний, технологічний і виробничий потенціал оборонної промисловості, її здатність задовольнити потреби ЗСУ в озброєнні необхідної якості, бойових і експлуатаційних характеристик та потрібної кількості;

можливість доступу на світовому ринку озброєння до зразків військової техніки та технологій для їх закупівлі та створення вітчизняних аналогів.

Практичне втілення ВТП і ОПП, як правило, пов'язане з необхідністю:

а) вирішення відомих протиріч між військовою необхідністю і оборонною достатністю, між оборонною достатністю і ресурсними можливостями;

б) перевірки прийнятих рішень, щодо технічного оснащення ЗСУ, в реальних умовах.

Незважаючи на складність, оптимізаційний і багатofакторний характер даного завдання, на сьогодні в Україні склалися унікальні обставини, коли її успішне вирішення може бути досягнуте в прийнятні терміни.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння і військової техніки Збройних Сил України (ЦНДІ ОВТ ЗСУ) у межах своїх наукових уявлень і пріоритетів створив і апробував методологію і науково-методичний апарат:

формування в сучасних умовах вимог до перспективних систем (зразків) озброєння різного ступеню складності;

тактико-технічного і техніко-економічного обґрунтування розробки програмних документів оборонного планування в галузі озброєння і військової техніки (ОВТ);

оцінки ефективності реалізації середньострокових програм розвитку ОВТ.

З урахуванням інформаційних і аналітичних ресурсів, якими володіє ЦНДІ ОВТ ЗСУ, можна стверджувати, що теоретична, методологічна і методична основа для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень при формуванні єдиної ВТП існує.

Протягом 2014-2015 р.р. ЗСУ отримали достатній бойовий досвід, аналіз і вивчення якого дозволяє:

зробити висновок про невідповідність нинішньої технічної оснащеності вимогам, що пред'являються;

визначити «болюві» точки;

сформулювати основні завдання з подолання ситуації, що склалася.

На жаль, головну роль в технічній відсталості ЗСУ зіграв суб'єктивний чинник, вплив якого звівся до:

надмірного пацифізму зовнішньої політики України, штучному припиненню проблеми забезпечення військової безпеки країни, що знайшло своє відображення в залишковому принципі фінансування технічного оснащення української армії;

некваліфікованого керівництва процесом її переозброєння, в результаті якого основний упор був зроблений на використання застарілої техніки радянських часів, а сучасним тенденціям і закономірностям не приділялося належної уваги;

нестримної корупції, що супроводжувала будь-які здорові спроби підвищення технічного рівня ЗСУ і призвела до банального розбазарювання військового майна і бюджетних коштів.

Подібні прояви багато в чому стали можливими внаслідок допущених управлінських перекосів, що стали наслідком зневаги до наукових першооснов формування ВТП держави і переваги нічим необґрунтованих суб'єктивних чинників у вигляді штучного згортання фінансування науково-дослідних (НДР) і дослідно-конструкторських робіт (ДКР), закупівель сучасного ОВТ в інтересах ЗСУ нижче мінімально допустимого рівня.

Викликає відверте нерозуміння існуюча практика у вирішенні проблеми технічної оснащеності української армії, коли вищий посадовець держави, що відповідає за військову безпеку країни, Президент України, практично позбавлений реальних важелів впливу на процес її переозброєння. В зв'язку з цим, формування основних аспектів ВТП виключно в надрах виконавчої гілки влади представляється глибоко помилковим.

Події останнього часу переконливо доводять, що такого роду проблеми відносяться до компетенції Президента України, як гаранта суверенітету і територіальної цілісності країни.

Здійснення ВТП при формуванні і виконанні державного оборонного замовлення, організації військово-технічного співробітництва (ВТС) і експортно-імпоротної діяльності потребує внесення істотних змін до існуючої побудови системи безпеки держави в цілому і її сектору оборони і безпеки та вимагає:

нових законодавчих ініціатив від гаранта Конституції;

формулювання Президентом України конкретних завдань щодо технічного переозброєння української армії з урахуванням тимчасових і ресурсних обмежень, їх схвалення Верховною Радою України;

найрішучіших дій Кабінету Міністрів України з реалізації завдань.

Нині в ЦНДІ ОВТ ЗСУ проводиться цілий ряд НДР, мета яких - дати відповіді на усі ці питання. Перші отримані результати виявляють істотну невідповідність окремих функцій деяких центральних органів виконавчої влади і спрямованості їх діяльності у складі сектора оборони і безпеки, що черговий раз свідчить про необхідність здійснення назрілих перетворень в цій сфері.

Україна має серйозні науково-технічні і виробничі можливості зі створення і виготовлення техніки, які використовуються недостатньо ефективно.

Існує цілий ряд протиріч, притаманних ЗСУ в питаннях їх забезпечення сучасним ОВТ:

1) в озброєному конфлікті на Донбасі авіація застосовувалася тільки на початковому етапі. Але це не означає, що вона не буде застосована надалі, що в сукупності з використанням супротивником високоточної зброї повітряного базування здатне повністю знецінити титанічні зусилля керівництва держави розширити постачання Збройним Силам інших видів озброєння;

2) навіть у такої достатньо великої європейської держави, як Україна, вже не вистачає інтелектуальних, технологічних, матеріальних, фінансових, виробничих ресурсів для відтворення абсолютно усіх типів військової техніки.

Якщо вітчизняна оборонна промисловість нездатна надати своїм Збройним Силам повний спектр необхідної зброї, слід пошукати можливості для розробки такого озброєння спільно із зарубіжними партнерами, або для його імпортової закупівлі.

На даний час маємо провальну ситуацію із забезпечення ЗСУ:

винищувальною, вертолітною і безпілотною авіацією;

тактичними ракетними комплексами;

зенітними ракетними комплексами протиповітряної і протиракетної оборони;

засобами захисту морських рубежів, включаючи бойові кораблі і інші плавзасоби, засоби берегової оборони;

системами залпового вогню останніх поколінь;

засобами радіоелектронної, тепловізійної, оптичної розвідки, аудіо-розвідки;

захищеними засобами зв'язку тактичної і оперативної ланки;

амуніцією і засобами індивідуального захисту військовослужбовців, які беруть безпосередню участь у бойових діях;

3) експортна спрямованість вітчизняного ОПК неминуче віддаляла його від істинних потреб ЗСУ.

Як наслідок, навіть в тих областях озброєння, де Україна міцно утримує передові позиції на світовому ринку, не завжди вдається в стислі терміни:

модернізувати конкретну військову техніку для безпосереднього застосування у ЗСУ;

збільшити об'єми її поставок в українську армію;

4) відсутність належного контролю за збереженням базових технологій в оборонно-промисловій сфері призвела до ситуації, коли частина з них безповоротно загублена, а іншу частину неможливо реалізувати унаслідок приведення в непридатність відповідних основних фондів.

Вже зараз видно, що без деяких з них замкнути технологічний цикл виробництва ОВТ, які потрібні ЗСУ, не вдається.

З цієї причини знадобляться швидкі і енергійні заходи по відновленню виробництва піроксилінових порохів, стволів для артилерійського озброєння і стрілецької зброї, електровакуумних і твердотілих генераторів НВЧ-випромінювання в різних діапазонах для систем радіолокації та електронних засобів протибатарейної боротьби та ін.;

5) необхідність самим ретельним чином проаналізувати номенклатуру озброєння, що виготовлялося на підприємствах, розташованих в Автономній Республіці Крим і на окупованих територіях Донецької і Луганської областей, і вжити невідкладних заходів з відтворення втрачених базових технологій і швидкого відновлення виробництва такої продукції в інших регіонах України.

Необхідність забезпечення узгодженості основних аспектів ВТП і ОПП об'єктивно спонукає ЦНДІ ОВТ ЗСУ звернути найпильнішу увагу на вивчення загальних закономірностей і специфічних особливостей функціонування ОПК. В ЦНДІ ОВТ ЗСУ здійснюється декілька досліджень, що дозволяє зробити певні висновки.

Відносно вітчизняного ОПК слід визнати, що завдання щодо його системного формування за роки незалежності України до кінця не вирішені, а наслідки розпаду військово-промислового комплексу колишнього Союзу остаточно не подолані. Тобто, наш ОПК є комплексом тільки за назвою, але не за суттю.

Слід піднімати питання не про державну ОПК, а про невідкладні заходи швидкого завершення його формування в існуючих економічних умовах.

В найзагальнішому вигляді це завдання зводиться до створення ринкової моделі ОПК, що враховує як загальні закономірності ринкового господарювання, так і специфічні особливості оборонно-промислової сфери, нехтування якими, як показує український досвід, здатне звести всі реформаторські зусилля.

Першочерговими кроками повинні стати:

а) реструктуризація усіх складових елементів життєдіяльності оборонних підприємств;

- б) відродження інноваційного підходу до функціонування оборонних підприємств;
- в) здійснення рішучого переходу до ринкових принципів побудови організаційної структури оборонних підприємств і системи управління ними;
- г) цілеспрямована переорієнтація маркетингового вектору оборонних підприємств з ринку СНД на інші країни, розширення географії збуту продукції за експортом і закупівлі сировини, матеріалів і комплектуючих виробів за імпортом;
- д) впровадження стандартів ISO, ЄС та інших міжнародних стандартів.

Даними заходами далеко не вичерпується перелік необхідних заходів з реформування вітчизняного ОПК. Тільки ринкова модернізація кожного без виключення оборонного підприємства відкриває відповідні перспективи для структурної перебудови усієї оборонно-промислової сфери.

Теоретична проблема неподільності статутного капіталу унітарного державного підприємства створює на нинішньому етапі непереборні практичні протиріччя між вибраною формою і істинним змістом управлінських функцій в оборонно-промисловій сфері.

Єдина можливість врегулювання цих протиріч полягає в переході до управлінських технологій, побудованих на акціонерних залежностях, тобто мова йде про назрілу необхідність акціонування оборонних підприємств.

В даному випадку акціонування оборонних підприємств розглядається не як предтеча майбутньої приватизації, а лише як управлінський прийом, спрямований на приведення застосованої системи управління у відповідність до наявних економічних умов. 100,0% акції акціонованих підприємств передбачається залишити в державній власності, а самі вони збережуть свій статус стратегічних для економіки і безпеки держави, що не підлягають приватизації. Тобто йдеться лише про корпоратизацію, а не про роздержавлення оборонних підприємств.

Такий підхід спричинить:

- зміни механізмів управління державною власністю;
- перерозподіл управлінських функцій між суб'єктами оборонно-промислової діяльності.

Але в той же час саме він відкриває широкі можливості:

для агрегування оборонних підприємств в інтегральні науково-виробничі структури різного типу, у тому числі за участю банківського капіталу;

для істинного відродження синтезу галузевих і програмно-цільових методів управління оборонно-промисловою сферою;

для забезпечення необхідної узгодженості основних аспектів ВТП і ОПП.

Науковцями і фахівцями ЦНДІ ОВТ ЗСУ створені відповідні теоретичні, методологічні і науково-методичні заділи, реалізація яких дозволить уникнути несистемного переозброєння української армії і

вирішити це завдання на прийнятному науковому рівні з урахуванням існуючих реалій у ЗСУ і вітчизняній оборонній промисловості.

Маслов В. П.

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Україна має високий науково-технічний потенціал, який дозволяє їй входити у десятку найкращих виробників військової техніки. Це дає можливість щорічно отримувати до бюджету приблизно 1 млрд. дол. США.

Але потенційні можливості України набагато більші. Президент України П.О.Порошенко в травні цього року на виставці озброєння у навчальному центрі "Десна" поставив завдання в найкоротший термін увійти в п'ятірку найкращих виробників.

Так, наприклад, на виставках 2015 року "Зброя та безпека" та "Авіасвіт" київські зброярі із КБ "Луч" представили свої високоточні ракети, які кращі та дешевші за надсучасні натівські зразки.

Прямими конкурентами ракетного комплексу «Скіф» є розрекламований американський Javelin, французький Milan ER та російський "Корнет". Слід зазначити, що "Скіф" вже успішно використовувався і продовжує воювати у зоні АТО, де довів свою надвисоку ефективність.

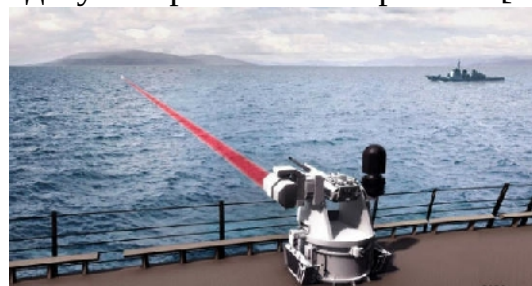
Проаналізуймо найперспективніші, на думку автора, тенденції розвитку сучасної військової техніки та озброєння.

Із матеріалів, опублікованих у відкритих джерелах можна виділити такі напрямки:

- Високоенергетична зброя та боєприпаси (магнітогідродинамічна вибухова зброя, лазерні системи та надзвукові ракети і боєприпаси [1]) рис.1.



а



б

Рис. 1. Високоенергетична зброя та боєприпаси: а- магнітогідродинамічна вибухова зброя;
б – лазерна система

Підвищення швидкості ракет та боєприпасів до надзвукового рівня унеможливорює захист бронетанкової техніки відомими системами, наприклад, динамічний захист, тому що він спрацьовує пізніше ніж вражаюча дія спрацьованої ракети чи боєприпасу. Таким чином, сьогодні потрібно розробити нові принципи побудови захисних систем для бронетанкової техніки від враження високоенергетичною зброєю. Особливу увагу необхідно приділити підвищенню рівня захисту електронної апаратури від впливу потужних електронних імпульсів [2] і ударостійкості оптоелектронних систем спостереження та прицілювання, використанню

нових методів зміцнення та з'єднання прецизійних деталей, в тому числі, нанодифузійне з'єднання та наноклейових з'єднань [3]. Актуальним напрямком є мініатюризація приладів та широке використання твердотільних напівпровідникових сенсорів.

- Сенсорні прилади спеціального призначення (Рис. 2, 3.)

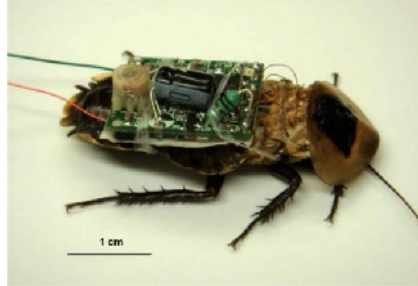


Рис. 2. Гібридна розвідувальна комаха



Рис. 3. Безпілотні літаки з системами автоматичного виявлення та прицілювання, має на озброєнні високоточні боєприпаси

Можна визначити, що однією з чітких тенденцій розвитку військової техніки та озброєння є використання мініатюрних твердотільних сенсорів, новітніх матеріалів та джерел випромінювання високої потужності.

Для більш детального аналізу перспективних напрямків розвитку в цій галузі можна використати інформаційно-патентну світову базу, але при цьому виникає питання як оцінювати значимість винаходів країн-конкурентів.

Основною методикою [4] оцінювання в часи СРСР було визначення значимості винаходу за емпіричною формулою:

$$\eta = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = K_1 \cdot K_2 \cdot (K_3^{\Phi} + K_3^{\Pi}) \cdot K_4, \quad (1)$$

де :

K_1 – коефіцієнт відповідності винаходу, що оцінюється, одному з видів важливих винаходів;

K_2 – коефіцієнт позитивного ефекту, що досягається;

K_3 – коефіцієнт, що враховує технічну готовність даного винаходу (K_3^{Φ}) та можливий обсяг використання винаходу (K_3^{Π}), який дорівнює сумі ($K_3^{\Phi} + K_3^{\Pi}$)- коефіцієнт складності вирішеної задачі.

Недоліком цієї методики є те, що коефіцієнти визначають осереднено, а при капіталістичному способі ведення економіки новітні зразки створюють талановиті люди, які одночасно інтуїтивно (евристично) передбачають значимість та масштаби використання винаходу. Тому, у Радянському Союзі

відомі декілька провалів в оцінюванні значимості винаходів та їх комерційної привабливості.

А даній роботі пропонується інший підхід для розуміння розвитку нових технологій та зразків нової техніки.

На основі запропонованого логістичного підходу [5] можна провести аналіз закономірності інноваційного розвитку суспільства. При забезпеченні необхідного ресурсу (фінанси та час) проходить постійна зміна технологій на ті, що має найвищі технічні та споживчі показники (рис.4). Для найбільш технічно розвинутих країн показник надання ресурсів на розвиток інноваційних технологій складає 1-5% від ВВП (табл.1).

Табл. 1. Витрати на наукові дослідження в Україні та закордоном (%ВВП)
за даними 2012 року

Країна	Всього (%ВВП)	В т.ч. бюджет країни (% ВВП)
Ізраїль	4,25	3,05
Фінляндія	3,84	2,55
Японія	3,33	2,3
США	2,79	1,9
Германія	2,78	1,95
Франція	2,21	1,33
ЄС (27 країн)	1,9	1,23
Англія	1,82	1,24
Китай	1,43	1,1
Італія	1,27	0,74
Росія	1,24	0,37
Україна	0,73	0,29
Польща	0,68	0,4

Аналіз патентно-інформаційних ресурсів дає можливість виявити та провести ранжування фірм-конкурентів, а інтенсивність отриманих ними патентів за короткий час дає можливість встановити, що у конкурентів є інноваційні рішення в даному науково-технічному напрямку.

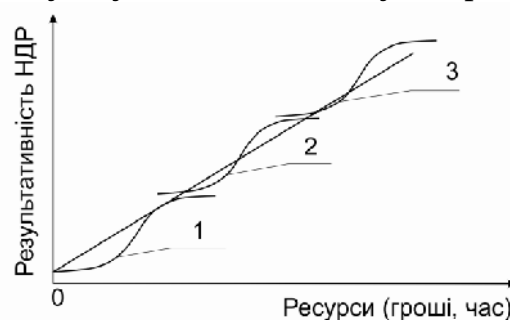


Рис. 4. Логістична залежність результативності НДР від розміру стимулювання 1, 2, 3 – послідовні інноваційні технології, створені за ресурси.

Для ілюстрації етапів 1, 2, 3 розвитку систем реєстрації зображень можна віднести до етапу 1 – великогабаритні студійні телевізійні відеомагнітофони з записом інформації на магнітну стрічку (приблизно 50-80-ті роки минулого століття), максимальним розвитком цього напрямку була мініатюризація відеомагнітофонів, створення домашніх VHS відеомагнітофонів, які також базувались на магнітному записі на стрічковому носії, етап 2 – створення відеомагнітофонів на основі компакт-дисків (приблизно 1980-2005 рр.), етап 3 – перехід на запис на флеш-пам'ять, яка не потребує механічних вузлів перемотки магнітної стрічки. Результатом цього напрямку стали відеореєстратори для автомобілів, розмір яких не перевищує мобільний телефон. Такий відеореєстратор має високу якість запису, не боїться вібрацій а ударів та має мале електроспоживання.

На рис. 5 показано один з етапів розвитку технології, який характеризується нахиленою S-подібною кривою.

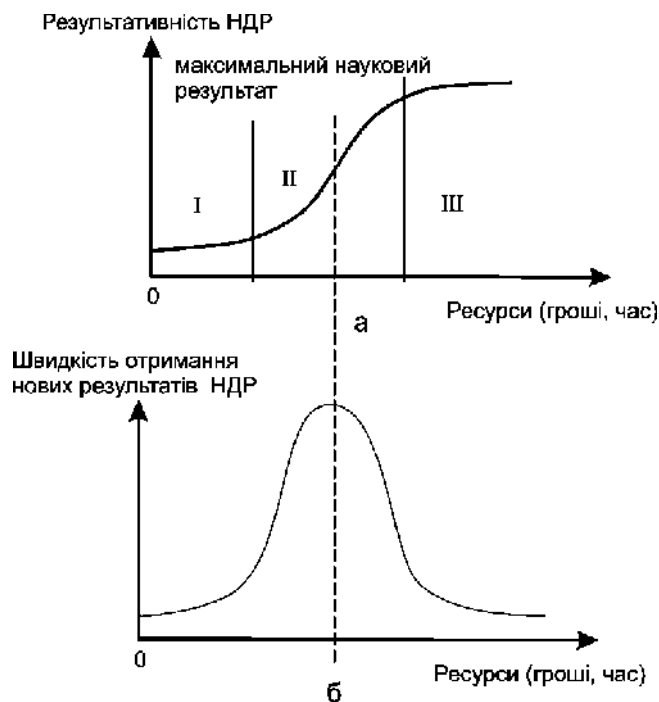


Рис. 5. Залежність результатів від ресурсів для одного з етапів створення інноваційного продукту (а) та найбільша ефективність на одиницю ресурсу – швидкість створення нових науково-технічних результатів (б).

Графічну залежність (рис. 5а) можна представити аналітично.

$$\frac{dN}{d\Phi} = rN \frac{K - N}{K}, \quad K \rightarrow N_{\max}, \quad (2)$$

де N – це результати, Φ – ресурс, а r – здібність створювати нові технічні рішення (креативність творчого колективу).

Після перетворень можна отримати формулу (9), яка в аналітичній формі показує залежність результатів інноваційної розробки від виділених ресурсів.

$$\frac{K \cdot dN}{N(K - N)} = rd\Phi, \quad (3)$$

$$\frac{1}{N(K - N)} = \frac{1}{KN} + \frac{1}{K(K - N)}, \quad (4)$$

$$\left(\frac{1}{N} + \frac{1}{K - N} \right) dN = rd\Phi, \quad (5)$$

$$\int \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{K - N} \right) dN = \int rd\Phi + A, \quad (6)$$

$$\ln N - \ln(K - N) = rt + \ln a, \quad \ln a = A, \quad (7)$$

$$\frac{N}{K - N} = ae^{r\Phi}, \quad \Phi = \Phi_0, \quad N = N_0, \quad a = \frac{N_0}{K - N_0}, \quad (8)$$

$$N(\Phi) = \frac{K}{1 + \exp(b - r\Phi)}, \quad b = \ln \frac{1}{a} = \ln \frac{K - N_0}{N_0}, \quad (9)$$

$$N(\Phi) = \frac{aKe^{r\Phi}}{1 + ae^{r\Phi}}, \quad N_0 = \frac{aK}{a + e^{-r\Phi_0}}, \quad (10)$$

Дуже важливим для створення розробки є неперервність надання ресурсів. Якщо фінансування не поступає до розробника, тобто є часовий розрив фінансування, що сягає 1-2 роки, то, при наданні ресурсів, подальша розробка починається з неефективного початкового етапу s-кривої. Таким чином перерви фінансування – є прямою втратою коштів, затримкою отримання кінцевого результату, а можливо і втратою комерційної вигоди в конкурентній боротьбі.

Логістичний підхід та виявлені закономірності дозволяють ще на початкових етапах визначити який колектив є найбільш креативним та перспективним. На рис. 6. показано, що s – криві для проектів 1, 2, 3 мають різну ефективність як на кінцевій ділянці (а), так і на початковій (б). Тому раціонально на початковому етапі проаналізувати результати роботи за комплексним проектом 1, 2, 3 та передати фінансування лише одному найбільш ефективному колективу 1.

Різні наукові колективи, які розробляють інноваційні проекти результати оформлюють у вигляді патентів, статей та тез конференцій. Їх спроможність створювати нові технічні рішення (показник креативності – г в формулах 2-10) залежить від багатьох факторів, зокрема науковий та практичний рівень знань, середній вік працівників колективів. Мій власний

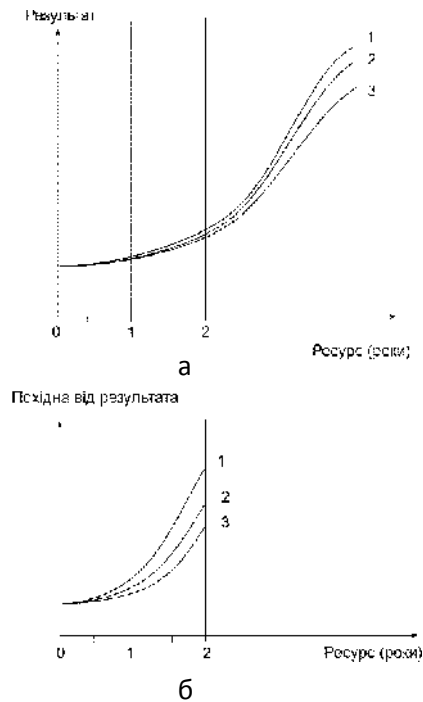


Рис. 6. Визначення найбільш перспективних напрямків наукових досліджень по показникам кінцевого етапу (а) та початкового періоду розробки (б)

досвід та аналіз результатів на попередніх посадах дозволяють стверджувати, що найвища продуктивність наукової роботи складає 33 роки, тобто в колективі повинні бути як досвідчені з великим науковим та практичним багажем знань працівники більш-менш похилого віку, так і працівники середнього та молодшого віку. Крім того, велике значення має розвиток методів стимулювання та заохочення працівників на отримання вагомих результатів. Ці методи можуть бути як матеріальними (грошова винагорода за високі результати роботи), так і нематеріальні (дошка пошани, кращий працівник, виділення престижного місця для автостоянки біля входу в установу та інш.). В роботі [6] була запропонована методика розроблення системи заохочення, яка передбачає оптимізацію розміру матеріального заохочення. Для ефективного керування процесом створення інтелектуальної власності запропоновано методику стимулювання науково-технічних кадрів, яка передбачає визначення шляхом анкетування показників матеріального та морального задоволення персоналу від роботи. Пропонується для науково-технічного колективу ефективним стимулом має бути лише 0,5 від матеріального показника, що виявило анкетування цього колективу, при цьому всі моральні заходи (грамоти, подяки, відзнаки та інш.) потрібно виконати повністю за результатами анкетування.

Таким чином, при однаковій кількості ресурсів різні колективи швидше чи повільніше створюють нові технічні рішення. Аналіз доступних патентно-інформаційних ресурсів дозволяє виділити країни, фірми та працівників – розробників нових ідей для подальшого детальнішого аналізу їх робіт. Але ж таким же чином конкуренти можуть аналізувати досягнення вітчизняних вчених та фахівців.

В умовах обмеженого фінансування пропонується розширювати вертикальні зв'язки між окремими науковими колективами НАН України, МОН України, МО України та ДК «Укроборонпром» для інтегрування попередньо накопичених знань та досвіду, що дозволить прискорити створення інноваційної техніки.

Висновки.

1. Проведено аналіз та визначено тенденції розвитку військової техніки та озброєння, зокрема перспективність використання високоенергетичних боеприпасів та мініатюрних твердотільних сенсорів. Одним з актуальних напрямків є розробка системи захисту від враження високоенергетичними боеприпасами.
2. В умовах обмеженого державного фінансування запропоновано оцінювання ефективності інноваційних розробок на початкових етапах фінансування.
3. Перспективними формами організації інноваційних розробок може бути створення кластерів з участю організацій та Інститутів НАН України, МОН України, МО України та ДК «Укроборонпром».

Посилання:

1. Слуцкий Е. Тенденции развития противотанковых средств // Зарубежное военное обозрение. — М., 1995. — № 9. — С. 20-26
2. А.О. Мушаров Аналіз засобів функціонального ураження електротехнічних засобів комплексів озброєння та військової техніки. - Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, випуск 3(29), 2011. – С. 186-189.
3. В.П. Маслов Фізико-технологічні проблеми з'єднання прецизійних деталей оптико-електронних приладів - К.: НТУУ «КПІ», 2012.– 160с.
4. А.Г. Мельников, Л.С. Новиков, В.А. Шабарова, В.Г. Плешков, Т.Д. Морозкина «Оценка результатов научных исследований. Аналитический обзор за 1970-1983 гг. №3828» – ЦНИИ информации и технико-экономических исследований- 1985 г. – 62 с.
5. Maslov V.P. Logistic Approach to the Dependence of Efficiency of Scientific-and-Technical Projects on Resources. - Journal of Business and Management Sciences - 1.2 (2013) – pp.14-17.
6. Maslov V.P. Logistic Approach to Optimal Sizes of Material Stimuli for Efficient Motivation in Scientific Research Collectives. - Universal Journal of Management – 2014. – 2(4)– p. 160-164

Ільченко М.Ю.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ДОСВІД І МОЖЛИВОСТІ КИЇВСЬКОЇ ПОЛІТЕХНІКИ У ВИКОНАННІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК ПОДВІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Проминув майже рік, як Міністерством освіти та науки України був проведений перший інформаційно-комунікативний захід «Перспективи науково-технологічного забезпечення оборонно-промислового комплексу України», який започаткував у цих нелегких умовах новий сучасний етап співпраці ВНЗ і наукових установ України із оборонними галузями.

Київська політехніка за цей невеликий час провела у цьому напрямі значну роботу, продовживши багаторічні традиції виконання замовлень, що сприяють створенню сучасних технічних систем подвійного і спеціального призначення.

У 2014 році наш **університет брав активну** участь у спеціалізованій виставці «Зброя та безпека», де презентував свої новітні розробки за трьома напрямками:

- зброя та захист від неї;
- системи зв'язку та інформаційної безпеки;
- системи забезпечення військової діяльності.

Зокрема, були запропоновані для використання в умовах проведення АТО такі напрацювання:

- безпілотні літальні апарати для розвідувальної, пошукової, рятівної та іншої роботи відповідних служб формату міні за класифікацією НАТО, а також підготовку їх операторів;
- системи одержання якісної питної води в польових умовах із джерел з різним ступенем біологічного та хімічного забруднення води, що є особливо актуальним для східних областей України;
- системи інформаційної та кібернетичної безпеки сучасних комп'ютеризованих комплексів;
- проектування мереж зв'язку ЗС України і використання новітніх супутникових технологій для реалізації захищених систем зв'язку;
- малогабаритні тропосферні радіорелейні системи з підвищеною захищеністю;
- оригінальна система виявлення спроб проникнення сторонніх об'єктів у зону охорони, що ґрунтується на обробці сейсмічної інформації від датчиків, які розміщені вздовж периметра зони, що охороняється;
- сучасні енергоефективні технології для польових умов;
- комплексні технології підвищення ресурсу та ремонту військової техніки;
- армовані керамічні та металокерамічні матеріали, використання яких дає змогу створювати бронезахисні конструкції (в т.ч. бронежилети), що за міцністю належать до 5–6 класів (рівнів) і на 20–30 % легші від аналогів.

Чимало із зазначених розробок були виконані науковцями Київської політехніки в ініціативному порядку і за сприяння волонтерів уже використовуються в зоні дій АТО.

За результатами презентованих розробок на виставці минулого року керівництвом університету та його науковцями було проведено низку нарад, презентацій, зустрічей із зацікавленими оборонними відомствами та структурами і одержано такі результати:

1. Спільно з Укроборонпромом, Науковим парком та Венчурним фондом ім. академіка В.С. Михалевича виконуються проекти з виробництва та впровадження таких направлених на підвищення обороноздатності України виробів:

- безпілотних літальних апаратів «Spectator» у співпраці з підприємством «Меридіан»;
- переносної водоочисної установки «Сова», кілька прототипів якої зараз проходять випробування в польових умовах;
- сейсмодатчиків для систем захисту периметрів, з яких декілька пройшли низку випробувань у відповідних відомствах України.

2. Спільно з Державним підприємством «Укроборонсервіс» опрацьовано напрями співпраці з метою удосконалення електронного обладнання, що використовується у технічних засобах військового призначення, та переведення його електронних компонентів на сучасну елементну базу вітчизняного виробництва.

Так, укладено та **підписано три договори** на розробку і постачання згідно з технічними завданнями:

- модулів для підсилення сигналів та перетворення біполярних сигналів проміжної частоти, що будуть використовуватись замість гібридних мікросхем з аналогічними технічними характеристиками;
- сигналізаторів температури для контролю температури різних рідин та повітря;
- модернізованих пристроїв настроювання постійних запам'ятовувальних пристроїв.

3. Проведені перемовини про співпрацю з Національним центром управління та випробувань космічних засобів Державного космічного агентства України з метою створення розгалуженої системи раннього попередження та моніторингу сейсмічної активності на території України.

Тематика співпраці – дослідження частотних, фазових і амплітудних характеристик сейсмоакустичних хвиль для моніторингу слабого сейсмоакустичного сигналу в ближній та дальній зонах.

4. У співпраці з Державною прикордонною службою України розпочато роботи зі створення розгалуженої сейсмоакустичної системи охорони кордону України.

У рамках цього напряму:

- 06 травня 2015 р. проведені натурні випробування сейсмодатчиків виробництва НТУУ «КПІ» на полігоні Національної академії Державної

прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, результати яких були схвалені фахівцями;

- 22 травня 2015 р. у рамках державної програми «Європейський вал» у Чернігівській області на пограничному пункті пропуску «Сеньківка» за участю Прем'єр-міністра України було проведено демонстраційний показ зразків техніки, що може бути залучена до здійснення контролю за державним кордоном України, на якому з-поміж іншого було представлено й кабельну периметральну систему охорони державного кордону, розробником якої є НТУУ «КПІ». За результатами цього показу від Прем'єр-міністра України було отримано позитивну оцінку зазначеної системи охорони.

- 26 травня 2015 р. науковцями університету була презентована доповідь «Пасивні охоронні системи, основані на векторно-фазових методах обробки сейсмоакустичних сигналів» на Міжнародній науково-практичній конференції «Історія, сучасність та перспективи розвитку Державної прикордонної служби України та охорони державного кордону». Доповідь викликала інтерес до розробок НТУУ «КПІ» з боку не тільки вітчизняних фахівців, а й багатьох іноземних.

Низка проектів виконувалися науковцями НТУУ «КПІ» в **ініціативному порядку**. Наприклад, було ініційовано підготовку проекту «Розробка та виробництво вітчизняної тропосферної станції з підвищеною завадозахищеністю», в рамках якого має бути розроблено портативну тропосферну радіорелейну станцію. Цю роботу включено до Переліку найважливіших науково-технічних розробок за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в рамках виконання державного замовлення на науково-технічну продукцію; отримано фінансування на 2015 рік на суму 800,0 тис. грн (затверджено постановою КМ України від 5.08.15 р. № 559).

Спільно з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблено технологію виробництва металокерамічних матеріалів з матрицею із титану, армовану керамічними волокнами із бориду титану, що мають міцність 890 МПа під час розтягування та пластичність більше 15 % та можуть бути використані для виробництва композиційної броні із надтвердих надміцних керамічних матеріалів.

У 2014 році університетом була проведена робота з визначення, формування та подачі до конкурсного відбору Міністерства освіти і науки України проектів наукових досліджень і розробок на 2015 р., що фінансуються за рахунок державного бюджету України, низки проектів, які мають особливо важливе прикладне значення для підвищення обороноздатності та національної безпеки держави. Ці проекти були проаналізовані й отримали експертну оцінку фахівців РНБО України. З них найважливіші **6 проектів** з обсягом фінансуванням у 2015 році 2,1 млн грн були рекомендовані до виконання університетом. Ці проекти стосуються таких завдань:

– Розробка технології виготовлення композиційної, керамічної металокерамічної та металополімерокерамічної броні із надміцних надтвердих армованих керамічних матеріалів.

- Дослідження ефективності використання імпульсних надширокосмугових сигналів у системах радіозв'язку і радіомережах.

- Розробка уніфікованого пристрою завадостійкої передачі інформації у високошвидкісних каналах радіорелейного та супутникового зв'язку.

- Дослідження новітніх ультраширокосмугових адаптивних низькопрофільних фазованих антенних решіток для перспективних радіосистем подвійного призначення.

- Розробка принципів побудови безпроводових сенсорних мереж із самоорганізацією для моніторингу параметрів навколишнього середовища.

- Фізичні принципи створення нових елементів оптично-електронних приладів на базі моно- та нанокристалічного карбїду кремнію.

Але на цьому активна робота університету з проведення досліджень, розробки та впровадження нових видів техніки, що має важливе значення для обороноздатності держави, не припиняється.

Підготовлено **24 нові запити** до конкурсного відбору Міністерства освіти і науки України проектів наукових досліджень і розробок на 2016 р., що фінансуються за рахунок державного бюджету України, на виконання бюджетних проектів оборонного та подвійного призначення. Ці проекти мають бути виконані у таких напрямках:

- створення сучасних телекомунікаційних систем та систем зв'язку й локальної навігації воєнного призначення;

- розробка засобів і систем захисту, виявлення та відслідкування об'єктів воєнного призначення;

- дослідження характеристик і створення нових матеріалів для використання у виробках воєнного призначення;

- розробка методів та інформаційних технологій для виявлення терористичних загроз, протидії зовнішнім загрозам, кібернетичного захисту інформаційних систем;

- розробка систем космічних апаратів, у тому числі воєнного призначення;

- розробка технологій виробництва об'єктів воєнного призначення.

В рамках Четвертого фестивалю інноваційних проектів «Sikorsky Challenge» 15-16 жовтня 2015 р. запропоновано як можливі стартапи кілька розробок подвійного призначення з метою їх реалізації за кошти венчурних фондів.

Андронов В.А., Бейко І.В., Щирба О.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

СИСТЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕНІ МАТЕМАТИЧНО-КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ

На попередньому форумі щодо науково-технологічного забезпечення оборонно-промислового комплексу України серед актуальних проблем підвищення обороноздатності України розглядалися проблеми розвитку новітніх технологій військового призначення, зокрема оптимізації складних технічних систем ракетної техніки. Сучасні математично-комп'ютерні методи моделювання і оптимізації є ефективним інструментарієм для підвищення надійності та ефективності складних технічних систем, зокрема систем військового оборонного призначення та ракетної техніки. Розробка такого інструментарію для керування складними системами в реальних умовах неповних даних здійснюється із використанням методів побудови і оптимізації адекватних математичних моделей керованих систем та методів побудови і оптимізації раціональних стратегій керування [1]. Українські вчені зробили значний внесок до розв'язання комплексних проблем системного аналізу для моделювання і оптимізації складних систем в реальних умовах неповних даних [2], зокрема для побудови адекватних математичних моделей динаміки літальних апаратів та керування бойовими ракетами [3]. Значних успіхів досягли закордонні вчені у підвищенні тактико-технічних характеристик бойових ракет та у підвищенні ефективності керування ракетами в бойових умовах неповних даних [4].

Проблеми підвищення ефективності керування ракетами розв'язуються у двох напрямках: у напрямку підвищення ефективності алгоритмів оптимального керування ракетною технікою та у напрямку підвищення тактико-технічних характеристик бойових ракет. Прикладом останнього є розробка бойових ракет MIM-104 та ERINT для високо мобільної системи «Patriot» PAC-3, яка спроможна одночасно виявляти понад 100 повітряних цілей, неперервно супроводжувати вісім із них і одночасно здійснювати підготовку початкових даних для пуску та наведення на кожну ціль до трьох керованих ракет ERINT або MIM-104 із дальністю перехоплення аеродинамічних цілей до 80 км, балістичних цілей до 24 км на висотах до 24 км і на швидкостях понад 2200 м/сек.

У напрямку підвищення ефективності алгоритмів оптимального керування складними системами на світовому рівні вже досягнуто великих успіхів у побудові прямих та непрямих методів для обчислення оптимального керування складними системами [5-7]. Прямі методи ґрунтуються на апроксимації задач оптимального керування задачами нелінійного програмування (ЗНП) із подальшою побудовою їх наближених розв'язків за допомогою наявних методів ЗНП, а непрямі методи ґрунтуються на побудові оптимальних керувань за принципом максимуму як розв'язків крайових задач

для понтрягінської Рі-системи. Перевагою прямих методів є їх універсальність, що забезпечується пакетами програм ЗНП. Недоліком непрямих методів є надто велике зростання розмірності ЗНП, яке є необхідним для наближення їх розв'язків до оптимального керування. А недоліком непрямих методів є обчислювальна жорсткість Рі-систем, обумовлена тим, що Рі-системи об'єднують керовану систему разом із її спряженою системою, яка у випадку стійкої керованої системи є нестійкою і навпаки. Через цей недолік використання алгоритмів принципу максимуму для оптимального керування ракетою призводить до зменшення діапазону параметрів стійкого керування польотом, особливо при наявності збурень в атмосфері на прикінцевій ділянці польоту.

З огляду на різко зростаючі труднощі розв'язання крайових задач для нестійких Рі-систем, суттєво ускладнених також і фазовими обмеженнями в задачах оптимального керування ракетами, нами побудовані прискорені алгоритми асимптотично-розв'язуючих операторів із використанням швидкозбіжних методів внутрішньої точки. Побудовані алгоритми основані на використанні асимптотично-розв'язуючих операторів підвищених порядків для підвищення порядків локальних апроксимацій критеріїв оптимальності та послідовного розв'язання задач локального уточнення керувань за допомогою швидкозбіжних ітераційних методів внутрішньої точки. Швидкість збіжності таких ітераційних алгоритмів зростає із зростанням порядку асимптотично-розв'язуючого оператора. Такими алгоритмами прискореної збіжності можна скористатися для підвищення точності наведення ракети на ціль, для підвищення точності наведення на рухомі цілі, на повітряні цілі, а також для оптимізації контр-батареєвих маневрів з урахуванням невидимої для РЛС висоти над точкою старту ракети, направлених на зменшення ефективності контрудару. Збереження керованості ракети забезпечується введенням фазових обмежень, обмежень на кути атаки та ковзання. Розрахунки оптимального керування при наявності фазових обмежень здійснюється за динамічними моделями, що зв'язують просторові координати, кути орієнтації, кути атаки та ковзання, силу тяги, гравітаційні сили, швидкості руху, моменти, швидкості кутового обертання, значення аеродинамічних коефіцієнтів, сил та моментів опору в атмосфері в залежності від атмосферного тиску, щільності та температури на різних висотах польоту, від температури заряду у інерційних та прив'язаних системах координат.

До задач оптимального керування ракетами належать також задачі відшукування керувань, які максимізують ймовірність досягнення цілей на заданих термінальних множинах. Серед практично важливих математичних задач оптимального керування бойовими ракетами можна відзначити наступні задачі.

Задача 1. Знайти керування $u(t)$, $t \in [t_0, T_1]$, яке максимізує відхилення

$$F(u, c) = (c, \bar{x}(T_1))$$

фазового стану $\bar{x}(T_1)$ у момент T_1 досягнення ракетою висоти $h = H_1$, де H_1 - висота радіогоризонту над земною поверхнею у районі старту ракети $\bar{x}(t_0)$ (висота радіогоризонту H_1 визначається тим, що на висотах $h < H_1$ ракета залишається непомітною для радіолокаторів суперника), c - випадково вибраний вектор із координатами $c_1 = \cos$, $c_3 = \sin$, $c_i = 0$ для інших значень координат фазового простору i , α - випадкове значення кута, рівномірно розподіленого на інтервалі $[0, 2\pi]$, а $\bar{x}(t)$ - фазовий стан ракети у момент часу t , що визначається трьома координатами центру маси ракети $(x(t), y(t), z(t))$ і трьома координатами $(V_x(t), V_y(t), V_z(t))$ вектора швидкості

$$dx(t)/dt = V_x(t), dy(t)/dt = V_y(t), dz(t)/dt = V_z(t)$$

в інерційній системі координат із початком координат у точці старту ракети, віссю OX направленою на горизонт цілі, віссю OY направленою вгору вертикально до площини горизонту та віссю OZ перпендикулярною до площини (OX, OY) , що доповнює систему координат до правої системи.

Отже, оптимальне керування для задачі 1 максимізація значення $F(u, c)$ при обмеженнях

$$y(T_1) = H_1, V_x(T_1) = 0, V_z(T_1) = 0.$$

Задача 2. Обчислити оптимальне керування $u(t)$, $t \in [T_1, T_2]$ на інтервалі часу $t \in [T_1, T_2]$, де момент часу $t = T_2$ визначається заданими термінальними умовами

$$\bar{x}(T_2) \in \bar{X}(T_2),$$

що визначають момент початку атаки ракети на вибрану ціль.

Задача 3. Знайти оптимальне керування $u(t)$ на інтервалі часу $t \in [T_2, T_3]$, яке максимізує ймовірність досягнення цілі

$$\bar{x}(T_3) \in \bar{X}_3(T_3)$$

в умовах контрбатарейного захисту.

Труднощі практичного розв'язання взємопов'язаних задач 1-3 залежать від наявності фазових обмежень та обмежень на допустимі керування, що визначаються аеродинамічними характеристиками ракети і фізичними параметрами атмосфери та задаються таблицями даних натурних спостережень. Необхідний для побудови алгоритмів оптимального керування вектор прискорення

$$dV(t)/dt = (dV_x(t)/dt, dV_y(t)/dt, dV_z(t)/dt)$$

обчислюється за сумарною силою тяги двигуна ЛА та сил аеродинамічного опору $F(t) = (F_x(t), F_y(t), F_z(t))$ визначених у швидкісній системі координат, що визначається віссю OX_1 у напрямку вектора швидкості $V(t)$, віссю OY_2 направленою вертикально вгору та віссю OZ_3 перпендикулярною до площини (OX_1, OY_2) , що доповнює систему координат до правої системи. Значення сумарної сили $F(t)$ залежить від атмосферного розподілу тиску, щільності і температури атмосфери, кутів $(\alpha(t), \beta(t))$ орієнтації ЛА відносно

швидкісної системи координат, кутів $(\theta(t), \psi(t))$ орієнтації швидкісної системи координат відносно вибраної інерційної системи координат, матриці $M(t)$ переходу від швидкісної до інерційної системи координат,

$$M_{11} = \cos(\psi(t))\cos(\theta(t)), M_{12} = \cos(\psi(t))\sin(\theta(t)),$$

$$M_{13} = -\sin(\psi(t)), M_{21} = -\sin(\theta(t)), M_{22} = \cos(\theta(t)), M_{23} = 0,$$

$$M_{31} = \sin(\psi(t))\cos(\theta(t)), M_{32} = \sin(\psi(t))\sin(\theta(t)), M_{33} = \cos(\psi(t)),$$

маси $m(t)$ ракети та сили земного тяжіння $G(t)$,

$$F_x(t) = \cos(\beta(t))\cos(\alpha(t))P(t) - C_1(t),$$

$$F_y(t) = \cos(\beta(t))\sin(\alpha(t))P(t) + C_2(t)\alpha(t)/(\alpha^2(t) + \beta^2(t))^{-1/2},$$

$$F_z(t) = -\sin(\alpha(t))P(t) - C_2(t)\beta(t)/(\alpha^2(t) + \beta^2(t))^{-1/2},$$

$$dV(t)/dt = M^T(t)F(t)/m(t) + G(t),$$

де обмеження на оптимальне керування $u(t) = (\alpha(t), \beta(t))$ задаються системами нерівностей.

$$\begin{aligned} |\alpha| &\leq \alpha_{\max}, |\beta| \leq \beta_{\max}, \\ |\dot{\alpha}| &\leq \dot{\alpha}_{\max} = \alpha_{S\max} \cdot \dot{K}_W(q), |\dot{\beta}| \leq \dot{\beta}_{\max}, \\ |\ddot{\alpha}| &\leq \ddot{\alpha}_{\max} = \alpha_{S\max} \cdot \ddot{K}_\varepsilon(q), |\ddot{\beta}| \leq \ddot{\beta}_{\max}, \\ |\dddot{\alpha}| &\leq \dddot{\alpha}_{\max} = \alpha_{S\max} \cdot \dddot{K}_\xi(q), |\dddot{\beta}| \leq \dddot{\beta}_{\max} \end{aligned}$$

із таблично заданими допустимими граничними значеннями $\alpha_{\max}, \alpha_{S\max}, K_W(q), K_\varepsilon(q), K_\xi(q)$.

В узагальненій математичній постановці такі задачі оптимального керування зводяться до відшукування допустимого керування u із заданої множини допустимих керувань U , $u \in U$, яке максимізує ймовірність переведення заданої керованої системи

$$\frac{d\bar{x}(t)}{dt} = f(\bar{x}(t), u(t))$$

із допустимої множини початкових фазових станів

$$\bar{x}(t_0) \in X^0 = X(t_0, x(0)) \cap \{x \mid \varphi^0(x) = 0\}$$

на задану множину допустимих термінальних станів

$$\bar{x}(t_f) \in X^f$$

при наявності фазових обмежень

$$\bar{\psi}(x) \leq 0,$$

де множина X^f визначається тими допустимими фазовими станами $x(t_f)$, для яких існує допустиме керування, що переводить керовану систему із стану $x(t_f)$ до заданої цілі $x(T) = x^T$ із ймовірністю $p(x(t_f))$. Для задачі (3)

ймовірність досягнення бажаного термінального стану $x(T) = x^T$ зменшується із зростанням ймовірності можливого перетину $|x_i(\bar{T}) - y_i(\bar{T})| \leq \varepsilon$ у деякий момент часу $\bar{T}$ траєкторії $x(\bar{T})$ із траєкторією $y_i(\bar{T})$ запусненої супротивником бойової ракети-переслідувача, що описується системою

$$\frac{dy(t)}{dt} = g(y(t), v(t))$$

із допустимими керуваннями

$$v(t) \in V = \{v \mid g_v(v) \leq 0\}.$$

Для побудови оптимального розв'язку будуються чисельні алгоритми розв'язування диференціальних ігор переслідування, зокрема задача оптимального по часу переслідування по швидкодії

$$\bar{T} = \inf_{u(\cdot) \in U} \max_{v(\cdot) \in V} T_{uv}, \quad T_{uv} = \min\{t \mid x_i(t) = y_i(t), i \in I\}.$$

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бейко І.В. Задачі, методи та алгоритми оптимізації /І.В. Бейко, П.М. Зінко, А.Г. Наконечний. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2012. — 799 с.
2. Згуровский М. З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. — К. : Изд-во Наук. думка, 2011. — 728 с.
3. Игдалов И.М. Ракета как объект управления / Игдалов И.М., Кучма Л.Д., Поляков Н.В., Шептун Ю.Д. — Днепропетровск.:АРТ-ПРЕСС.2014. — 542с.
4. Зенитный ракетный комплекс «Patriot». Многофункциональная РЛС AN/MPQ-53. Вестник ПВО. <http://pwo.guns/other/usa/patriot/index01.htm>
5. Ivan Beyko, Solve-Operator Methods for Optimization of Risk Controlled Stochastic Processes / Ivan Beyko, Petr Zinko //Taurida Journal of Computer Science Theory and Mathematics, No 2, 2013. - P17-24.
6. George M. Siouris Missile Guidance and Control Systems. Springer-Verlag New York, Inc. . — 2014. — 666 p.
7. Decker, R.J., Yakimenko, O.A., and Stout, C., "Guided Artillery Trajectory Simulation Model for Determination of Required Acquisition Proximity of a Moving Target," *Proceedings of the AIAA Guidance*, 2012.

А.П. Марченко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДВИГУНОБУДУВАННЯ ДЛЯ БРОНЕТЕХНІКИ: ІСТОРІЯ, СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ

Аналіз тенденцій світового розвитку бронетехніки свідчить про постійне зростання вимог до тактико-технічних та техніко-економічних характеристик цієї техніки. І якщо, наприклад, для броньованих наземних машин у 40-х роках ХХ-го століття середня енергетична забезпеченість складала 5 – 10 кВт на одну тону маси броньованого наземного транспортного засобу, тоді як сьогодні цей показник дорівнює 20 і більше кВт/т. Значною мірою це пов'язано із підвищенням агрегатної потужності силової установки з двигуном внутрішнього згоряння.

Українська історія відновлення і створення ДВЗ для танків бере свій початок з 1915 -1920 років, коли в Харкові та Запоріжжі розпочали їх ремонтувати. Разом з тим, зірковою сторінкою вітчизняного двигунобудування для бронетехніки стало створення в 30-х роках минулого століття дизеля V-2 (рис.1), який у 1939 році був прийнятий до серійного виробництва з метою оснащення танків Т-34, КВ, ІС та гусеничних тягачів «Ворошиловець».

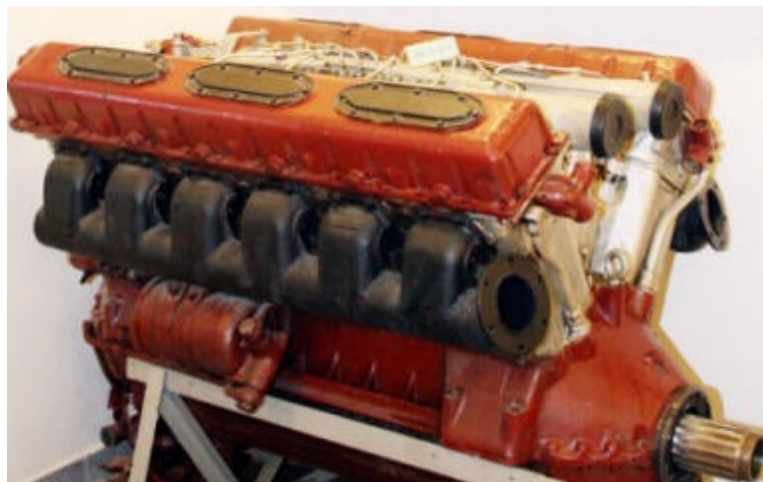


Рис. 1. Музейне фото двигуна V-2.

Цей ДВЗ був дизельного типу, мав потужність 365 кВт (500 кінських сил) при частоті обертання колінчастого валу 1800 хв^{-1} . Він створювався на Харківському паровозобудівному заводі (у наш час це ДП «Завод імені Малишева») головним чином випускниками і фахівцями Харківського політехнічного інституту. Головний конструктор – К.Ф.Челпан (випускник 1924 року, репресований у 1938 році,) заступники головного конструктора: Я.Є. Віхман (випускник 1924 року), І.Я.Трашутін (випускник 1930 року). Разом з танком Т-34 дизель V-2 було визначено кращим танковим двигуном 2-ї світової війни. І сьогодні модифікації дизеля V-2 випускаються Росією для бронетехніки та інших мобільних і стаціонарних силових установок.

Наступний етап розвитку вітчизняного двигунобудування для бронетехніки пов'язано з дизелем 5ТДФ (рис.2), який створювався Харківським конструкторським бюро з двигунобудування (ХКБД), утвореного на базі відділів і виробничих потужностей ДП «Завод імені Малишева».



Рис. 2. Танковий дизель 5ТДФ.

Двигун 5ТДФ – це п'ятициліндровий, багатопаливний, двотактний турбопоршневий дизель з поршнями, що протилежно рухаються, рідинного охолодження, безпосереднього сумішоутворення, прямооточною продувкою, горизонтальним положенням циліндрів та двостороннім відбором потужності. В перших модифікаціях дизель мав потужність 425 кВт (580 к.с.), а в подальших – 625-770 кВт (850 – 1050 к.с.) при частоті обертання колінчастого валу 2800 – 3000 хв⁻¹. Дизель створювався для танка нового покоління типу Т-64, який випускався ДП «Завод імені Малишева». Однією із головних позитивних особливостей дизеля 5 ТДФ є його малі габаритні розміри, що дозволило Т-64 мати рекордний на той час об'єм моторно-трансмісійного відділення меншим ніж 3 м³.

Сьогодні модифікація цього дизеля використовується у якості силової установки танку «Буллат».

У 70-ті роки ХХ-го століття актуальним стало підвищення потужності силових установок бронетехніки. Для вирішення цієї проблеми у багатьох країнах, що її виробляють танки, наступила ера застосування газотурбінних двигунів у якості силових установок. Не минула ця «мода» і Радянський Союз: розпочався «тиск» на ДП «Завод імені Малишева», ДП ХКБМ та ДП ХКБД щодо закриття виробництва та припинення НДР щодо поршневих ДВЗ для бронетехніки. Харківськими фахівцями з двигунобудування для бронетехніки у цей період був виконаний аналіз, який показав безперспективність повного переходу бронетехніки, і в першу чергу танків, на газотурбінні силові установки. Як наслідок, були розпочаті науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи по створенню нового дизеля для бронетехніки, більш потужного ніж 5ТДФ. Ініціатором позиції щодо створення більш потужного танкового ДВЗ став Генеральний конструктор ХКБД Рязанцев Микола Карпович – випускник НТУ «ХПІ» 1959 року,

Почесний доктор НТУ «ХПІ», керівник філії кафедри двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХПІ» при ХКБД.

Базою для цього став добре відпрацьований у виробництві з позитивними оцінками в експлуатації дизель 5ТДФ. З п'яти до шести була збільшена кількість циліндрів, проведені значні конструкторські удосконалення. Габаритні розміри нового танкового дизеля серії 6ТД практично не змінилися, у порівнянні з попередником потужність збільшилася з 625 – 770 кВт до 735 – 1100 кВт.

Історія підтвердила правоту позиції харківських фахівців з двигунобудування для бронетехніки. Порівняльний аналіз параметрів дизелів серії 6ТД з танковими газотурбінними та поршневыми двигунами інших країн показав його перевагу за багатьма показниками. Використання дизеля серії 6ТД на сучасному танку Т-80УД стало вагомим важелем при підписанні угоди на поставку танків до Пакистану. Сьогодні дизелі серії 6ТД встановлюються на вітчизняні танки Т-80УД, танк «Оплот», Т-84, та при модернізації танку Т-72.



Рис.3. Танк «Оплот».

Накопичений досвід по створенню ДВЗ для бронетехніки було основою при написанні підручника у 6-ти томах «Двигуни внутрішнього згоряння» (рис.4), що були відзначені Державною премією України в галузі науки і техніки в 2008 році.

До авторського колективу разом із Генеральним конструктором професором Рязанцевим М.К. увійшли професори: Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Марченко А.П., Парсаданов І.В., Пильов В.О., Шеховцов А.Ф.

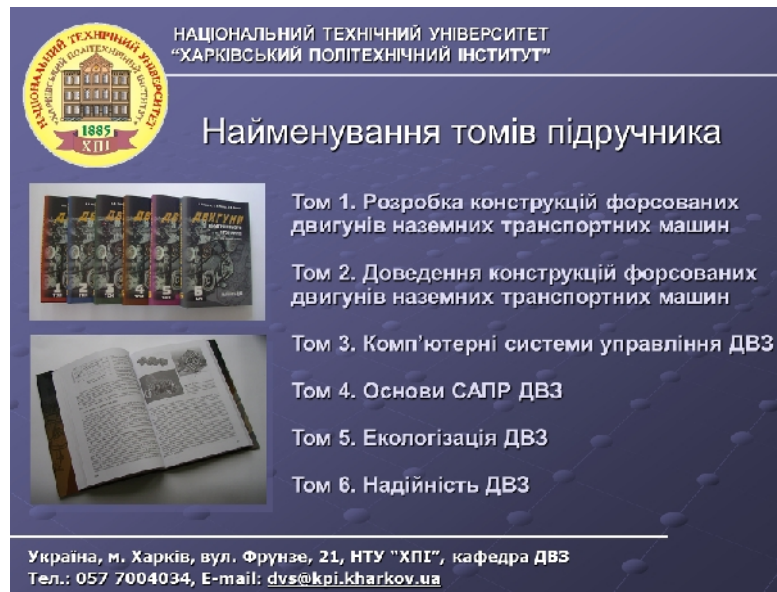


Рис. 4. Підручники «Двигуни внутрішнього згоряння» у 6-ти томах.

Нові виклики сьогодення потребують подальшого удосконалення силової установки для бронетехніки з двигуном внутрішнього згоряння. На основі аналізу вітчизняного і світового досвіду забезпечення перспективних характеристик і показників силових установок сучасних вітчизняних танків визначені напрямки, теоретичні основи і концепції створення високофорсованого дизеля потужністю 1100...1300 кВт та безступінчастої трансмісії.



Рис.5. Ілюстративний матеріал до концепції перспективного вітчизняного танку

Виконання проекту дозволить шляхом суттєвого поліпшення характеристик енергетичної установки і трансмісії танку забезпечити використання нових потенційних можливостей перспективної бронетехніки, тим самим підвищити обороноздатність держави, а також експортний потенціал України в галузі бронетехніки.

Петренко П.С.

Міжнародна кадрова Академія

РОЗВИТОК ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ ЗАЛЕЖИТЬ ВІД СТВОРЕННЯ СТРАТЕГІЇ ВИКОНАННЯ ЇЇ ІННОВАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ

У виступах керівництва держави перед українським народом неодноразово ставилась мета – побудувати сильну (у всіх відношеннях) державу, шляхом проведення курсу глибоких реформ та системної модернізації країни. Зрозуміло, що для досягнення поставленої мети необхідно радикально змінити існуючий баланс соціальних сил, вектори економічної і соціальної політики, задіяти і використати сильні (можливо, екстраординарні) механізми мобілізації всіх наявних ресурсів.

Це, до речі і є методологічною проблемою відповіді на низку питань. Наприклад, в якій логіці розвитку країни мислиться здійснити задачу створення сучасної економіки, котра була б здатна забезпечити не тільки її невідкладні потреби, але і відповісти на виклики глобалізації і агресії. В логіці індустріалізму і наздоганяючого розвитку, чи в логіці постіндустріального розвитку?

Склалося так, що головною проблемою сучасного етапу трансформації економіки України є зупинення простого відтворення та втрата державного контролю над інвестиційним процесом, який розвивається значною мірою стихійно. Розрахунки свідчать, що нам тільки для простого відтворення необхідно в 6 разів більше капітальних інвестицій, ніж сьогодні залучається. До того ж, прямі іноземні інвестиції мають низький рівень капіталізації, оскільки більшість з іноземних інвестицій – це фінансові, – купівля тих підприємств, котрі вже було створено. Отже такі інвестиції не створюють нового економічного потенціалу. Замість стрибка в постіндустріальний світ все ще знаходяться на стадії подолання перемін, які намітилися з самого початку змін тенденцій примітивізації виробництва і деінтелектуалізації праці. Збереження таких тенденцій позбавляє Україну перспектив перетворення в передову економічну державу, яка забезпечувала б достатньо високі споживчі стандарти для свого населення.

При обговоренні заходів доганяючого розвитку сьогодні нерідкі звернення до роботи Гершенкрона «Економічна відсталість в історичній перспективі»¹. Спираючись на аналіз досвіду низки країн, які зуміли в перебігу дев'ятнадцятого століття наблизитися до лідерів світової економіки, Гершенкрон виділяє вклад в цей успіх економічних інститутів, які активізують інвестиційні процеси і запозичення технологій. Мова йде про прискорення економічного зростання за рахунок довгострокових стосунків між фірмами і банками, співпраці великих фірм і держави, фактично – ціною

¹ Gerschenkron A. Economic Backwardness in Historical Perspective: A Boor of Essays. Cambridge, Mass.: The Belknap of Harvard University Press, 1962.

обмеження конкуренції у середині країни в період розв'язання нею завдань доганяючого розвитку.

Задачу переведення економіки на шлях постіндустріального розвитку, слід розглядати як безпрецедентне завдання, оскільки відсутній будь який досвід доганяючого розвитку на постіндустріальному світі. Як зазначає відомий російський економіст Мао, всі найбільш успішні приклади доганяючого розвитку (у тому числі і за останні 50 років) відносяться до принципово іншого класу проблем – до трансформації традиційних суспільств в індустріальні².

Виникають закономірні питання, чи не приведе подальше ухилення у промисловій політиці від стратегічно вивірених вибірових дій до поглиблення втрати інноваційного потенціалу, які, по суті, вже нанесені нашій країні під час економічних реформ. В якій мірі ставка на універсальні заходи узгоджується з сучасними дослідженнями щодо промислової політики?

На мою думку, слід розглядати два варіанта забезпечення змагальних умов для створення високотехнологічного українського виробництва: або створення конкурентних структур на національних ринках, або втягування вітчизняних підприємств в конкуренцію на світовому ринку через співробітництво з представленими на цьому ринку компаніями. Обидва ці варіанти потребують серйозних довгострокових інвестицій для корінної реструктуризації підприємств і їх технологічної модернізації. Другий варіант привертає особливу увагу, оскільки з ним пов'язані більш інтенсивний потік в країну іноземних інвестицій, а з ними і передових технологій.

Слід мати на увазі, що сформовані інтегровані корпоративні структури на національних ринках виступають в якості засобів розвитку конкуренції у високотехнологічних галузях. Створення інтегрованих структур за участю вітчизняних і іноземних компаній, які здатні оперувати на світових ринках, – основна ідея другого варіанту. Проте підтримка кооперації спеціалізованих виробництв з допомогою тієї чи іншої форми інтеграції актуальна і для першого варіанту.

При обговоренні шляхів модернізації вітчизняної економіки необхідно враховувати, що самі по собі ринкові сили не приведуть до формування в Україні структури економіки, здатної забезпечити процвітання країни: вони швидше штовхатимуть до закріплення сировинної орієнтації, а отже, і порівняно низьких темпів зростання. Оскільки для модернізації і диверсифікації української економіки необхідні великі інвестиції, то при мінімізації участі у них держави і нерозвиненості фінансових ринків залишається доцільним залучення на цілі модернізації потужних іноземних інвестицій. А це буде можливо за умови створення для них конкурентоспроможного інвестиційного клімату.

² Мао В. Экономический рост и постиндустриальные вызовы // Проблемы теории и практики управления. 2003. № 1.

Проте ставка головним чином на прихід іноземних інвестицій і зарубіжних інноваторів є дискусійною. На думку відомого польського економіста Колодко, стратегія подолання відставання від багатших країн не може ґрунтуватися на тому, що цей процес фінансуватиметься капіталом цих країн. Таке фінансування може грати лише допоміжну роль. Це відноситься і до іноземних інвестицій, особливо прямих, і до допомоги багатих країн бідним. Іноземні інвестори можуть інколи перешкоджати, а не сприяти технологічному розвитку. На думку Колодко, відповідна відповідь політики розвитку на цю загрозу повинна не обмежити кількість прямих інвестицій, а навпаки заохочувати їх збільшення. Чим більше число компаній (включаючи іноземні), що застосовують сучасні технології, оперують на даному ринку, який формується, тим швидше зростання цього ринку³. Ефективність інвестицій – внутрішніх і зарубіжних – залежить від їх якості, від технічного рівня виробництва, від того, наскільки прогресивна технологія в них закладена.

Така нетрадиційна промислова політика для «догоняючої постіндустріалізації» робить ставку на активізацію суперництва між іноземними інвесторами в неконкурентних на зовнішньому ринку галузях. Якраз саме ця активізація повинна стати результатом створення необхідного інвестиційного клімату і залучення таким чином в країну масштабних інвестицій, а з ними і передових технологій.

Разом з тим не має переконуючих аргументів відносно того, що такий шлях модернізації дійсно забезпечує вихід України на передові позиції у світовому технологічному розвитку. Не має гарантій, що цей розвиток буде стримуватися, оскільки існують побоювання, що навіть конкуруючи між собою, іноземні інвестори підуть тільки на обмежене скорочення технологічної дистанції між ними і тими хто їх приймає і власними країнами. Не виключено, що платою за таке скорочення стане іноземний контроль за темпами і характером технологічного розвитку України.

Правомірно розмежування країн з самостійними корпораціями від держав, громадяни яких не можуть визначати цінову політику і стратегію розвитку розміщених на їх території підприємств. Це означає, що країнам, фірми яких задіяні в інвестиційних проектах інших країн, достається частка їх прибутку у вигляді податкових надходжень і підвищеної заробітної плати. Іншими словами, конкурентні стратегії, які орієнтуються на національний капітал, мають більше шансів створити в експортно орієнтованій економіці ще одну опору для стійкого зростання – внутрішній споживчий попит. Слід враховувати, що результатом конкурентних стратегій, які орієнтовані на іноземний капітал, може стати наступне звуження сфери стратегічного вибору. Проте це не означає, що стосовно України слід виключити із розгляду стратегію залучення прямих іноземних інвестицій.

То, що поряд з позитивним потенціалом ці інвестиції володіють і негативним потенціалом впливу на економіку країни, котра їх отримує,

³ Kolodko G. W. Globalization and Catching-up in Emerging Market Economies (<http://kolodko.tiger.edu.pl>).

підсилює значення для цієї країни селективної промислової політики. Чітка диференціація галузей національної економіки по ступені допустимого контролю над ними з боку іноземного капіталу не тільки обмежує негативні наслідки такого контролю, але й надає більше впевненості цьому капіталу, знижує для нього інвестиційні ризики. Приклад такого роду дій показує китайська практика.

Навіть у тих галузях, в які залучаються іноземні інвестиції, можуть обумовлюватися додатковими умовами, наприклад, поступовим ростом долі комплектуючих, які закуповуються на внутрішньому ринку. Чим більший буде внутрішній ринок, тим скоріше іноземний бізнес готовий змиритися з подібними умовами.

Вітчизняний і зарубіжний досвід свідчить, що селективні і універсальні заходи промислової політики не є альтернативними варіантами дій держави в економіці. Разом з тим успіх промислової політики багато в чому визначається якістю цих дій. Підвищення цієї якості призвано слугувати поглиблення теоретичних уявлень про промислову політику, осмислення вітчизняної і зарубіжної практики у сфері такої політики.

Отже, проблема переходу до інноваційного розвитку економіки – це стратегічна проблема пошуку і залучення до економіки інтелектуальних і інвестиційних ресурсів, об'єднанні їх в єдиний діалектичний взаємообумовлений потік.

Багато вітчизняних і зарубіжних публікацій по проблемам промислової політики, конкурентоспроможності фактично досліджують тільки першу (імітаційну) стадію догоняючого розвитку. В певній мірі це оправдано, оскільки для більшості країн, що розвиваються, і перехідних економік досягнення поворотного рівня подушевого доходу залишається перспективною задачею. Для таких країн успішні квазіінновації – це економічно виправдане імпортозаміщення, підвищення загального технологічного рівня виробництва, зниження залежності від сировинного експорту, деякий розвиток сфери наукових досліджень тощо.

Слід враховувати, що навіть вельми дієздатне інституційне забезпечення технологічних запозичень за рахунок активності у сфері квазіінновацій, здатне стати гальмом переходу до інноваційної фази розвитку. Техніка і технологія, яка поступає, з інших країн не гарантує виходу на передові рубежі, оскільки вони, як правило, на покоління відстають від кращих світових зразків. Лідери міжнародної конкуренції звичайно не продають техніку останнього покоління. Доступність second-hand технологій, притупляє увагу до власних досліджень і розробкам, створює одну із пасток на шляху догоняючого розвитку. Те, що для відсталих країн є квазіінноваціями, для лідерів може означати позбавлення їх економік від матеріало- і трудомістких, екологічно небезпечних і морально застарілих виробництв. Таким чином, передові країни не лише вивільняють економічний простір для нових власних високотехнологічних виробництв, але і до певної міри ускладнюють їх становлення в країнах-переслідувачах.

Інноваційну політику можна трактувати не тільки як захід щодо реалізації науково-технічного потенціалу, але і як дію по його укріпленню. Дійсно, забезпечена такою політикою практична вимога наукових результатів створює стимул для їх нарощування. Тому у якості однієї із складових інноваційної політики допустимо розглядати науково-технічну політику, розуміючи під останньою систему заходів, які направлені на розвиток науково-технічного потенціалу.

Відсутність теоретично обґрунтованої промислової політики ускладнює інноваційні процеси в нашій державі. Державна політика повинна базуватися на теорії, яка пояснює механізми функціонування економіки і її ріст. Погана теорія може служити базисом тільки поганої політики. Хороша політика може бути сформульована і реалізована тільки на основі хорошої економічної теорії. Отже, вибір промислової політики тісно пов'язаний з теоретичними поглядами на економіку.

У сфері дискусій щодо промислової політики необхідна ступінь теоретичного обґрунтування цієї політики. Відповідно до однієї точки зору, державну політику не слід прив'язувати до певних теоретичних моделей. Відповідно альтернативній позиції, політика повинна ґрунтуватися на теорії, яка пояснює механізми функціонування економіки і її ріст. Погана теорія може служити базисом тільки поганої політики. Хороша політика може бути сформульована і реалізована тільки на основі хорошої економічної теорії. Отже, вибір промислової політики тісно пов'язаний з теоретичними поглядами на економіку.

Часто нове виробництво базується на квазіінновації, тобто – виробництві вже відомого і поширеного на світових ринках товару. У процес глобалізації світової економіки, в конкуренцію на основі квазіінновацій втягуються багато країн. При цьому, розподіл праці у світовому інноваційному процесі, багато в чому має регульовану природу і лише частково відбувається спонтанно. Країни-лідери світового технологічного розвитку виступають свого роду диригентами цього процесу і прагнуть постійно зберегти за собою таку роль.

Переважна більшість вітчизняних суб'єктів господарювання фактично мають можливості користування лише першою (імітаційною) стадією доганяючого розвитку. До певної міри це виправдано, оскільки для більшості країн, що розвиваються, і перехідних економік, успішні квазіінновації – це економічно виправдане імпортозаміщення, яке спричиняє за собою підвищення загального технологічного рівня виробництва, зниження залежності від сировинного експорту, деякий розвиток сфери науково-дослідних робіт.

Можливість подібних стратегічних маневрів необхідно брати до уваги при виробленні вітчизняної промислової політики. Життя свідчить, що країни, що лідирують в економічному розвитку, не нехтують такого роду можливостями підвищення своєї ефективності.

І тут важливо відзначити, що результативно працююча згадана національна система вже в рамках першої фази зміцнення інноваційної

системи може помітно ослабити негативні наслідки технологічного утримання. Здатність національної індустрії не тільки застосовувати, але й всебічно покращувати іноземну техніку і технологію є суттєвою, а деколи і вирішальною умовою успішної конкуренції у сфері квазіінновацій. Вплив на значне підвищення технічного рівня іноземної техніки і технології в умовах квазіінновацій залежатиме від спроможності національного наукового потенціалу.

В міру зменшення дистанції до країн лідерів на перший план виходитиме здатність української інноваційної системи ефективно формувати не просто нові для нашої країни галузі, але і включатися в конкуренцію на випереджаюче створення і освоєння принципово нових виробництв і ринків.

Дієздатність національної інноваційної системи з урахуванням всіх обставин можна розглядати як її інноваційний потенціал. Автори поняття національного інноваційного потенціалу визначають його як здатність країни довгостроково виробляти і комерціалізувати потік інноваційної технології⁴. Аналіз інноваційної сфери з точки зору цього потенціалу фактично інтегрує вивчення її з позиції національної інноваційної системи⁵, теорії кластерних основ національних конкурентних переваг⁶, теорії ендогенного економічного росту⁷.

Проте, в сьогоднішній українській науці, яка завжди задавала еталонні механізми формування різного роду співтовариств, серйозно підірвані сили консолідації і кооперативний ефект складання сил. До того ж інтелектуальна творча еліта уражена сьогодні бацилами конформізму і самокорисливості, а більшість інтелігентів (учених, вчителів, лікарів, «технарів», музейних і бібліотечних працівників) принижена своєю невлаштованістю. Нині робляться дуже боязкі кроки і заходи по виправленню цієї стратегічної помилки «реформаторів».

Слід зазначити, що економічна політика повинна стимулювати формування механізму перетворення послуг освіти і послуг НДДКР в чинники внутрішнього економічного зростання і в предмети експорту. Внутрішнє економічне зростання може бути забезпечене з боку цих сфер за рахунок розширення їх інноваційного потенціалу для технологічного оновлення різних секторів народного господарства, а також за рахунок збільшення ресурсів розвитку усередині цих секторів. Технологічне вживання науки при цьому має бути істотно розширене не лише з боку

⁴ Stern S., Porter M. E. and Furman J. L. The Determinants of National Innovative Capacity. NBER Working Paper № 7876, September 2000 (<http://www.nber.org/papers/w7876>).

⁵ Nelson R., ed/ National Innovation Systems: F Comparative Analysis. New York: Oxford University Press, 1993.

⁶ Porter M. E. The Competitive Advantage of Nations. New York: Free Press, 1990.

⁷ Серед основоположних робіт в цьому напрямку: Lusas R/ On the Mechanism of Economic Development // Journal of Monetary Economics. 1988. Vol. 22. P. 3-42; Romer P.M. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. 1990. Vol. 98. №5. P. 71-102; Aghion P/ and Howitt P/ A Vjdel of Growth Through Creative Destruction // Econometrica. 1992.Vol. 60. № 2 (March) P. 323-351; Grossman G. and Helpman E. Innovation and Growth in the Global Ekonomy. Cambridge, Ma.: The VIT Press, 1991; Romer P. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. 1990. Vol. 98. P. 71-72.

пропозиції, але і – що набагато складніше – з боку попиту на новітні технологічні рішення (чого зараз просто немає).

В порядку узагальнювального підсумку напрошуються наступні висновки. Якщо виходити із амбітних цілей – ввести нашу країну в число провідних світових держав – необхідно принципово переосмислити роль держави в подоланні економічного відставання від країн-лідерів.

Глобалізація світової економіки означає посилення впливу на нашу країну з боку інших країн, незацікавлених у відході України від сировинної орієнтації економіки, в зміцненні її позицій у високотехнологічних галузях виробництва. Для подолання вхідних бар'єрів в новітні галузі необхідні велика концентрація ресурсів, висока координація учасників технологічного прориву. Ні те, ні інше не гарантується ринковими механізмами, зважаючи на наявні дефекти («провалів») цих механізмів.

Подоланню таких дефектів допомагає співпраця держави і промисловців, які спільно виробляють пріоритети розвитку економіки. До найважливіших сфер співпраці між ними відноситься інноваційна сфера. Проте, якщо економічна політика орієнтована, як в даний час, в основному на запозичення зарубіжних досягнень, це не гарантує справжньої модернізації країни. Характер інноваційних орієнтирів багато в чому визначається економічними інститутами, що склалися. Для зміни таких орієнтирів необхідні істотні зрушення в інституційній сфері української економіки.

Для подальшого розвитку концептуальних основ модернізації української економіки необхідно здійснити: деталізацію інституційних умов, що забезпечують зміцнення національної інноваційної системи, активізацію фундаментальних досліджень і прикладних розробок за рахунок не лише державних, але і приватних ресурсів, ефективну взаємодію держави і бізнесу у сфері практичної реалізації цих розробок.

Мусійко В.Д., Коваль А.Б.; Колос О.І.

Національний транспортний університет;

Центральний науково-дослідний інститут озброєнь та військової техніки МО України

СТВОРЕННЯ ТРАНШЕЙНИХ ТА ТРАНШЕЙНО-КОТЛОВАННИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ДЛЯ ФОРТИФІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ПОЗИЦІЙ ВІЙСЬК

В умовах війни, при наявності у противника сучасних засобів розвідки та ведення бою, значно підвищено вимоги до темпів та об'ємів виконання земляних робіт при фортифікаційному облаштуванні позицій та районів розміщення військ і пунктів управління ними. Внаслідок цього в наш час приділяється серйозна увага розвитку та вдосконаленню засобів механізації виконання земляних робіт силами військових підрозділів інженерних військ.

Існуючі на сьогоднішній день інженерні землерийні машини МДК-3, БАТ-2, ПЗМ-2, ПЗМ-3, ЕОВ-4421 вже не відповідають в повній мірі сучасним вимогам щодо темпів та якості виконання земляних робіт при інженерному облаштуванні позицій військ. Існуючі темпи фортифікаційного облаштування бойових позицій не можуть задовольнити вимоги, зв'язані з забезпеченням живучості військ. Це, в свою чергу, приводить до необхідності розробки нових, більш продуктивних зразків землерийних машин здатних в різних за міцністю ґрунтах копати виїмки різних розмірів та функціонального призначення.

Аналізуючи ефективність роботи сучасних військових роторних і ланцюгових траншейних екскаваторів та екскаваторів кращих світових фірм-виробників слід відзначити, що резерви підвищення їх продуктивності, при спорудженні траншей заданих розмірів, практично вичерпано. Причиною цього є об'єктивне протиріччя, суть якого полягає в наступному.

Підвищити продуктивність траншейного екскаватора, при спорудженні ним траншеї певних розмірів, можна тільки за рахунок збільшення швидкості переміщення його в режимі копання ґрунту. Але, в той же час, відповідно необхідно збільшити продуктивність робочого обладнання машини по підйому розробленого ґрунту зі спорудженої виїмки. Цього можна досягти шляхом збільшення в режимі копання ґрунту швидкостей руху ґрунторозробних ланцюгів робочого обладнання ланцюгових траншейних екскаваторів, або збільшення швидкостей обертання роторних ківшевих робочих органів траншейних машин. Однак відцентрові сили, що діють на ґрунт, який транспортується робочими органами екскаваторів на розвантаження, урівноважуються по досягненню деякого значення силами гравітації і розвантаження, особливо при копанні перезволожених в'язких ґрунтів, стає не можливим.

Такі режими роботи траншейних машин визначають порогову, максимальну величину їх продуктивності. В результаті, навіть при умові монтажу традиційного роторного ківшевого, чи ланцюгового робочого обладнання на самих сучасних тягачах достатньо великої потужності –

підвищити продуктивність траншейних екскаваторів зверх їх порогових значень не можливо.

Підвищена увага до питання створення високопродуктивних конструкцій роторних траншейних екскаваторів з робочими органами безківшевого типу пояснюється їх явними потенційними перевагами, порівняно з роторними ківшовими та ланцюговими (ківшовими та скребковими), робочими органами.

Суть переваг полягає в тому, що вони здатні розробляти та транспортувати ґрунт з траншеї безперервним потоком, а не окремими порціями, не мають конструктивних і кінематичних обмежень на швидкості різання ґрунту в забої за умовами його розвантаження та переміщення машини. Величина продуктивності копання ґрунту визначається виключно ґрунтовими умовами та потужністю привода робочого органа. Подібних характеристик не має жодне технічне рішення відомих конструкцій траншейних екскаваторів.

Суть нашої технічної пропозиції по створенню ефективної конструкції траншейної машини з безківшевим роторним робочим органом, рис. 1, полягає в наступному. Для такого робочого органа розробка ґрунту ротором здійснюється різцями за рахунок суміщення швидкостей різання ґрунту (обертання ротора) та подачі (поступального переміщення) робочого органа в заглибленому стані. Розроблений ґрунт піднімається робочим органом із забою у внутрішніх та зовнішній кільцевих порожнинах ротора. Внутрішні кільцеві порожнини – це замкнуті об'єми ротора обмежені поверхнями центрального диска, кільцевих барабанів та поверхнями траверс ротора, оберненими до центра його обертання. Зовнішня порожнина це кільцевий об'єм обмежений згаданими поверхнями траверс та траєкторіями переміщення ріжучих лез різців.

Ґрунт, що виноситься з забою як внутрішніми, так і зовнішньою кільцевими порожнинами ротора, надходить в зону установки відвальних поверхонь ґрунтознімачів переднього розвантажувального вузла. Ґрунтознімачі виймають ґрунт з внутрішніх кільцевих порожнин, змінюють його траєкторію руху і направляють по кожному з двох лотків, убік від траншеї.

Ґрунт, що виноситься в зовнішній кільцевій порожнині ротора, під дією гравітаційних сил переміщується у внутрішні кільцеві порожнини ротора, вже очищені від ґрунту ґрунтознімачами і видаляється звідти бермоутворювачами, що знаходяться в задній частині ротора. Це забезпечує утворення біля траншеї берми заданих лінійних розмірів.

Ефективність технічних рішень щодо оснащення траншейних екскаваторів безківшевими роторними робочими органами підтверджено експериментально на стенді фізико-математичного моделювання, рис. 2. Вони практично реалізовані в промисловості в конструкції дослідно-промислового зразка траншейного екскаватора ЕТР-140, рис. 3.

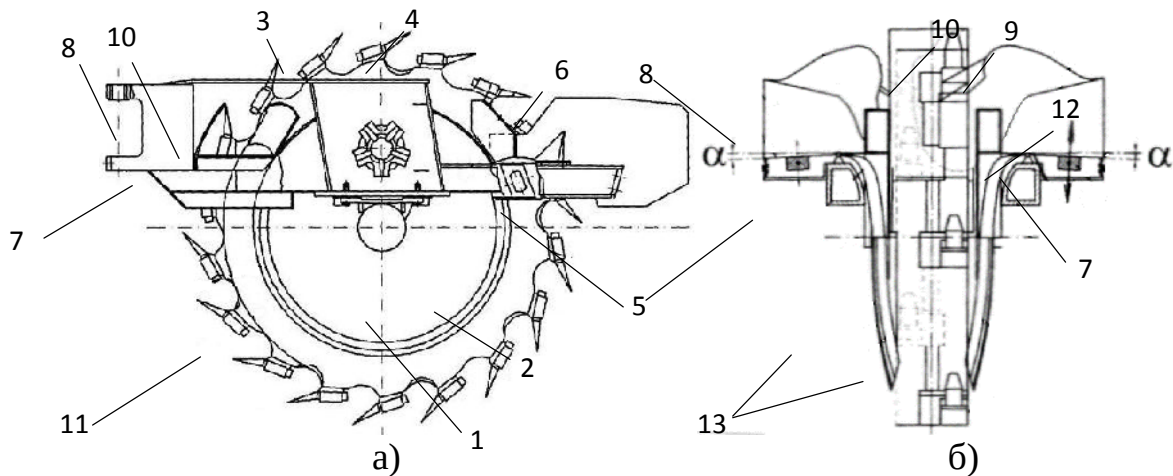


Рис. 1 – Робочий орган роторного екскаватора з двохступеневим розвантаженням

а) – вид з боку; б) – вид спереду; 1 – ротор; 2 – диск центральний; 3 – траверса; 4 –різець; 5 – рама; 6 – бермоутворювач; 7 – основа лотка; 8 – стінка передня лотка; 9 – стінка задня лотка; 10 – ґрунтознімач; 11 – кільцевий барабан; 12 – вібратор; 13 – ніж-леміш.

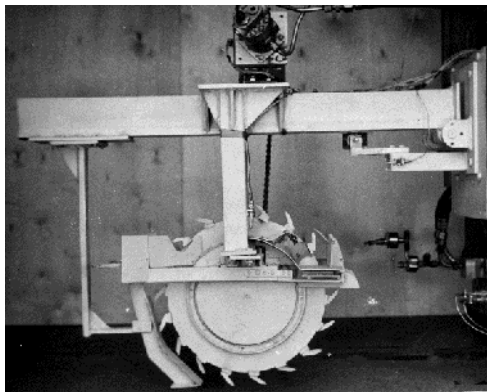


Рис. 2 – Модель безківшевого ротора



Рис. 3 – Траншейний екскаватор ЕТР-140

Можна стверджувати про можливість створення ефективної конструкції робочого обладнання траншейних екскаваторів здатних вести розробку ґрунтів I-IV категорій, в тому числі перезволожених глинистих, без обмежень швидкостей різання ґрунту з можливістю реалізації будь-якої потужності, що підводиться до робочого органу, з продуктивністю копання траншей до 800 пог. м/год.

Зараз на озброєнні армії є траншейно-котлованні машини ПЗМ-2 та ПЗМ-3, що здатні виконувати своє технологічне призначення. Однак ефективність використання вказаних машин при вирішенні задач інженерного облаштування не відповідає сучасним вимогам. Машини мають недостатню продуктивність та надійність в експлуатації.

Характерною особливістю робочого процесу машин ПЗМ з ланцюгово-балочним робочим органом є зміна товщини стружки, що розробляється

різцями ґрунторозробного робочого органа, залежно від кута його повороту в забої. Це знижує потенціальну продуктивність машини майже вдвічі, призводить до значної пульсації величини навантажень на приводі робочого органа, втрати курсової стійкості машини. Так відношення максимального значення потужності копання ґрунту за напівцикл (його тривалість складає 4...6 с) до її середнього значення складає 1,7...2,5, відношення максимальної сили опору бічному переміщенню робочого органа до її середнього значення – 3...3,2, а сили тяги на переміщення машини – 1,5...2. В цьому причина недостатньої надійності машин в експлуатації. Виходом з ситуації може бути створення нового покоління універсальних траншейно-котлованих землерийних машин безперервної дії (УЗМ) з роторним робочим обладнанням здатних без переналадки відкопувати в ґрунті траншеї повного профілю, ходи сполучення між ними, укриття для особового складу та військової техніки.

Вибір в якості ґрунторозробних робочих органів для універсальних землерийних машин ківшевих роторів з відцентровим розвантаженням слід вважати цілком об'єктивним з урахуванням того, що для них розподіл потужності двигуна між роботою копання, підняття ґрунту та переміщення машини є сприятливішим, ніж у ланцюгових. На роботу копання у них витрачається від 67 % до 81 % потужності проти 31-66 % у ланцюгових машин, що є меншим приблизно на 20 % для малих моделей і на 40 % – для великих, маса ланцюгових машин перевищує масу роторних на 12-15 %, а продуктивність є в 1,7-2 рази нижчою.

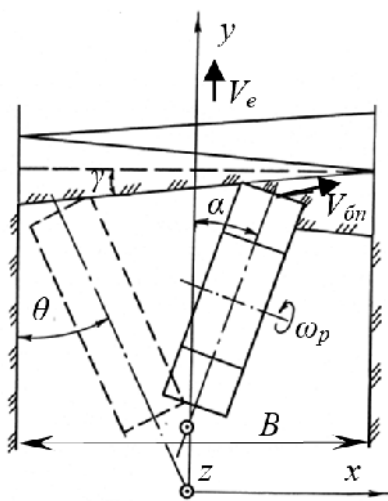


Рис. 4 – Схема розробки широкої виїмки

Суть нашої технічної пропозиції по створенню УЗМ полягає в тому, що робочому органу машини в процесі копання ґрунту забою коли його ширина B більша ширини робочого органа b надається декілька рухів: різання ґрунту зі швидкістю V_p , поздовжньої подачі на забій зі швидкістю V_e за рахунок поступального переміщення машини та бічної подачі робочого органа на забій в горизонтальній площині зі швидкістю V_{bn} за рахунок бічного переміщення відносно корми базового тягача, рис. 4.

Мінімальна ширина забою визначається шириною робочого органа b , максимальна – вимогами до розмірів споруджуваної виїмки та конструктивно-кінематичними параметрами РО. При розробці забою мінімальної ширини (траншеї) робочий орган УЗМ залишається нерухомим відносно поздовжньої вісі машини, в іншому випадку йому надається бічна подача.

При суміщенні бічної подачі РО з поступальним рухом машини відпрацьовується стружка ґрунту, товщина якої в плані змінюється від нуля до визначеного максимуму за кожен напівцикл роботи машини (див. рис. 4).

Вирівнювання товщини стружки досягається шляхом надання робочому органу додаткового знакозмінного поздовжнього переміщення відносно базового тягача (випереджуючої подачі робочого органа на забій), величина якого функціонально зв'язана з швидкістю переміщення машини V_e .

В такому випадку розробка ґрунту стружками рівномірної товщини можлива, коли траєкторія відносного переміщення ріжучих елементів ґрунторозробного робочого органа УЗМ в плані має вид лемніскати Бернуллі.

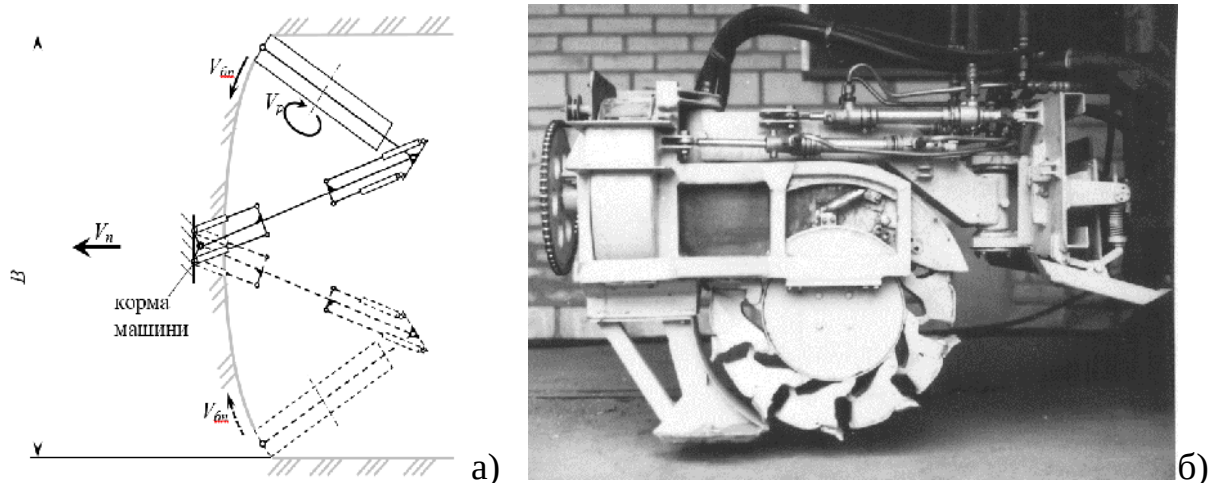
Реалізація приведеної траєкторії дозволяє створити машину, що здатна ефективно рівномірними стружками розробляти в ґрунті виїмки різної ширини в різних ґрунтових умовах. Це забезпечується при виконанні рівняння:

$$C = y_{\max} = \frac{2 \cdot B \cdot V_e}{V_{\text{бн}}}, \quad (1)$$

де C – величина подачі машини на забій за час робочого циклу, $B = \text{const}$, $V_{\text{бн}} = \text{const}$, $V_e = \text{var}$.

Отримана залежність відображає необхідність адаптивного управління величиною випереджуючої подачі робочого органа УЗМ на забій при зміні в реальних умовах швидкості V_e подачі машини, при цьому величина випереджуючої подачі повинна бути функціонально зв'язана зі швидкістю поздовжньої подачі машини та шириною розроблюваної виїмки.

На основі аналізу результатів виконаних нами досліджень встановлено, що для створення високопродуктивної УЗМ раціональної конструкції (рис. 5), здатної розробляти ґрунт з максимальною продуктивністю стружками рівномірної товщини необхідно як вихідну позицію при конструюванні машини прийняти наступне: робочий орган УЗМ – ківшевий ротор з відцентровим розвантаженням ковшів, як евакуатор ґрунту може бути використаний лопатевий роторний металник, підвіска робочого органа на тягачі має бути двохарнірною, дволанковою з гідравлічним приводом бічного переміщення кожної ланки.



**Рис. 5 – Робочий орган універсальної землерийної машини
а – схема роботи; б – модель робочого органа.**

Продуктивність копання ґрунту УЗМ при спорудженні котлованів шириною до 4,5 м та глибиною за один прохід до 1,5 м буде складати 400...600 м³/год. в залежності від категорії розроблюваного ґрунту.

Кравченко В.І.

Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Молнія» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

ВИПРОБУВАЛЬНИЙ ПОЛІГОН НДПКІ «МОЛНІЯ» ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ВІД ВПЛИВУ ВРАЖАЮЧИХ ФАКТОРІВ ПРИРОДНОГО ТА ШТУЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

В усіх розвинутих країнах активно проводяться дослідження щодо створення потужних деструктивних електромагнітних завад, спроможних виводити з ладу системи керування об'єктів озброєння та військової техніки (ОВТ). Крім того, об'єкти ОВТ піддаються інтенсивним електромагнітним впливам, наприклад, від радарів аеродромів, радіо та телепередавачів, прямого удару блискавки. Для космічної апаратури потужним деструктивним фактором є електростатичний розряд, що накопичується на обшивці в наслідок дії іонізуючих випромінювань космічного простору. Враховуючи принципову важливість, результати досліджень щодо параметрів таких електромагнітних завад узагальнено у відповідних міжнародних стандартах. Стандарти [1-9], які чинні та розробляються в галузі електромагнітної сумісності (ЕМС) намагаються покрити всю доступну для огляду сферу можливих впливів на об'єкти, включаючи події низької ймовірності, для того, щоб керувати ЕМС під час реалізації життєвого циклу об'єкту, включаючи сертифікацію та моніторинг. Узагальнення вказаних вище стандартів представлено у роботах [10-12].

Об'єкти ОВТ, зазвичай, мають системи керування, які є високо інтегровані, тому в них важко розбити проблему на окремі частини з електромагнітної точки зору. Це обумовлює наявність складних проблем щодо забезпечення необхідного рівня стійкості до впливу потужних електромагнітних завад. Тому, достовірний висновок про фактичний рівень стійкості ОВТ до впливу завад природного та штучного походження можливо зробити лише на підставі відповідних випробувань об'єкту в цілому.

Більшість існуючих експериментальних та теоретичних результатів досліджень впливу електромагнітного випромінювання на працездатність електронної елементної бази відносяться до галузей незворотних відмов (електричний пробій). Питання, пов'язані з визначенням механізмів впливу струмів, наведених електромагнітним випромінюванням, на фізичні процеси, що визначають ступінь відхилення робочих характеристик приладів від норми що може буди причиною хибних дій ОВТ, наприклад, відхилення ракети від заданої траєкторії. Такі дослідження в Україні здійснюються лише у сумісних роботах колективів ДП «Інститут радіоелектроніки» та НТУ «ХПІ». За ці роботи колективи у 2009 році нагороджено премією Президії НАНУ імені В.Є. Лашкарьова.

Україна спроможна проектувати та створювати зразки авіаційно-космічної техніки, які за технічними параметрами перевищують аналогічні зразки світових лідерів. Наприклад, літаки АН-124 «Руслан», АН-225 «Мрія», АН-70, ракети-носії «Зеніт» та «Циклон». Сучасні вимоги світового ринку включають обов'язкове експериментальне підтвердження рівня функціональної безпеки об'єктів при дії різноманітних електромагнітних впливів. З урахуванням нових загроз, міжнародними організаціями (ІКАО, НАТО, ІЕС, ЕССС та інші) сформульовано вимоги щодо дії потужних електромагнітних завад природного та штучного походження [1-9].

На спеціальному полігоні НДПКІ «Молнія» НТУ «ХПІ» створено та експлуатується комплекс імітаторів різноманітних потужних електромагнітних завад. Наявне унікальне високовольтне устаткування, що перебуває в розпорядженні випробувальної лабораторії, увійшло до Міжнародного реєстру випробувального обладнання ІЕС/TR 61000-4-32:2002 [3], та внесене до переліку наукових об'єктів, що становлять національне надбання України. В інституті вперше в системі МОН, створено і діє комплекс Еталонів максимальних значень імпульсних електричних і магнітних полів, електричної напруги, та сили струму, що забезпечує можливість калібрування створених нових засобів вимірювальної техніки. За розробку унікальних зразків високовольтної імпульсної техніки колектив інституту отримав Державну премію України в галузі науки і техніки за 2006 рік. Все це дозволяє проводити комплексні повно масштабні випробування стійкості ОБТ до дії низки потужних імпульсних електромагнітних завад.

Технічне оснащення та компетентність фахівців НТУ «ХПІ» підтверджує той факт, що в інституті функціонує випробувальна лабораторія, яка має найвищий в Україні ступінь акредитації як незалежний та компетентний орган з оцінки відповідності технічних засобів вимогам електромагнітної сумісності. Випробувальна лабораторія НДПКІ «Молнія» НТУ «ХПІ» акредитована Національним агентством з акредитації України за ДСТУ ISO/ІЕС 17025:2006 (атестат акредитації №20484 дійсний до 15 вересня 2019 року). Загальна кількість видів випробувань за параметрами ЕМС, які здійснюються на теперішній час становить 84. Наразі в Україні випробування бортового авіаційного обладнання цивільного та військового призначення, систем керування процесами на атомних електричних станціях (СОУ НАЕК 029:2012) за параметрами електромагнітної сумісності здійснюється тільки в нашій випробувальній лабораторії. В якості ілюстрації на рисунку представлено комплект обладнання для випробувань за стандартом [8].

Нажаль, за об'єктивних обставин, частина випробувань поки не здійснюється. Найбільш складними до реалізації є вимоги стандартів [2 та 8] стосовно утворення високо інтенсивних електромагнітних полів радіочастотного діапазону (100 МГц – 18 ГГц). При наявності потрібної інфраструктури, для реалізації цих випробувань не вистачає лише потужних (до 2 кВт) підсилювачів на вказану смугу частот.



Рис. - комплект обладнання для ЕМС випробувань за стандартом [8]

Наприклад, для отримання сертифікату льотної придатності українських літаків потрібно буде скористатися послугами, стенду «Airbus» у Тулузі (Франція). Цей варіант має такі ризики (не беручи до уваги фінансові витрати):

- втрата іміджу виробника при отриманні негативного результату, ймовірність якого дуже велика, якщо обладнання не пройде попередні заводські випробування;
- можливість втрати комерційної таємниці, враховуючи той факт, що компанія «Airbus» є потужним гравцем на міжнародному ринку;
- особливі проблеми стосовно ОВТ.

Тому, держава, яка позиціонує себе як авіаційно-космічна, та є постачальником ОВТ на міжнародному ринку, щонайменше, має проводити заводські випробування у власних випробувальних центрах.

Багаторічний досвід НТУ «ХПІ» з проведення випробувань різноманітних зразків технічних засобів свідчить про те, що вимоги за параметрами електромагнітної сумісності треба враховувати з перших кроків проектування технічного засобу. В іншому випадку розробник, зазвичай, має суттєві проблеми під час проведення сертифікаційних випробувань. Тому, ми пропонуємо до реалізації концепцію щодо урахування вимог ЕМС на всіх етапах життєвого циклу розробки ОВТ. Розробка полягає у науковому обґрунтуванні включення до життєвого циклу зразків ОВТ методів підвищення заводостійкості, які максимально наближені до практики. Фактично, має розглядатися повний цикл створення обладнання та корпусу ОВТ з точки зору забезпечення потрібного рівня несприйнятливості до дії потужних електромагнітних завад. Найбільш складним елементом при цьому є забезпечення трансформації результатів за рівнями інтеграції від елементної бази, до зразків бортового обладнання та далі до об'єкта у цілому.

Вирішення проблеми пропонується досягти через формулювання схеми життєвого циклу об'єкту з закріпленням етапів за конкретними виконавцями. При цьому буде узгоджено параметри цільових функцій для контрольних точок кожного етапу.

Висновки

1. Достовірний висновок про фактичний рівень стійкості ОВТ до впливу завад природного та штучного походження можливо зробити лише на підставі відповідних випробувань об'єкту в цілому.
2. В Україні процедуру сертифікації об'єктів за параметрами ЕМС реалізовано не у повному обсязі.
3. Для забезпечення проведення повного комплексу випробувань ОВТ за параметрами ЕМС необхідно до оснащення випробувальної лабораторії НДПКІ «Молнія» НТУ «ХПІ» підсилювачами з потужністю до 2 кВт на смугу частот (0,1 – 18) ГГц.

Перелік джерел

1. MIL STD 464C:2010 (NATO STANAG 3614) Department of Defense Interface Standard – Electromagnetic Environmental Effects Requirements for Systems.
2. MIL STD 461G:2011 (NATO STANAG 3516) Department of Defense Interface Standard – Electromagnetic Interference and test methods for Aircraft.
3. IEC/TR 61000-4-32:2002 - Electromagnetic Compatibility (EMC) -- Part 4-32: Testing and measurement techniques – High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) simulator compendium
4. IEC/TR 61000-4-35:2009 - Electromagnetic Compatibility (EMC) -- Part 4-35: Testing and measurement techniques -- High power electromagnetic (HPEM) simulator compendium.
5. IEC 61000-4-36:2014 Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4 - 36: Testing and measurement techniques – IEMI Immunity Test Methods for Equipment and Systems.
6. IEC 61000-5-x: Guide to the Application of HEMP and IEMI Publication (project SC 77C-2014).
7. IEC 62305-1:2010 Protection against Lightning – Part 1: General principles.
8. DO-160G:2011 Environmental conditions and test procedures for airborne equipment.
9. ECSS-E-ST-20-07C:2012 Space engineering. Electromagnetic Compatibility.
10. Kniaziev V.V., Kravchenko V.I. Standard parameters of the high-power ultrawideband electromagnetic phenomena. 7th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort impulse signals, UWBUSIS'2014
11. Кравченко В.І Електромагнітний тероризм. Монографія. - Харків: Вид-во "НТМТ", 2011. - 392 с.

12. Кравченко В.І. Блискавка. Електромагнітні фактори і їх вражаючі впливи на технічні засоби.— Харків: Вид-во "НТМТ", 2010.— 292с.

Бушуев Ф.И., Калужный Н.А., Сибирякова Е.С., Шульга А.В.;
Москаленко С.С.;
Балагура О.А.;
Кулишенко В.Ф.

*Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія»
Західний центр радіотехнічних спостережень (ЗЦРС)
Державне підприємство "Укркосмос"
Радіоастрономічний інститут*

СИСТЕМА БЕЗПЕРЕВНОГО КОНТРОЛЮ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СУПУТНИКІВ

Розроблений в НДІ «Миколаївська астрономічна обсерваторія» радіотехнічний комплекс (РК), призначений для безперервного контролю положення телекомунікаційних геостационарних супутників, має в своєму складі чотири станції, розташовані в Києві, Мукачеві, Харкові та Миколаєві. Максимальна відстань між станціями по довготі 1000 км і по широті – 400 км.

Радіотехнічний комплекс вимірює різниці нахилених дальностей до контрольованого супутника, які визначаються в результаті кореляційного аналізу сигналів цифрового супутникового телебачення, випромінених цим супутником і синхронно прийнятих станціями РК. Для синхронізації станцій використовуються GPS приймачі ThunderBolt-E. При цьому станції РК використовують стандартні приймачі супутникового телебачення формату DVB-S (SkyStar1 і Skystar2), в яких завдяки синхронізації символів на виході відновлюється фаза випроміненого сигналу. Вказані приймачі допрацьовані в частині виводу сигналів їхніх квадратурних детекторів.

Прийняті чотирма станціями РК щосекундні синхронні фрагменти комплексних сигналів DVB-S, тривалістю 200 мікросекунд, по каналам Internet надходять в пункт обробки. Тут в результаті кореляційної обробки знаходяться три лінійно незалежні різниці нахилених дальностей (Δr) для трьох пар станцій. Щосекундні значення декартових координат супутника (XYZ) в системі координат WGS84 обчислюються гіперболічним методом по отриманим значенням Δr .

В доповіді наводяться результати визначення декартових координат супутника «Eutelsat-13B» (13° с.д., транспондер 11541 МГц, V, 22000 кС/с), отримані протягом березня, квітня і травня цього року. Наводяться також похибки одиночного вимірювання Δr , X, Y і Z, які склали 2.6 м, 3540 м, 705 м і 455 м, відповідно. Припускається, що збільшення базової відстані по широті до 1000 км, приведе до зменшення похибки визначення координати X до кілометра і менше. Розглядається можливість використання РК для одночасного контролю декількох супутників.

Література.

1. Бушуев Ф.И. Определения дальности до телекоммуникационных геостационарных спутников с использованием сигналов спутникового телевидения / Бушуев Ф.И., Калюжный Н.А., Сливинский А.П., Шульга А.В. // Радиофизика и радиоастрономия. – 2012. – Т.17, №3. – С.282-290.

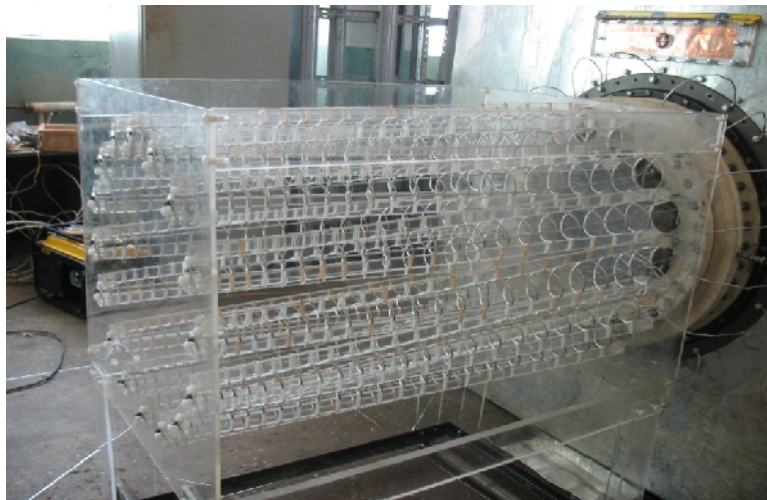
МОБІЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПОТУЖНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ІМПУЛЬСІВ

В НТУ «ХПІ» створена, випробувана и поставлена Замовнику (підприємство у м. Київ) мобільна установка для випромінювання електромагнітних імпульсів потужністю до 11 ГВт в імпульсі. Відмінною особливістю установки є велике значення (до 100 Дж) енергії, яка випромінюється у кожному імпульсі. Технічні характеристики установки: маса с несучою конструкцією - не більше 2 тонн; габарити з випромінювачем - довжина - 4000 мм, ширина - 2050 мм, висота - 2100 мм; енергія, що початково запасасться, - до 1000 Дж; амплітуда напруги на виході генератора імпульсів установки - до 1 МВ; система випромінювання установки - 16-ти антенний випромінювач з плоским екраном; тип антени у випромінювачі - конічна спіральна антена з осьовим (центральною) провідником; електроживлення - від звичайної мережі 220 В, 50 Гц. Принцип побудови і дії установки заснований на первинному накопиченні енергії в ємнісному накопичувачі енергії на рівні напруги 10 кВ з подальшим двоступінчастим підвищенням напруги до рівнів відповідно 100 кВ та 1 МВ при стисненні в часі. Далі за допомогою пристрою формування відбувається загострення фронту формованих імпульсів і подача їх на вхід 16-ти антенного випромінювача, антени якого забезпечують синхронне випромінювання електромагнітних імпульсів (див. фото на рис. 1). Реалізовано осьовий режим випромінювання кожної антеною випромінювача. Осі антен паралельні і розташовані рівномірно по колу. Установка складається з зарядного пристрою, ємнісних нагромаджувачів рівня 10 кВ і 100 кВ, формуючого пристрою на 1 МВ, двох імпульсних трансформаторів за схемою Тесла на 100 кВ і на 1 МВ відповідно, 16-ти антенного випромінювача, системи комутації з використанням стисненого газу (наприклад, азоту, елегазу, сумішей азоту з елегасом та ін.), системи керування. Вимірювання напруженості імпульсного електричного поля біля осі випромінювача поблизу нього. На відстані 4 м від випромінювача напруженість електричного поля склала не менше 3 кВ/м при амплітуді напруги на вході формуючого пристрою 300 кВ. Напруженості електричного поля можуть бути істотно збільшені при поліпшенні синхронізації спрацьовування всіх 16-ти каналів установки, збільшенні робочих напруг, усуненні небажаних віддзеркалень випромінюваних імпульсів. Система комутації установки може працювати як в керованому режимі, так і в режимі «самопробою», коли система керування запускає тільки стартовий комутатор, що представляє собою сильноточовий іскровий розрядник із спотворенням поля на робочу напругу 10 кВ. Решта комутаторів являють собою високовольтні тригатрони і двохелектродні іскрові розрядники. Ізолюючим середовищем високовольтних елементів (за винятком розрядних проміжків) рівня 100 кВ -

1 МВ є трансформаторне масло і гліцерин. Установка легко перевозиться звичайним вантажним автотранспортом. Вона створена для багатоцільового застосування і може використовуватися в оборонних цілях для виведення з ладу електронних засобів, систем керування різних об'єктів.



а



б

Рис. 1. Шістнадцятиантений випромінювач установки: а – вид спереду, б – вид збоку-спереду.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ СИНТЕЗУ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Тренажерні комплекси військової техніки використовуються для підготовки екіпажів на етапі навчання в багатьох країнах світу. Практична цінність застосування сучасних військових тренажерів була неодноразово підтверджена у всіх останніх локальних збройних конфліктах (Югославія, Афганістан, Ірак). Вони використалися при плануванні бойових операцій, з їхньою допомогою визначалися оптимальні склади сил і засобів на виконання того або іншого завдання, пророблялися численні варіанти результатів тієї або іншої ситуації. Тренажерні комплекси дозволяють значно знизити витрати з одночасним підвищенням якості навчання, за рахунок можливості попереднього й багаторазового пророблення різних ситуацій, без серйозних матеріальних витрат і завдання збитків. Одними з прикладів таких тренажерів є модульні тренажери виробництва ДП ХКБМ ім. О. О. Морозова, які можуть бути конфігуровані під будь-яку задачу навчання.

Тренажерний комплекс дозволяє відтворювати не тільки штатні, нормальні для експлуатації техніки режими роботи, але також і реалізовувати будь-які аварійні сценарії без погрози для життя операторів та оточуючих людей, без ушкодження дорогої техніки та устаткування. Відпадає необхідність у проведенні тренувань у несприятливих кліматичних і погодних умовах, у нічний час доби, оскільки на тренажері, за допомогою засобів комп'ютерної графіки та математичного моделювання, легко відтворити будь-які часові й погодні умови для різних кліматичних зон району, у якому експлуатується та або інша техніка.

Тренажерний комплекс на основі обчислювальної техніки забезпечує можливість тривалих тренувань із можливістю повернення в будь-яку точку тренування за бажанням інструктора або тих, яких навчають.

Сучасні імітаційно-тренажерні комплекси військової техніки є такими системами які працюють в реальному масштабі часу, алгоритми й методи в яких реалізовані за допомогою обчислювальної техніки та спеціалізованих графічних прискорювачах. Система візуалізації таких комплексів має за мету синтез реалістичних зображень позакабінної обстановки, і є головним споживачем ресурсів графічного прискорювача системи.

Для візуалізації тривимірної сцени на екрані її опис та математична модель повинні бути перетворені у двовимірне зображення (процес синтезу зображення). На рис.1 зображена схема роботи графічного конвеєра типового графічного прискорювача. Стадії вершинної та піксельної обробки реалізуються на графічному прискорювачу у вигляді мікропрограм, які дозволяють визначити, що являють собою вхідні та вихідні данні для кожної стадії конвеєра прискорювача та описують обробку, що відбувається на ній.



Ріс.1. Типова схема графічного конвеєру

Як можна побачити з ріс.1, обробка на рівні пікселів є останнім етапом програмувальної стадії конвеєра, що дає можливість реалізації різноманітних ефектів як етапу постобробки синтезованого зображення, у вигляді мікропрограми.

Головним завданням піксельної мікропрограми є обчислення фінального кольору пікселя. З кожним пікселем може бути пов'язана широка різноманітність даних, згідно до його розташування, яке обчислене за допомогою вершинної мікропрограми і лінійно інтерполюється на етапі растреризації трикутників, що визначають об'єкти сцени. Це дозволяє змінювати колір пікселя відповідно до освітлення сцени, додавати відблиск, налагоджувати тіні. Так само за допомогою піксельної мікропрограми можна реалізувати ефекти постобробки для всього зображення в цілому, наприклад такі як яскравість, контраст, насиченість, зміна кольору, розмиття. Така універсальність мікропрограм також дозволяє робити геометричні перетворення простору, наприклад геометричне викривлення простору спостерігача.

Створення різних візуальних ефектів для викривлення простору спрямовані в першу чергу на поліпшення взаємодії між оператором і тим оточенням, що відтворює система візуалізації тренажерного комплексу. Наприклад, такі перетворення можуть симулювати різні оптичні ефекти, що властиві реальним фізичним приладам. На ріс.2 надане синтезоване зображення, що надходить на вхід піксельної мікропрограми для перетворення. Кут огляду по горизонталі складає 220 градусів, по вертикалі – 90.



Ріс.2. Комп'ютерно-синтезоване зображення в прямій лінійній перспективі

Задаючи рівняння поверхні, на яку має бути спроектоване зображення, можна одержати необхідний вид геометричного викривлення. На ріс.3 зображено результат роботи піксельної мікропрограми для ефекту сферичної лінзи. Крім цього, даний підхід можна застосувати до реалізації нових моделей проекційних перетворень, що дозволяють підвищити реалістичність синтезованих зображень, та, як наслідок, підвищити якість тренувань операторів.



Рис.3. Візуальний ефект сферичної лінзи

Ефективність взаємодії між оператором і комплексом багато в чому залежить від сприйняття першим зображення синтезованого тривимірного простору відображуваного на площині. У комп'ютерній графіці пряма лінійна перспектива (ріс.2) є класичним методом проективного перетворення тривимірного простору на площину. Однак при збільшенні кута огляду відбувається помітні викривлення, що заважають чітко оцінювати ситуацію. Самим помітним недоліком лінійної перспективи є велика віддаленість предметів які перебувають на периферії, створюючи при цьому ефект "ковзання" при повороті або обертанні камери. Цей ефект чітко видний при збільшенні кута огляду більше 60 градусів.

На ріс.4 наведено результат роботи мікропрограми, яка створює ефект проекції Паніні. Базова проекція Паніні являє собою гномічну проекцію тривимірного циліндричного зображення, що є лінійною проекцією зображення сфери на дотичний циліндр. Для одержання цього ефекту використовувалося рівняння кривої, значення якого є коефіцієнтами масштабу для кожного пікселя синтезованого зображення (ріс.2).



Ріс.4. Реалізація ефекту проекції Паніні за допомогою мікропрограми

Проекція Паніні володіє декількома корисними властивостями:

- Горизонтальне кутове стискання в порівнянні з прямолінійною проекцією: горизонтальне розташування пропорційно тангенсу половини кута зору, а не до тангенсу всього кута зору.

- Прямі вертикальні лінії залишаються прямими завдяки проміжному проєціюванню на циліндричну поверхню.

- Всі радіальні лінії (ті, які проходять через центр спостереження) відображаються прямими.

На зображеннях Паніні об'єкти зберігають свою форму й відносний розмір, а розташовані вдалечині об'єкти не здаються розташованими значно далі, ніж вони є насправді, в порівнянні із прямолінійною перспективою. Положення центральної точки сходу залишається на своєму місці.

Проекція Паніні має наступні відмітні властивості:

- Майже завжди має центральну точку сходу.

- Не дивлячись на широкий кут огляду, відсутнє перспективне викривлення: відображувані елементи сцени мають відповідну ширину й форму, незалежно від того де на картинній площині вони розташовані.

- Глибина виглядає стисло: об'єкти розташовані поблизу центральної точки сходу виглядають дещо збільшеними й близько розташованими, інша частина сцени не здається занадто збільшеною.

У циліндричній проекції кутова шкала постійна уздовж усього зображення й всі елементи зображення представляються в їхній натуральній ширині. Однак у зображеннях, побудованих за допомогою проекції Паніні, кутове збільшення поступово зростає із центра до границь, але повільніше чим у прямій перспективі. Кути на границях зображуються меншими, а ті які в центрі - більшими. Таким чином, чим далі розташований об'єкт від центра спостереження на площині, тим сильніше він стиснений і викривлений. Якщо зберігати кут огляду незмінним, ця проекція дозволяє значно зменшити похибку, що вносить пряма лінійна перспектива, яка традиційно

застосовується в системах візуалізації. Окрім цього, якщо провести аналогію із системою зору людини, то та частина зображення, що відноситься вже до периферичної зони, так само й на картині представлена трохи викривленою.

На зображенні отриманому за допомогою проекції Паніні видно, що горизонтальні лінії, чим вони далі розташовані від центра зображення, представлені кривими ввігнутими до спостерігача. Це описує горизонтальне стиснення простору, на відміну від властивому перспективній проекції стисненню глибини, що важко визначити спостерігачеві. Через простоту геометричних перетворень, єдине, що буде привертати увагу спостерігача це присутність цих викривлень. Але вони дають зрозуміти системі сприйняття людини з якою поверхнею вона працює, і дозволяє їй більш однозначно коректувати сприйману картину, тому що всі горизонтальні викривлення представлені на площині, що відображає, і це ніяким чином не впливає на визначення розташування об'єктів. Таким чином, проекція Паніні дозволяє отримувати зображення позакабінної обстановки тренажерних комплексів, що відповідає природному зоровому сприйняттю людини, що в свою чергу сприяє швидшому і ефективному виробленню навичок управління у екіпажу бойової машини.

Розглянуті вище приклади реалізовані мовою програмування HLSL для етапу піксельної обробки графічного прискорювача. У такий спосіб синтез зображень із використанням піксельних мікропрограм є зручним засобом для створення різноманітних візуальних ефектів викривлення простору для існуючих систем, застосовуючи при цьому незначну кількість ресурсів графічного прискорювача (менш ніж 10%).

Ткачук М. А., Литвиненко О. В., Грабовський А. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

НАУКОВИЙ СУПРОВІД ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРОБОК ЗАДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН

Стан проблеми. Бронетанкобудування України склалося як одна із основних галузей військово-промислового комплексу (ВПК). При цьому для забезпечення тактико-технічних характеристик (ТТХ) військових гусеничних і колісних машин повинна діяти струнка система, що охоплює всі етапи життєвого циклу виробів – від формування тактико-технічних вимог (ТТВ) Збройними Силами до полігонних випробувань і бойового застосування. У цій системі, що склалася, найважливішими етапами, на яких закладаються, забезпечуються і втілюються ТТХ бойових легкоброньованих машин (ЛБМ), є відповідно їх конструювання, технологічна підготовка і виробництво (ТПВ). Всі ці етапи потребують відповідного наукового супроводу.

Виходячи з того, що ТТХ ЛБМ вимагають дотримання балансу витрат, кваліфікації та рівня діяльності на проектному етапі, при дослідженнях, ТПВ і безпосередньо при їх виготовленні, можна зробити висновок про те, що однією із найважливіших проблемних компонент є якраз технологічна підготовка та науковий супровід розробок. Також слід взяти до уваги, що вітчизняне бронетанкобудування порівняно недавно почало розвивати розробку і виготовлення ЛБМ, зокрема, колісних, для яких, на відміну від бойових машин важкої категорії за масою, виникають властиві тільки їм проблемні питання. У першу чергу, це зв'язаність багатьох компонент ТТХ, які для важких машин розділялися. Таким чином, усі компоненти ТТХ слід забезпечувати узгоджено. При цьому первинним, як і раніше, залишається проблема захищеності і міцності корпусу як відправного елемента при розробці ЛБМ. Крім того, усі складові ТТХ проявляються на етапі бойового застосування при дії комплексу уражаючих чинників, що супроводжується різними фізико-механічними процесами. У той же час відпрацьовані усталені методики комп'ютерного моделювання всієї сукупності процесів і станів, які повною мірою розв'язують весь комплекс виникаючих задач, на теперішній час відсутні. Існуючі дослідження вчених ЦНДІ ОВТ ЗСУ, НУО, ХКБМ, АСВ, ІЕЗ, ІНМ, НТУ "ХПІ" [1-4] присвячені окремим аспектам моделювання фізико-механічних процесів в ув'язці з досягненням тих чи інших складових ТТХ. Таким чином, можна зробити висновок про те, що розробка методів проектно-технологічного забезпечення заданих ТТХ ЛБМ шляхом обґрунтування технічних рішень їхніх бронекорпусів за критеріями захищеності та міцності при дії уражаючих чинників є актуальною науковою проблемою для бронетанкобудування України.

Мета досліджень. Метою роботи є розробка наукових основ проектно-технологічного забезпечення захищеності і міцності ЛБМ на основі результатів математичного моделювання фізико-механічних процесів і станів

броне корпусів при дії засобів ураження із урахуванням технологічних чинників і обґрунтування на їх основі раціональних проектно-технологічних рішень.

Загальний опис методів та засобів вирішення поставленої проблеми проектно-технологічного забезпечення захищеності і міцності корпусів легкоброньованих машин. Аналіз стану проектування та застосування ЛБМ свідчить про те, що масштабна проблема забезпечення захищеності броне корпусів сучасних бойових машин вирішується різними засобами, забезпечується на різних рівнях і різною мірою, моделюється різноманітними засобами, у тому числі – аналітичними, числовими і експериментальними методами. Як видно з умовно показаної на рисунку 1 шкали деякого компонента ТТХ, результуючий його рівень визначається нижнім рівнем трьох компонент, відповідно – на етапах II, III, IV. Тим самим природним чином впливає критерій про збалансованість рівнів ТТХ, що досягаються на кожному із етапів II, III, IV. При цьому як відносні провали одного із цих рівнів порівняно із іншими, так і піднесення однаково шкідливі з точки зору кінцевого результату. Таким чином, технологія, образно кажучи, повинна забезпечувати проектні ТТХ, а виробництво – втілювати реальні ТТХ, і всі – наближено до заданого рівня.

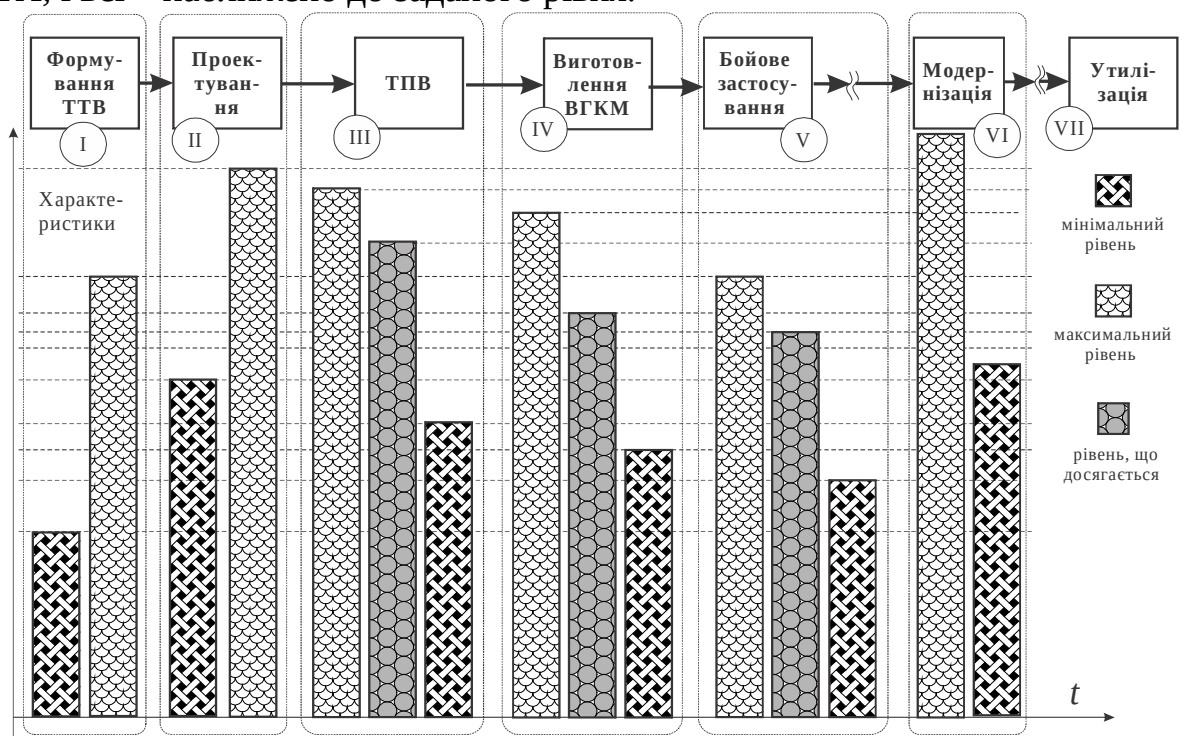


Рисунок 1 – Життєвий цикл і ТТХ ЛБМ

Теза про важливість ТПВ, а також організації, оснащеності та культури виробництва ЛБМ аж ніяк не нівелює того очевидного факту, що, незважаючи на їх важливість, у той же час усі ТТХ виявляються тільки в умовах бойового застосування, виконання бойових завдань та дії уражаючих чинників. При цьому виникають певні фізико-механічні процеси і стани: руйнування броньової панелі кінетичними снарядами, НДС при дії ударної хвилі від вибухів боєприпасів, імпульсні процеси при здійсненні пострілів із власної зброї, динамічний вплив від зусиль у підвісці тощо. Таким чином,

ТТХ є функцією взаємодії бронетехніки, яка володіє параметрами, закладеними на етапах II, III, IV, і режимів бойового застосування (РБЗ), як це показано на рисунку 2.

Проектно-технологічне забезпечення тактико-технічних легкоброньованих машин. Відзначена вище обставина стала відправною точкою у розробці принципово нового підходу до забезпечення ТТХ на базі узагальненого параметричного моделювання. Саме цей підхід, розвинений і адаптований у роботі, дає можливість об'єднати у єдиній множині проектні, виробничі, уражаючі чинники, а також, що відрізняє його від традиційних, ще й чинники технологічні. У результаті множина узагальнених параметрів (внутрішніх чинників), що ідентифікують ЛБМ в усій повноті його властивостей при дії зовнішніх чинників, поповнюється новою підмножиною. Це переводить дослідження на більш високий рівень повноти,

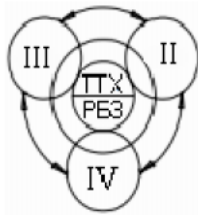


Рисунок 2 – ТТХ ЛБМ як результат взаємовпливу проектних (II), технологічних (III), виробничих (IV) чинників із урахуванням РБЗ

адекватності і керованості в усьому ланцюжку життєвого циклу. При цьому на перший план висуваються числові методи моделювання, які втілюються у комп'ютерних засобах різного призначення.

На даному напрямку існує три значних перешкоди: необхідність удосконалення математичних моделей процесів і станів ЛБМ; потреба у створенні середовища опису (ідентифікації) об'єкта досліджень; необхідність реалізації двох перерахованих вище інструментів у вигляді комп'ютерного програмно-модельного середовища. Для вирішення проблемних протиріч стосовно корпусів машин легкої категорії за масою залучається математичний апарат механіки. Центральною ланкою і методологічною основою теоретичних розробок, здійснених у роботі, є метод узагальненого параметричного моделювання, запропонований у роботах авторів [5-8]. Саме можливості цього методу дають засоби для організації досліджень на етапі математичного, числового і експериментального моделювання.

Теоретичні основи розв'язання поставленої задачі. Спираючись на роботи [5-8], був розроблений загальний підхід до проектно-технологічного забезпечення захищеності і міцності бронекорпусів ЛБМ. Аналіз процесу формування ТТХ (рисунки 3,4) дав змогу висунути 3 критерії для обґрунтування раціональних проектно-технічних рішень (критерії синтезу).

Їх умовно можна назвати критеріями мінімальної необхідності, збалансованості та стійкості (у деяких нормах $\|\bullet\|$) відповідно:

$$\max \| \Pi_k(T^*, P_{yi}^*) - \Pi_k(T^*, P_{dj}^*) \| \rightarrow \min \forall i \neq j, \forall k, \quad (1)$$

$$\| \Pi_{\Pi}^* - \Pi_T^* \| \rightarrow \min; \quad \| \Pi_T^* - \Pi_u^* \| \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\left\{ \|T(\Pi^{**} + \Delta\Pi, P^{**} + \Delta P)\| \leq \delta; \forall (\Pi^{**} + \Delta\Pi, P^{**} + \Delta P) \in \Omega^{**} \right\}. \quad (3)$$



Рисунок 3 – Формування РДУЧ

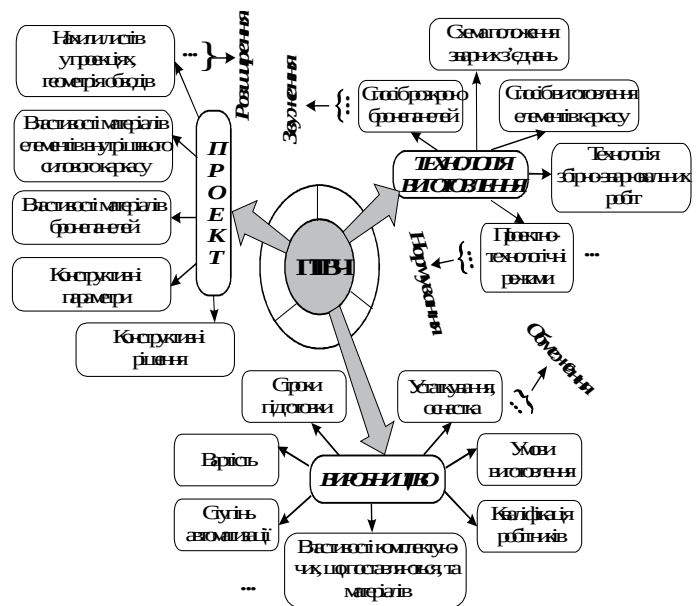


Рисунок 4 – Формування ПТВЧ

Тут P_{Π}, P_T, P_u – проектні, технологічні й виробничі параметри (чинники), P_y, P_d – режими дії уражаючих чинників (підсилюючі та доповнюючі, див. рисунок 3). При цьому вимагається не стільки знайти проектно-технологічно-виробничі чинники (ПТВЧ) P^* та режими дії уражаючих чинників (РДУЧ) P^* , що доставляють максимум ТТХ T^* :

$$P^*, \Pi^* = \arg \max_{P, \Pi \in \Omega} T(P, \Pi); \quad (4)$$

а визначити те поєднання ПТВЧ та РДУЧ, що, по-перше, дає достатньо високий рівень ТТХ, а, по-друге, при деякому незначному збуренні P і Π не призводить до різкого зниження $T = T(P, \Pi)$. Цим самим декларується прагнення до визначення не стільки оптимального, скільки стійко переважного раціонального проектно-технологічного рішення. На відміну від традиційних підходів, даний підхід адаптований до умов реального проектування, технологічної підготовки й виробництва ЛБМ та забезпечення їхніх ТТХ і передбачає можливість інтеграції у реальні процеси проектування й ТПВ. У результаті розв'язання комплексу описаних задач розроблено конкретні рекомендації щодо обґрунтування проектно-технологічних параметрів низки бойових машин.

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. Проведений на цій основі 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.

У ході експериментальних досліджень всі результати числових розрахунків підтвердили свою точність. Було також підтверджено обґрунтованість розроблених на їх основі рекомендацій, причому як при полігонних випробуваннях, так і в ході експлуатації та бойового застосування ЛБМ.

Література.

1. [Кучинский А.В.](#) Метод оценки демпфирующих устройств взрывной защиты боевых бронированных машин / А.В. Кучинский, М.И. Васьковский, И.Б. Чепков [и др.] // [Артиллер. и стрелковое вооружение](#). – 2007. – № 1. – С. 3-8.
2. [Чепков И.Б.](#) Принципы и методы решения проблемы повышения защищенности и живучести ББМ с использованием защитных устройств динамического типа / И.Б. Чепков, М.И. Васьковский, А.Н. Неговский // [Артиллер. и стрелковое вооружение](#). – 2006. – № 1. – С. 11-16.
3. [Чепков И.Б.](#) Модель обоснования технических решений защитных устройств боевых бронированных машин / И.Б. Чепков // [Артиллер. и стрелковое вооружение](#). – 2011. – № 4. – С. 42-46.
4. 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.
5. Основы обобщенного параметрического описания сложных механических систем / Н.А. Ткачук, А.Д. Чепурной, Г.Д. Гриценко [и др.] // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. – 2007. – №9(115), част. 1. – С. 196-205.
6. Конечно-элементные модели элементов сложных механических систем: технология автоматизированной генерации и параметризованного описания / Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, А.Д. Чепурной [и др.] // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2006. – № 1. – С. 57–79.
7. Моделирование физико-механических процессов в корпусах легкобронированных машин: подходы, модели, эффекты / С.Т. Бруль, Н.А. Ткачук, А.Ю. Васильев [и др.] // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – № 1. – С. 66-73.
8. Литвиненко А.В. 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 [и др.] // Вестник Брянского государственного технического университета. – Брянск: БГТУ, 2014. – № 4(44). – С.114-124.

Заболотний М. А.; Давиденко М. О.; Куліш М.П., Кузьменко М.О.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

БАГАТОШАРОВЕ ПЛІВКОВЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВІДБИТТЯ СВІТЛА

Метою розробки є створення покриття твердо тільних конструкцій для мінімізації їх коефіцієнтів відбиття та оптимізації актуальної індикатриси розсіювання зондуючи електромагнітних хвиль у оптичному діапазоні.

Пропонується модифікація розробки [1] по створенню тонких багатошарових плівкових покриттів на полімерній основі з використанням нанокompозитів для зменшення відбиття електромагнітних хвиль оптичного діапазону та корекції індикатриси розсіювання світла.

Метою роботи було зменшення можливості індикації та цільонаведення за допомогою оптичних радарів при визначенні координат великогабаритних об'єктів та механізмів.

В результаті виконання робіт було проведено відповідні дослідження та створено зразки (24*36 мм) з трьохшаровою плівкою на основі полімерних сполук нанесених на металізований струмопровідний шар, розміщений на недеформовану скляну підкладку. Товщина полімерного покриття була в межах 3 – 5 мкм. Зміна оптичної густини шарів забезпечувалася зміною концентрації сенсibiliзуючих домішок. Оптична густина шарів зростала при віддаленні від вільної поверхні. На вільній поверхні створювалася хаотична деформація за рахунок нанесення поверхневого електричного заряду та наступного підігріву до температури плавлення. Амплітуда поверхневої деформації не перевищувала 0,1 – 0,05 мкм. Нанесення покриттів забезпечувало зменшення коефіцієнту відбиття на 30 – 40 % (в залежності від довжини світлової хвилі). Оптичні виміри проводилася на базі заводу Арсенал (м.Київ).

Дослідження є розвитком робіт хоз договірних тем Київського національного університету імені Тараса Шевченка 1989 – 1991 роках з інститутом Медико – біологічних проблем та об'єднанням Астрофізика (м. Москва).

Продовження робіт може бути реалізовано за участю співробітників фізичного та хімічного факультетів на протязі 2015 – 2017 років для визначення оптимальних середовищ для створення багатошарових плівок з градієнтами оптичної густини, коефіцієнтів поглинання та індикатрис розсіювання від композитних середовищ з шорсткою поверхнею, а також для вимірів коефіцієнтів відбиття електромагнітних хвиль в оптичному діапазоні.

Література.

1. Заболотний М. А., Давиденко М. О. Багатошарове плівкове покриття для зменшення відбиття світла. Матеріали заходу "Науково – технологічне забезпечення оборонного – промислового комплексу України", 14.09.2014. Київ, 61

Бедюх О.Р., Сандраков Г.В., Дробков М.Є.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЕФЕКТИВНЕ НВЧ РАДІО-ПОГЛИНАЛЬНЕ ПОКРИТТЯ

Вступ

При сучасному розвитку і експлуатації радіотехнічних систем виникають проблеми електромагнітної безпеки. Тривалий і регулярний вплив електромагнітного випромінювання (ЕМВ) негативно впливає на організм людини. Не менш важливою є задача зменшення впливу ЕМВ на технічні пристрої, особливо у зв'язку з різким зростанням кількості джерел ЕМВ (зв'язок, побутова техніка, інформаційні системи та інше).

Сучасні дослідження радіо-поглинальних покриттів (РПП) пов'язані як з розширенням застосовуваного діапазону електромагнітних хвиль, так і з пошуком технічних рішень по створенню тонких і широкосмугових РПП.

Пропонуються розробка радіо-поглинального покриття на основі металевих плівок нанометрової товщини зі штучно створеною структурою електропровідних острівків (мета-матеріал). Перевагою такого покриття є мала товщина і широка смуга поглинання електромагнітного випромінювання (в 2-5 разів більша ніж у сучасних аналогів при тій же товщині).

Методика експерименту та розрахунку

Дослідження радіопоглинаючих властивостей проводилися за допомогою вимірювальних стендів створеного на базі вимірювачів КСХН панорамних Р2-61, Р2-65, Р2-68, Р2-69.

Виміри проводилися у відрізках прямокутних хвилеводів з поперечним перерізом:

28 × 12 мм для 3 см діапазону (8-12 ГГц),
 7,2 × 3,4 мм для 8 мм діапазону (26-37 ГГц),
 5,2 × 2,6 мм для 6 мм діапазону (40-52 ГГц),
 3,6 × 1,8 мм для 4 мм діапазону (53-79 ГГц)
 та для 8 мм діапазону в вільному просторі.

Для вимірювань використовувалось зразки з товщиною золотого покриття 8 нм, 10 нм, 15 нм, 20 нм.

Для зміни відстані між зразком та короткозамикачем використовувався набір пінопластових пластинок з точно визначеною товщиною від 0,1мм до 1,5 мм.

Розрахунок базувався на вирішенні задачі відбиття та поглинання багатошаровою діелектричною структурою з урахуванням теоретичного значення коефіцієнта відбиття напівпрозорою металевою плівкою.

Отримані експериментальні результати

Наведемо тільки кращі по поглинальним властивостям результати.

На рисунку 1 наведені експериментальні результати у прямокутному хвилеводі 7,2 × 3,4 мм в 8-мм діапазоні для плівки товщиною 10 нм, відстань

від короткозамикача дорівнювала 0,9 мм та їх порівняння з розрахунком, виконаним без урахування острівкового характеру плівки.

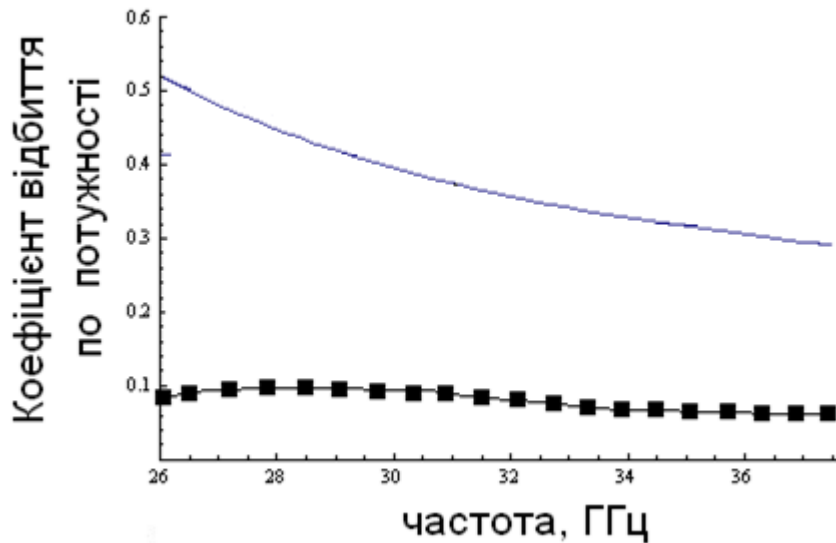


Рисунок 1 - Експериментальні (крива з проставленими значками) і розрахункові залежності значення коефіцієнта відбиття за потужністю від частоти для зразка із плівкою золота товщиною 10 нм.

На рисунку 2 наведені експериментальні результати у прямокутному хвилеводі 28×12 мм в 3 см діапазоні для плівки товщиною 10 нм, відстань від короткозамикача дорівнювала 1,5 мм та їх порівняння з розрахунком, виконаним без урахування острівкового характеру плівки.

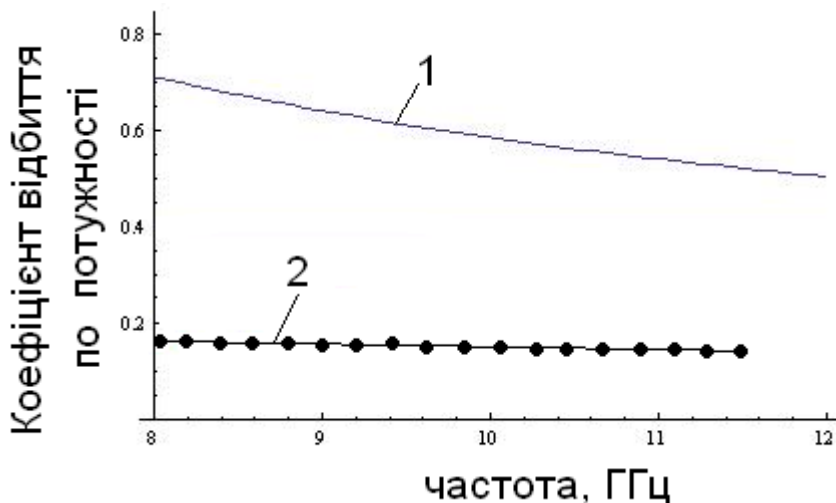


Рисунок 2 - Експериментальні (крива 2) і розрахункові (крива 1) залежності значення коефіцієнта відбиття за потужністю від частоти для зразка із плівкою золота товщиною 10 нм.

Поглиналильні та відбиваючі властивості покриттів пов'язані з впливом розмірних ефектів на їх резистивні властивості. Було отримано (дивись рисунки 1 та 2) 80-90% поглинання енергії падаючого електромагнітного випромінювання в 8-мм та 3 см діапазонах довжин хвиль для покриттів, які

містили тільки один шар металу з високою провідністю, заданою структурою острівків та товщиною близько 10 нм.

Отримані результати демонструють що при створенні теоретичної моделі радіопоглинального покриття потрібно враховувати наявність штучно створеної структури електропровідних острівків. Тобто, поглинальні та відбиваючі властивості покриттів пов'язані з впливом розмірних ефектів на їх резистивні властивості, що є ознакою мета-матеріалу.

Стан розробки

Запланована участь в розробці представників факультету кібернетики для створення математичної моделі покриттів, яка б дала можливість проектувати покриття із заздалегідь заданими властивостями.

Будуть створені лабораторні зразки радіо-поглинальних покриттів на основі нанорозмірних шарів металів зі складною конфігурацією електропровідних зон (мета-матеріали).

Буде створена математична модель процесів взаємодії електромагнітного випромінювання зі складною системою шарів, що включатиме нанорозмірні шари металів зі складною конфігурацією електропровідних зон на підставі диференціальних рівнянь Максвелла. На основі створеної математичної моделі будуть розроблені чисельно-аналітичні алгоритми та програмне забезпечення для розрахунку радіо-поглинальних покриттів.

Будуть відпрацьовані рекомендації по конструкції радіо-поглинальних покриттів оптимізованих по параметрах поглинання (частотна полоса, рівень поглинання) та представлені дослідні зразки покриттів.

Розробка захищена патентом України №93293 та Європейським патентом EP2443914 А. Є додаткове ноу-хау.

Висновки.

Отримані результати показали високий рівень поглинання електромагнітної енергії гетерогенними багат шаровими структурами на основі метал-діелектричних шарів в 8-мм та 3-см діапазонах довжин хвиль в прямокутних хвилеводах та перспективність використання таких структур при конструюванні реальних РПМ.

Проведені розрахунки, при використанні загальноприйнятого підходу для вирішення подібних задач, показали суттєву різницю в порівнянні з отриманими експериментальними результатами. Причому експериментальні результати значно кращі по таким суттєвим показникам як частотна залежність коефіцієнта відбиття та рівень поглинання ЕМВ.

Результати виконання теми можуть бути, зокрема, використані при розробці захисту від підсвічування цілей (наприклад, літаків), що зараз використовується в сучасних системах наведення зенітно-ракетних комплексів (діапазон 5-10 ГГц).

Копань В.С.; Рево С.Л.

Національний університет «Кієво-Могилянська Академія»

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ГАСІННЯ ШИРОКОМАСШТАБНИХ ПОЖЕЖ НА ВЕЛИКИХ ВІДСТАНЯХ

Науково-технічна продукція - пристрій для гасіння пожеж (ПГП) нового покоління можна буде ефективно використовувати для гасіння пожеж на великих (порядку 1 км) відстанях, в безпечному для пожежників режимі.

Розробка дозволяє гасити важкодоступні пожежі: горіння резервуарів нафтопродуктів великої місткості, склади лісових матеріалів, літаків та іншої техніки, що зазнали аварії на аеродромах, корпусів електростанцій тощо.

Гасіння можна здійснювати піною з порошком, збивати полум'я при аварійному горінні нафтових і газових свердловин.

Переваги розробки у порівнянні з аналогами. Найчастіше пожежі гасять струменями води, піни або порошку, довжина яких мала: з ручного стволу вона становить 10 м, лафетного – 35 м [1, 2]. Широко використовують воду, бо дальність компактного водяного струменя досягає 70-80 м [3]. Однак, при гасінні вуглеводнів водою є проблеми – вона тоне, в керосині, наприклад, горіння продовжується на поверхні води. Тому для гасіння важкодоступних пожеж використовують багатоствольні артилерійські установки імпульсного пожежегасіння [4]. Вони мають 30-50 стволів, об'єднаних в модулі з 3-4 стволів, в кожному є патрон з порошком, порохом, капсулем і електрозапальником. Порошок вилітає з патрону струменем. Загальним недоліком винаходів-аналогів є мала дальність. Крім того, пристрої-аналоги є небезпечними, особливо у випадку гасіння важкодоступних пожеж порошком і піною. Пристрій запропонованої розробки не має зазначених недоліків. Він дозволяє гасити масштабні пожежі на відстанях 1 км і більше.

Стадія готовності. Модель розробки доступна для демонстрації. Розробка знаходиться в стані патентування.

Бажані партнери: УКР НДІ Цивільного захисту (Україна); Інститут геохімії навколишнього середовища (Україна). Від партнерів очікуємо допомоги у виготовленні дослідно-промислового зразка пристрою.

Джерела інформації:

1. Шувалов М.Г. Основы пожарного дела, М., Стройиздат, 1983, 400 с.;
2. Саратов А.Н., Вогман Л.П. Огнетушащие порошковые системы, М. Стройиздат, 1982, 72 с.;
3. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В., Зеркалов Д.В., Сатано Р.В., Полікарпов О.І., Коз'яков В.С., Мітюк Л.О. Основы охраны труда, Київ, «Основа», 2006, 445 с.;
4. Базовой О.Ф., Дмитрієв Ю.В., Прилипко А.В., Черніков В.П., Юрченко Е.Г. Багатоствольна артилерійська установка імпульсного пожежегасіння, (19) UA, (11)72150, (13)A, (51)МПКА62С 39/00, Бюл. №1, 2005.

Рево С.Л.; Копань В.С.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка;
Національний університет «Києво-Могилянська Академія»*

СПОСІБ ТА ПОБУТОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ І СТРУКТУРУВАННЯ ВОДИ

Спосіб очищення та структурування води полягає в її заморожуванні в ємності і розморожуванні чистого льоду. При цьому заморожування води зупиняють, коли досягає наперед заданої величини електроопір ділянки льоду, що прилягає до поверхні води з домішками. Воду з домішками виливають з ємності до її заморожування, лід розтоплюють теплом навколишнього середовища і одержують чисту воду, яку додатково молекулярно структурують, пропускаючи її ламінарним потоком через капіляри.

Пристрій для очищення води одноразовим заморожуванням, має стандартну поліетиленову ємність з пробкою внизу, а на нижню частину ємності одягнуто теплоізолюючу оболонку.

В пробку вмонтовано:

а) два рухомі вздовж вісі ємності посріблені електроди для вимірювання електроопору льоду, робочі ділянки яких знаходяться у воді на висоті, до якої заплановано заморожувати воду з можливістю вморожування ділянок в лід, а кінці провідників електродів приєднані до омметра;

б) трубку з діамагнітного матеріалу і запірним краном для випуску чистої води, заповнену, наприклад, капроновими волокнами з металевим, наприклад, срібним покриттям і графітовими волокнами, що електроконтактують між собою і розташовані паралельно вісі трубки, на якій зовні укріплено магніт.

Пристрій забезпечує очищення питної води та відділення чистої води, корисної для здоров'я, від води, шкідливої для здоров'я.

Переваги розробки:

- зручність використання пристрою в домашніх побутових умовах;
- простота виготовлення пристрою та ефективність очищення води від мікроорганізмів;
- корисніше за кип'ятіння молекулярне структурування води шляхом пропускання її крізь капіляри.

Стадія готовності: Розробка доступна для демонстрації.

Бажаний партнер: Інститут геохімії навколишнього середовища (Україна). Від партнерів очікуємо допомоги у виготовленні креслень та конструкторської документації для пристрою.

Схема пристрою для очищення і структурування води наведена на рис.1.

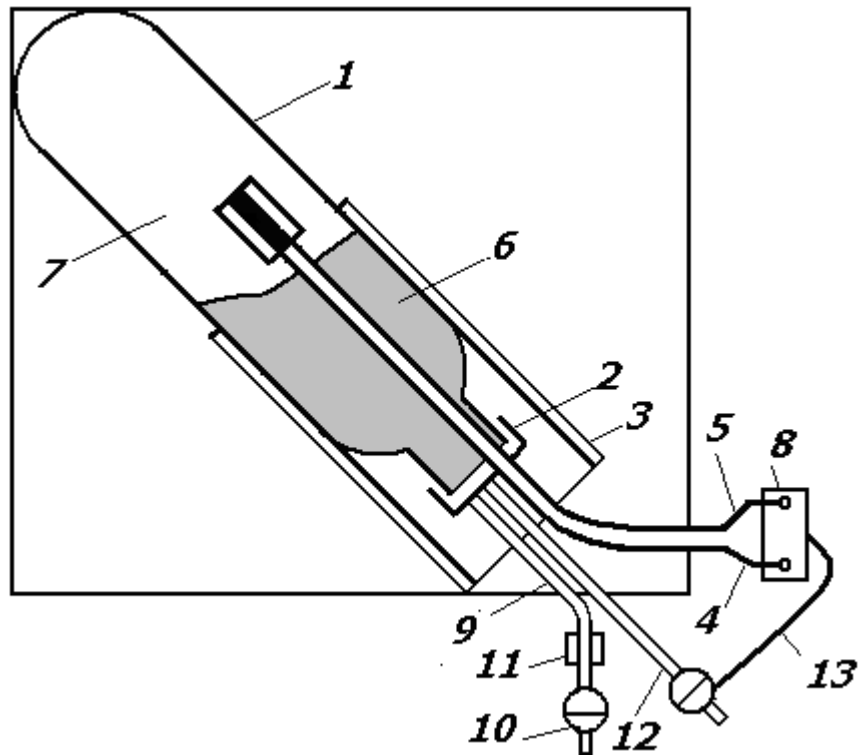


Рис. 1. Схема пристрою для очищення і структурування води
 1- ємність, наприклад, пластмасова пляшка, об'ємом 1,5 літра, 2 - пробка, 3 - теплоізолююча оболонка, 4, 5 – посріблені електроди, 6 - вода, що заморожується, 7 - лід, 8 – омметр, 9 – трубка з капілярами, 10 – запірний клапан, 11 – магніт, 12 – трубка для випуску води з домішками, 13 – провідники.

Осадчий Є.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

БІОМЕХАНІЧНИЙ РОБОТИЗОВАНИЙ «ЕКЗОСКЕЛЕТОН» БАГАТОЦІЛЬОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Короткий опис

Загальною тенденцією розвитку елітних підрозділів сучасної професійної армії є орієнтація на підсилення, в першу чергу, фізичних опорно-рухових можливостей особового складу. Цю проблему намагаються вирішити шляхом застосуванням мобільних роботизованих пристроїв класу «exoskeleton» (EXS). Вони вже є в якості штатного спорядження передових армій світу. Вітчизняні роботизовані біомеханічні ЕКС, вперше в світі, були сертифіковані до медичного застосування. Саме завдяки трансформуючим властивостям конструкцій вони є багатоцільовими багатофункціональними (наприклад, можуть одночасно використовуватись і як професійні тренажери, мати індивідуальне чи багато розмірне виконання, то що). Разом з тим, ЕКС є цілком конкурентоздатними, по функціональності, до існуючих закордонних аналогів суттєво переважаючи їх за співвідношенням показника «ціна-якість». Така перевага пояснюється використанням трансформерних технологій на всіх етапах життєвого циклу ЕКС. Наприклад, модульність та відкритість архітектури конструкції дозволяє легко тиражувати їх базові конструктивні елементи-трансформери (БКЕ). Разом з власними та запозиченими зовнішніми модулями вони здатні утворювати корисні гібридні конструкції. Головне, що вже існуючі БКЕ є придатними для тиражування та є доступними та корисними в вирішенні перерахованих задач ЕКС. Єдине, в чому ЕКС можуть поступатись аналогам, це ергономічність, дизайн та комфорт. Розробка має високий рівень захищеності інтелектуальної власності (ноу-хау, патенти на винаходи, міжнародне визнання то що), проблемно-зорієнтовану сертифікацію з дозволом серійного виробництва та є відкритою для розширення сфери застосування.

Опис бажаного партнера.

Тип бажаного партнера – організації (переважно науково-дослідні), які можуть брати участь у методичному(інструктивному) забезпеченні, розробці та виробництві нових зразків БКЕ та ЕКС. Шукаємо проблемно-зацікавлених, бізнесових та промислових партнерів.

Стан розробки

Розробка виконується на факультеті кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка в рамках прикладної бюджетної теми. Існують діючі дослідні зразки ЕКС придатні для вирішення основних опорно-рухових проблем військ спеціального призначення. Ведуться дослідження для можливості їх застосування при вирішенні специфічних завдань. Планується продовження виконання розробки в рамках нової прикладної бюджетної теми впродовж 2015 року, та в рамках безоплатного договору про співпрацю з Інститутом озброєння МО України

вздовж 2013-2016 років. Бажана участь в розробці представників механіко-математичного, хімічного, біологічного факультетів для покращення експлуатаційних параметрів БКЕ та модулів проблемно-зорієнтованих ЕКС. Результати виконання теми можуть бути, зокрема, використані при розробці ЕКС нових поколінь для розширення сфери їх можливого застосування.

Контактна інформація:

Осадчий Євген Олександрович, с.н.с., факультет кібернетики, тел. 2590427, моб. тел. 0675017213, e-mail: skeleton

Горбунов Олег Андрійович, с.н.с., факультет кібернетики, тел. 2590427, e-mail: gorol21@bigmir.net

Байгер В.М. , Буй Д.Б. , Коляда С.В. , Картунов В.І., Харченко В.С.

АРАЙКО (Артіфішел Ай енд Когнішн),

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

АРАЙКО (Артіфішел Ай енд Когнішн),

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ В КОЛЕКТИВНІЙ РОБОТІ ПІШИХ, МОБІЛЬНИХ І ПОВІТРЯНИХ СЕГМЕНТІВ ПІДРОЗДІЛІВ ЗСУ ТА СИЛ БЕЗПЕКИ

Вступ

Досвід бойових дій на сході України, набутий з весни 2014 року, інших нещодавніх конфліктів і надзвичайних подій у світі наглядно демонструє цінність відеоінформації реального часу з прив'язкою до геоінформаційних даних для спостереження, аналізу, оцінки подій, організації реагування і контролю виконання.

В Україні одним із нагальних пріоритетів є забезпечення відеоінформації реального часу з прив'язкою до геоінформаційних даних від багатьох рухомих джерел (окремих бійців, транспортних засобів, малогабаритних безпілотних дронів/літаків, коптерів тощо) і доставкою її до єдиного командного (ситуаційного, диспетчерського) центру на централізоване робоче місце уповноваженого офіцера. Очевидно, це сприятиме значному якісному покращенню планування і керування на полі бою, забезпечення реагування на події на ділянках державного кордону, на контрольованих об'єктах критичної інфраструктури і т. і.

Між тим, інформація із відкритих джерел показує переважне використання на практиці в Україні наявних «під рукою» індивідуальних засобів відеоспостереження, таких як:

- носимі/возимі автономні відеореєстратори, що взагалі не забезпечують відео реального часу для віддаленого командного (ситуаційного, диспетчерського) центру, опрацювання відео від яких призводить до значних обсягів ручної роботи, великої непродуктивної втрати часу;

- відеоконспекти «точка-точка», коли окрема відеокамера встановлена на малогабаритному безпілотному дроні/коптері, а робоче місце оператора реалізоване на планшетному комп'ютері, та аналогічних «неколективних» рішень.

В даному повідомленні запропоновано рішення саме для колективної роботи, що забезпечує централізоване робоче місце уповноваженого офіцера командного (ситуаційного, диспетчерського) центру безперервною відео та аудіоінформацією реального часу з прив'язкою до даних геолокації,

тривожною кнопкою від багатьох рухомих джерел (окремих бійців, транспортних засобів, малогабаритних дронів / літаків, коптерів підтримки).

Стан розробки і завдання для вирішення

Назвемо запропоноване рішення рухомою колективною відеосистемою (РКВ).

Попередньо готовність РКВ можна оцінити на рівні 80-90%, оскільки:

- носимий/возимий комплект відеоспостереження (НВКВ) з прив'язкою до даних геолокації, передачею аудіо, тривожною кнопкою, здатністю утримувати безперервне з'єднання з мобільною мережею 3G, акумулятором великої ємності, програмною системою керування відеоінформацією (що, забезпечує звичний інтерфейс робочого місця оператора відеоспостереження) є комерційно доступним (див. нижче). Зразок комплекту можна отримати у авторів;

- в Україні наявний великий вибір малогабаритних безпілотних дронів / літаків, коптерів (в тому числі розроблених Національним аерокосмічним університетом ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»);

- в Україні наявні мобільні мережі 3G.

До питань РКВ, що ще належить вирішити, можна віднести:

- інтеграцію вищезазначених основних компонентів з урахуванням вимог конкретних замовників і доведення системи до рівня готового продукту;

- забезпечення захищеності передачі даних в мобільних мережах 3G (де це доцільно);

- забезпечення логістики і технічного обслуговування, навчання користувачів.

Типові сценарії застосування РКВ

З метою стислого донесення смислу пропозиції даного повідомлення розглянемо загальні типові, поки гіпотетичні, приклади застосування РКВ в практичних сценаріях.

Застосування РКВ на ділянці відповідальності підрозділу Збройних Сил України в зоні АТО (надалі – сценарій ЗСУ).

Вихідні дані. Підрозділ ЗСУ має обладнаний командний пункт, в якому розгорнуто централізоване робоче місце оператора РКВ. Підрозділ знаходиться в зоні мобільного 3G покриття. Підрозділ оснащений бойовими транспортними засобами, малогабаритними безпілотними дронами/літаками і коптерами. Командування підрозділу отримало повідомлення про підготовку нападу противника на свою ділянку відповідальності і з цією метою планує належні заходи. Кожний боєць підрозділу, транспортний засіб, дрон і коптер підтримки оснащуються окремим комплектом НВКВ.

Сценарій застосування. В час Ч вмикаються комплекти НВКВ кожного бійця, на транспорті, дронах і коптерах підтримки, практично в реальному

часі вони підключаються до мобільної 3G мережі, відповідні відеопотоки подаються на централізоване робоче місце оператора в командному центрі.

Кожний комплект НВКВ одночасно записує аудіо і відео як локально (у найвищій роздільній здатності зображення, що залежить від характеристик підключеної відеокамери), так і передає в командний центр (при цьому з метою забезпечення безперервності відеопотоку роздільна здатність зображення автоматично адаптується пристроєм до найбільшої доступної ширини смуги передачі, що здатна забезпечити мобільна 3G мережа). Вбудований GPS приймач безперервно забезпечує дані геолокації, завдяки чому оператор в командному центрі бачить розташування носія комплекту НВКВ на комп'ютерній карті.

До офіцера командного центру безперервно надходить відео, аудіо, геоінформація від дронів (надають загальне відеозображення подій з повітря), коптерів (надають більш детальне відеозображення подій згори), транспортних засобів і бійців (надають найбільш детальні наземні відеозображення подій). Під час постійного спостереження, аналізу та оцінки подій офіцер має можливість забезпечити маневрування дронами / коптерами з метою отримання якнайповніших і детальніших даних відео, аудіо, геолокації, зберігати найцінніший ресурс – людей.

В результаті уповноважений офіцер командного центру має змогу правильно і своєчасно проаналізувати і оцінити подію, прийняти рішення і організувати реагування, забезпечити контроль виконання завдання.

Наприклад, в разі поранення босць натискає на корпусі НВКВ тривожну кнопку, доповідає голосом командиру причину тривожного сигналу (засобами як НВКВ, так і штатної радіостанції). Внаслідок офіцер командного центру отримує можливість оперативно і ефективно організувати рятувальну операцію.

Аналогічні сценарії можуть бути застосовані іншими силовими структурами і службами безпеки.

Застосування РКВ на об'єкті критичної інфраструктури, що охороняється підрозділом Національної гвардії України.

Припустимо, підрозділ НГУ охороняє теплоелектростанцію (ТЕС) в місті Щастя (атомну електростанцію тощо). Варіація сценарію ЗСУ може передбачати застосування дронів / коптерів з комплектами НВКВ для патрулювання периметру ТЕС і підступів до неї, протидії ворожим дронам/коптерам (індивідуальне/групове перехоплення, таран, підриг бортового боєзаряду поряд з ворожим дроном / коптером тощо).

Застосування РКВ на ділянці Державного кордону України, що охороняється підрозділом Державної прикордонної служби України (надалі – сценарій ДПСУ).

Підрозділ ДПСУ може застосувати варіацію сценарію ЗСУ для патрулювання ділянки відповідальності, переслідування за допомогою групи дронів / коптерів порушників кордону, протидії ворожим дронам / коптерам (індивідуальне / групове перехоплення, таран, підриг бортового боєзаряду поряд з ворожим дроном / коптером, протидія можливості застосуванню

противником високочастотного електромагнітного імпульсу проти себе шляхом наближення до ворожого дрона / коптера тощо).

Також можливо заздалегідь встановити в місцях ймовірної загрози (які неможливо або недоцільно обладнати стаціонарним відеоспостереженням) стовпи / вежі з майданчиками нагорі для посадки коптерів з бортовими НВКВ. В разі вірогідності проявлення загрози можливо висаджувати на стовпи / вежі коптери з бортовими НВКВ для організації локального спостереження.

Застосування РКВ на ділянці магістрального газопроводу, що охороняється підрозділом безпеки НАК «Нафтогаз України».

Підрозділ ДП «Нафтогазбезпека» НАК «Нафтогаз України» може застосувати варіацію або комбінацію сценаріїв ЗСУ і ДПСУ з метою патрулювання магістральних газопроводів, моніторингу станцій катодного захисту для недопущення викрадання або пошкодження обладнання тощо.

Можливості сучасної безпілотної авіації

Відповідно до нових завдань і викликів, які постають для безпілотної авіації та РКВ, слід визначити тенденції розвитку та можливості сучасних апаратів. Вони ілюструються результатами аналізу більш як ста різних зразків безпілотників, які були представлені на першій за такими масштабами і цільовим призначення виставці International Drone Expo 2015 у Японії (Макухарі Мессе – Чіба, 20-22 травня 2015 року <https://www.youtube.com/watch?v=-2NprerJHug>,

<http://www.gettyimages.com/detail/news-photo/booth-attendant-attaches-a-panasonic-corp-lumix-dmc-gh4-news-photo/474162542>).

Важливість цієї тематики підкреслюється щільністю таких заходів. Наступна виставка відбудеться у Лос-Анжелесі, 11-12 грудня цього року <http://www.intdroneexpo.com>.

Ще одна виставка і конференція планується у Лас-Вегасі, США з 9 по 11 вересня цього року <http://www.interdrone.com>.

На виставці у Японії було представлено понад 50 компаній розробників різних типів безпілотників, починаючи з надмініатюрних і закінчуючи більш потужними та багатофункціональними. Важливість цього заходу підкреслюється тим, що інформацію про нього було надано на перших шпальтах такого таблоїда як The Wall Street Journal <http://www.wsj.com/articles/photos-japans-first-international-drone-exhibition-underway-1432182242>.

Серед екзєбиторів були такі компанії як Autonomous Control Systems Laboratory Ltd, Mini Surveyor, Kaiteki Kukan, Technology Affeciaent Allabout Design, NEXCO та інші.

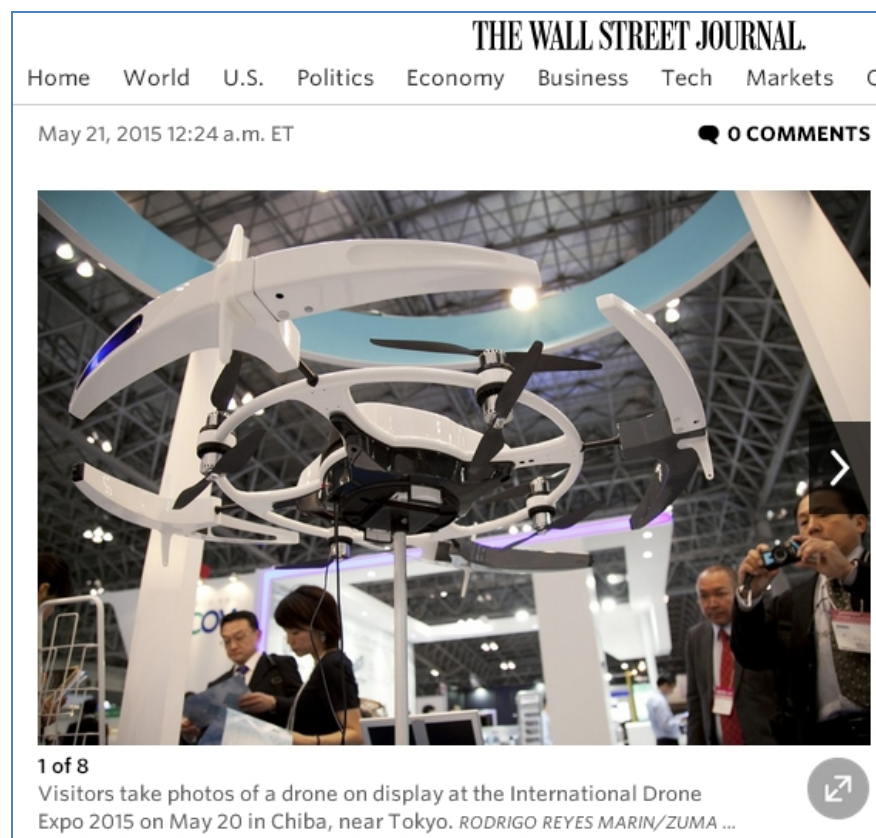


Рис. 1. Зразки БПЛА на виставці International Drone Expo 2015

Основні тенденції розвитку безпілотників за результатами аналізу експонатів можна визначити такі:

- кількість різновидів апаратів і їх спеціалізація зростає відповідно до збільшення кількості областей застосування;
- удосконалення відеосистем є одним з головних напрямів розвитку разом з їх автономізацією, використанням надсучасних джерел живлення;
- активний розвиток нормативної бази, перш за все, стосовно безпеки використання; Japan UAV Association www.luav.org, яка заснована більше 10 років тому, розробила низку таких стандартів.

Слід відзначити, що сучасні відеосистеми безпілотників, що були представлені, наприклад, компанією PhotoScan, забезпечують отримання

високоякісного відео і 3D знімків у реальному часі, а також їх обробку з використанням Virtual Surveyor Tools.

Розробки лабораторії КБ АВІА

Створюючи принципово нові зразки дронів, багато розробників удосконалюють існуючі рішення, досягаючи більшого терміну і ступеня автономності польоту, можливості інтеграції з різними каналами зв'язку від модемів точка-точка до 4G мереж. Прикладом є один із дронів, створений у лабораторії КБ АВІА, який може застосовуватися як для відеоспостереження, так і для аерофотографування. На борту цього апарату встановлено систему управління, розроблену і випробувану у різних умовах застосування. Можливості цієї системи не поступаються кращим зразкам, вироблених у Китаї, США і ФРН.

Основні можливості означеного дрона:

- автоматичний старт і посадка на ділянці 5х5 м;
- функціональний захист апарату – автоматичне повернення у точку старту при втраті зв'язку із землею та критичному зниженні електроживлення, збільшення дальності у зоні польотів,;
- оперативне втручання оператора у виконання місії і зупинка апарату у потрібній точці польоту з подальшим його продовженням;
- наявність у системі управління давачів безпечного польоту і посадки.



Рис. 2. БПЛА мультироторного типу, розроблений у КБ АВІА (ХАІ)

На цьому апараті встановлено відеосистему спостереження у гіростабілізованому підвісі для підвищення якості відеокадрів. Крім того, оператор може змінювати лінію візування камери і деталізувати область розвідки.

Стислий опис комплекту НВКВ

Загальний опис і специфікацію комплекту НВКВ можна знайти за посиланнями:



Висновки

Їх створення може бути пришвидшено за рахунок використання напрацювань КБ АВІА.

Кравців М.М., Бойчук В.І., Пелешак Р.М., Кравців М.М., Станько М.Г.
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

ОПТОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

В роботі представлено результати досліджень фоточутливих органічних напівпровідників класу похідних дифенілу на предмет подальшого їх використання в сенсорах інфрачервоного випромінювання. Аміноціандифеніл має значну фотопровідність, але піроефект практично відсутній. Похідні сполуки акридину проявляють значну фотопровідність і помітний піроефект, який залежить від зовнішнього електричного поля. Найбільш цікавим виявився органічний напівпровідник 4-нітро-4'-амінодифеніл, для якого вдало поєднуються фотопровідність, фотоелектретний стан і піроефект, величина якого не залежить від зовнішнього електричного поля і тетраамінодифеніл. Вибір даного матеріалу обумовлений також тим, що для нього фотопровідність і піроефект перекриваються в деякій області спектру. Це дає можливість проводити дослідження піроелектричних властивостей при наявності фотоелектретного стану в різних ділянках спектрального діапазону, а також досліджувати закономірності чистого піроефекту в інфрачервоній області.

Молекула 4-нітро-4'-амінодифенілу містить дві гетерогрупи: сильну акцепторну NO_2 і донорну NH_2 . В основному стані вона володіє дипольним моментом 6,4 Д, а в першому синглетному збудженому стані – біля 20 Д, тобто молекула полярна як в основному, так і в збудженому станах.

Дослідження піроелектричного коефіцієнту динамічним методом дають величину біля $3 \cdot 10^{-10}$ Кл/К·см².

Таким чином, досліджуваний органічний напівпровідник володіє добрими піроелектричними параметрами. Одержані технічні характеристики піроелементів вказують на можливість їх практичного використання в якості приймачів випромінювання. Володіючи унікальними піроелектричними характеристиками дані елементи характеризуються рядом інших фізичних властивостей, що дає можливість, зокрема, вивчати взаємодію фотоелектретних і піроелектричних явищ.

Зразки тонких плівок органічних поліциклічних сполук виготовлялися у вигляді сендвіч-комірок, які одержувались послідовним нанесенням на підкладки (кварц, сітал, полімерні плівки) термічним випаровуванням у вакуумі нижнього електрода, органічної речовини і верхнього електрода. Робоча область зразків відповідає області перекриття нижнього і верхнього алюмінієвих електродів і становить $25 \cdot 10^{-8}$ - $16 \cdot 10^{-6}$ м², а товщина фоточутливого піроелектрика (фотопіроелектрика) – 0,5-1,0 мкм.

Опромінення чутливих елементів фотопіроелектриків проводилося від монохроматора ЗМР-3, на вхідну щілину якого падало світло від ксенон-криптонової лампи марки ДКСШ-1000 і абсолютно чорного тіла. Кінетика

піроефекту і ФЕС досліджувались при допомозі електрометричного підсилювача У5-9 і осцилографа С1-69.

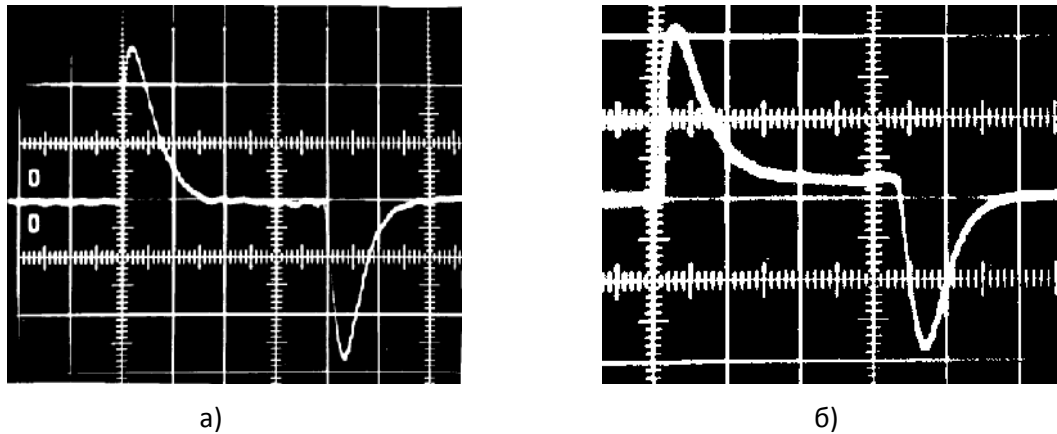


Рис.1. Осцилограма піроелектричного струму в тонких плівках фоточутливого піроелектрика 4-нітро-4'-амінодифенілу при стрибкоподібному опроміненні світлом з довжинами хвиль: а) $\lambda=1000$ нм, б) $\lambda=380$ нм.

На рис.1а представлена кінетика піроефекту при стрибкоподібному опроміненні світлом з довжиною хвилі $\lambda=1000$ нм. Слід зазначити, що при цьому фотопровідність відсутня. Рис.1б відтворює типову картину кінетики піроефекту і створеного під дією піроелектричного поля ФЕС при стрибкоподібному включенні опромінення із області власного поглинання ($\lambda=380$ нм). Криві зліва на рисунках 1а і 1б відповідають включенню, а криві справа – виключенню випромінювання. Маштаб часу по осі абсцис – 0,1 с на одну велику поділку, а по осі ординат – 0,5 В (рис.1а) і 0,01В (Рис.1б). Як видно з Рис.1б, при включенні випромінювання час росту амплітудного сигналу піроелектричного ефекту більший, ніж при включенні, а час релаксації до нуля піроелектричного ефекту при включенні випромінювання менший ніж при виключенні.

Ці явища можна пояснити наступним чином. При включенні світла має місце піроефект і одночасно з ним виникає фотострум, за рахунок якого створюється ФЕС. Це зумовлює збільшення часу росту амплітудного значення піроелектричного сигналу аж до моменту швидкого його спаду.

При виключенні світла кількість нерівноважних носіїв різко зменшується, а під дією піроелектричного поля створюється часткова поляризація, яка протидіє піросигналу. Крім цього, при виключенні світла сигнал піроефекту проявляється на фоні залишкового поля ФЕС, яке має такий же напрям, як і поле піроелектрика. Тому амплітудне значення сигналу піроелектричного ефекту досягається раніше, а падіння його до нуля проходить повільніше, ніж при включенні світла.

Із вище сказаного випливає, що кінетика піроелектричного ефекту у фоточутливих піроелектричних приймачах випромінювання спотворюється ФЕС при стрибкоподібному включенні опромінення. Це спотворення

особливо проявляється в області великих довжин хвиль, при яких спостерігається максимальна fotocутливість. Аналіз показує, що вплив утвореного під дією піроелектричного поля ФЕС на кінетику піроефекту необхідно враховувати при імпульсному опроміненні і при малих частотах модуляції.

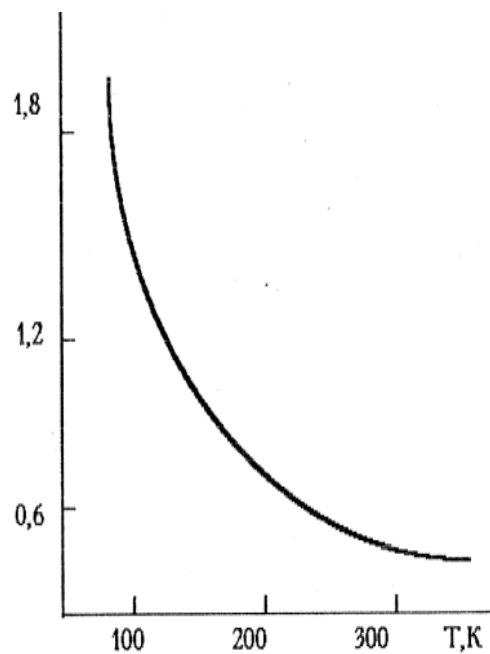
Крім цього, слід відмітити, що утворення ФЕС під дією піроелектричного поля може зіграти і позитивну роль при дослідженні і створенні багатофункціональних структур піроелектрик-фотопровідник.

На основі вищезгаданої технології і методологічних засад апробації отриманих результатів ми розробили піроелектричний приймач інфрачервоного випромінювання, який показаний на рис.2.

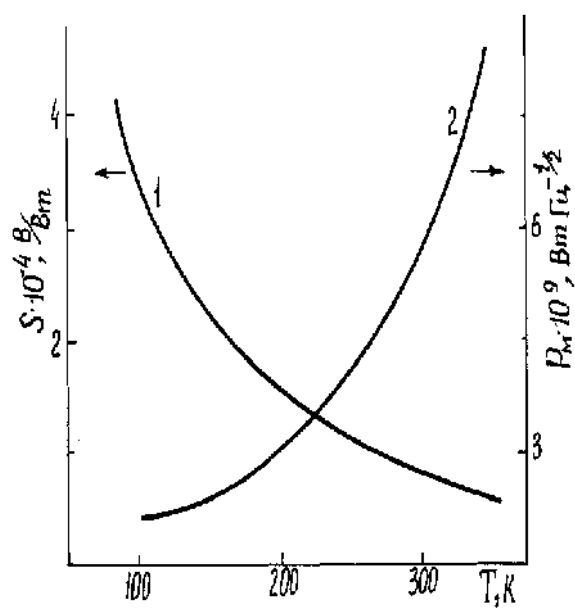


Рис.2. Піроелектричний оптоелектронний перетворювач.

Були проведені експериментальні дослідження електрофізичних характеристик створених піроелектричних приймачів інфрачервоного випромінювання. Основні експлуатаційні характеристики новоствореного піроелектричного перетворювача є представлені на рисунках.



$D^*, 10^8 \text{ cm Bт}^{-1} \Gamma\text{ц}^{1/2}$



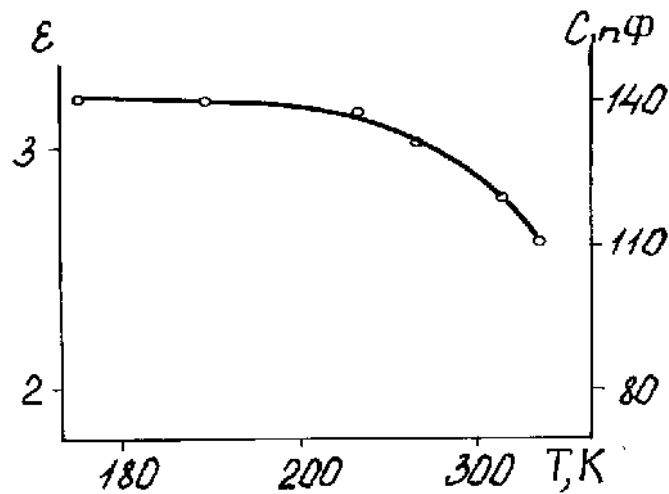


Рис.3. Температурні залежності основних технологічних параметрів піроелектричних оптоелектронних перетворювачів

Дослідження піроелектричного коефіцієнту динамічним методом дають величину біля $3 \cdot 10^{-10}$ Кл/К·см². Питома виявна здатність приймача, чутливим елементом якого є органічна плівка товщиною $5 \cdot 10^{-7}$ м, становить 10^7 - 10^8 Вт⁻¹·см·Гц^{1/2}. На частоті модуляції потоку випромінювання 20 Гц поріг чутливості при температурі 300 К складає $5 \cdot 10^{-9}$ Вт·Гц^{-1/2}, а максимальна вольт-ватна чутливість 10^4 В/Вт.

В результаті проведених дослідно-технологічних випробувань розроблені наукові засади основ технології створення елементної бази сенсорів фотопіроелектричних багатофункціональних пристроїв оптоелектроніки, які матимуть високі експлуатаційні характеристики і будуть значно дешевшими у порівнянні із зарубіжними аналогами. Дані пристрої використовуватимуться для потреб радіоелектронної галузі України і впроваджуватимуться у системах пожежної та охоронної сигналізації, вугільній промисловості, у системах наведення ракетної техніки, розроблені сенсори стануть елементною базою оптоелектроніки і будуть конкурентоздатними на ринку товарів даного профілю.

Пиза Д.М.; Кононович В.Я., Денека А.А.

Запорожский национальный технический университет;

КП "НПК "Искра"

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОМЕХ

Наиболее сложной задачей обеспечения помехозащищенности РЛС является случай одновременного воздействия активных шумовых помех (АШП) и пассивных помех (ПП). Это определяется следующими факторами.

1. Пространственно-распределенный характер пассивных отражателей разрушает временную корреляцию точечных активных излучателей, что снижает эффективность компенсации АШП. Это порождает задачу формирования классифицированной обучающей выборки, порожденной только активной шумовой помехой [1].

2. Формирование весовых коэффициентов адаптивных фильтров, компенсирующих АШП, разрушает временную корреляцию ПП, что ухудшает обнаружение полезных сигналов на их фоне [2].

3. Использование межпачечной адаптации весовых коэффициентов не позволяет реализовать высокое качество компенсации АШП, что обусловлено сканированием антенны РЛС или перемещением источника АШП на интервале когерентной обработки сигналов [3, 4].

Существующие методы помехозащиты используют либо совместную обработку обеих компонент комбинированной помехи с применением адаптивных антенных решеток, либо используют отдельную двухэтапную процедуру. Учитывая сложность реализации совместной обработки [3], в современных РЛС отечественного производства при воздействии АШП по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны (ДНА) используют отдельную пространственно-временную обработку сигналов.

Целью доклада является сравнительный анализ существующих вариантов построения систем помехозащиты как для формирования направлений дальнейших исследований, так и для разработки новых технических решений для повышения эффективности отечественных РЛС.

Сравнительный анализ существующих вариантов построения систем помехозащиты необходим как для формирования направлений дальнейших исследований, так и для разработки новых технических решений для повышения эффективности отечественных РЛС.

Импортный вариант поставки РЛС 36Д6 отечественного производства на зарубежных рынках вооружений имел высокую конкурентоспособность. Используется в системах ПВО многих стран мира. Поэтому анализ технических решений, обеспечивающих помехозащищенность в условиях воздействия комбинированных помех, целесообразно выполнить применительно к РЛС 36Д6.

Анализ алгоритмов и технических решений

Упрощенная структурная схема системы помехозащиты РЛС 36Д6 представлена на рис.1

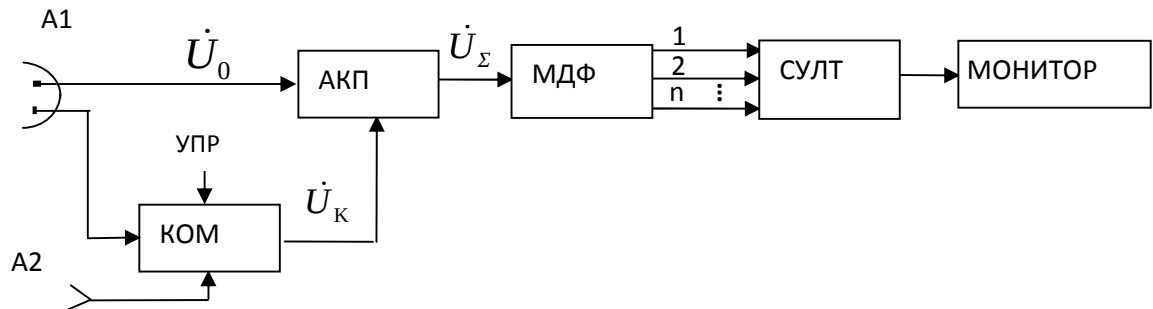


Рис.1 - Структурная схема системы помехозащиты РЛС 36Д6М

Система помехозащиты обеспечивает компенсацию АШП, действующей как с направления боковых лепестков, так и с направления главного луча диаграммы направленности антенны. Это реализуется путем адаптивного подключения коммутатором (КОМ) к компенсационному входу автокомпенсатора помех (АКП) либо всенаправленной антенны А2, либо дуально-поляризованного канала основной антенны А1. В качестве элемента адаптации пространственного или поляризационного фильтра в РЛС 36Д6М использован аналоговый квадратурный АКП с корреляционной обратной связью.

Напряжение на выходе АКП $\dot{U}_\Sigma$ описывается выражением (1), а весовой коэффициент $\dot{K}$ - выражением (2):

$$\dot{U}_\Sigma = \dot{U}_0 + \dot{K}\dot{U}_K, \quad (1)$$

$$\dot{K} = \frac{\chi \overline{\dot{U}_0 \dot{U}_K^*}}{1 + \chi |\dot{U}_K|^2}, \quad (2)$$

где $\dot{U}_0$ и $\dot{U}_K$ – сигналы основного и компенсационного каналов, соответственно; $\dot{K}$ – весовой коэффициент АКП, χ – коэффициент, учитывающий глубину обратной связи; * – операция комплексного сопряжения, — операция усреднения.

АКП работает в дискретном режиме формирования весовых коэффициентов (ВК). Адаптация ВК АКП производится по сигналам, принимаемым РЛС в конце развертки дальности в предположении, что интенсивность пассивных помех на предельных дальностях действия РЛС значительно ниже. Однако, в полигонных условиях было установлено, что на предельных дальностях не исключены случаи, когда уровни сигналов, переотраженных от гидрометеоров, превышают динамический диапазон

приемного устройства РЛС. Сформированные ВК используются для компенсации АШП либо в следующем периоде повторения зондирования (режим АП), либо в следующей частотной пачке (режим А+П). В первом случае, при относительно небольших паузах в адаптации ВК межканальные соотношения амплитуд и разности фаз при сканировании антенны изменяются незначительно и при этом может быть достигнута приемлемая компенсация АШП [4]. Во втором случае, при межпачечной адаптации ВК длительность пауз при адаптации ВК превышает допустимые пределы [3], что исключает возможность эффективной компенсации АШП.

С выхода АКП сигнал поступает на временную обработку, которая состоит из многоканального доплеровского фильтра (МДФ) с устройством стабилизации уровня ложных тревог (СУЛТ). МДФ использует алгоритм взвешенного дискретного преобразования Фурье (3), которое выполняется по каждому из дискретов дальности в частотной пачке:

$$\dot{X}_i(k) = \sum_{n=0}^{N-1} w_n \dot{x}_i(nT_{\Pi}) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} n\right), \quad (3)$$

где $\dot{X}_i(k)$ - значение сигнала на выходе k-го доплеровского фильтра в i-том дискрете дальности, w_n - значение n-го элемента весовой функции (окна), $\dot{x}_i(nT_{\Pi})$ - значение сигнала в i-ом дискрете дальности n-го периода повторения T_{Π} в частотной пачке, состоящей из N когерентно накапливаемых сигналов.

После временной обработки в МДФ выходные сигналы доплеровских фильтров поступают в устройство стабилизации уровня ложных тревог, где происходит обнаружение полезных сигналов на фоне пассивных помех.

Результаты исследований

В работе [3] путем моделирования установлено, что допустимый интервал фиксации ВК при защите боковых лепестков диаграммы направленности антенны (ДНА) от воздействия АШП, составляет от 0,01 до 0,03 ширины ДНА. Нами проведен пересчет, полученных в [3] ограничений в долях ширины ДНА во временные интервалы. При этом для периода обзора зоны обнаружения РЛС 36Д6, равного 10с, получен допустимый интервал фиксации ВК от 1,6 до 5,6 мс, что явно меньше длительности частотной пачки.

Путем аналитического расчета в работе [4] для различных частот повторения зондирующих импульсов и периодов обзора зоны обнаружения РЛС 36Д6 вычислено смещение ДНА и фазовый сдвиг ϕ между основным и компенсационным каналами приема на максимальном интервале фиксации ВК, равном периоду повторения. Результаты расчетов сведены в таблицу.

Частота повторения импульсов, Гц	1500		750		375	
Период обзора, с	5	10	5	10	5	10
Смещение ДНВ	2,85	1,42	5,70	2,87	11,3	5,74
φ , град	4,46	3,60	10,4	4,50	23,1	10,4

Из номограммы, приведенной в [1], в которой установлена связь между фазовой погрешностью и коэффициентом подавления, следует, что при дискретной внутрипериодной адаптации ВК АКП приемлемое подавление АШП (~ 20 дБ) может быть обеспечено при ЧПИ, равной 1500 ГЦ, и периодах обзора 5 и 10с, а также при ЧПИ, равной 750 ГЦ и периоде обзора, равном 10с. При межпачечной фиксации ВК коэффициент подавления уменьшается больше чем на порядок.

Выводы

В результате проведенного анализа систем помехозащиты установлено следующее.

1. Общим недостатком как внутрипериодной, так и межпачечной адаптации весовых коэффициентов АКП является формирование классифицированной обучающей выборки на фиксированном интервале времени, не зависящем от реального распределения пассивной составляющей комбинированной помехи в окружающем пространстве.

2. При адаптации весовых коэффициентов в каждом периоде зондирования при используемых частотах повторения импульсов, количестве накапливаемых сигналов и темпах обзора в отечественных РЛС может быть достигнуто приемлемое качество подавления АШП. Недостатком такого решения является возникновение межпериодной модуляции пассивной помехи в компенсационном канале АКП, что может привести к ухудшению обнаружения полезных сигналов на фоне пассивных помех.

3. При межпачечной адаптации весовых коэффициентов исключается влияние АКП на процедуру распределения спектральных составляющих в МДФ и может быть обеспечено эффективное обнаружение полезных сигналов на фоне пассивных помех. Основным недостатком такой обработки является существенное ухудшение компенсации АШП, что обусловлено значительным изменением межканальных соотношений амплитуд и фаз помехи при больших паузах в адаптации ВК АКП [4].

Рекомендации

Для повышения эффективности отечественных РЛС при воздействии комбинированных помех необходимо:

1. Разработать новые методы и технические решения для формирования классифицированной обучающей выборки, обеспечивающей формирование ВК АКП с учетом реального распределения пассивной помехи в окружающем пространстве, а также с учетом спектральных и корреляционных отличий составляющих комбинированной помех.

2. Разработать метод параллельной обработки сигналов, реализующий преимущества как внутрипериодной, так и межпачечной адаптации весовых коэффициентов АКП.

3. Создать математические модели систем помехозащиты и провести полунатурное моделирование различных вариантов их построения, для чего: спроектировать и изготовить двухканальный регистратор; спроектировать и изготовить генератор АШП; сформировать банк реальных комбинированных помех, принятых основным и компенсационным каналами РЛС в полигонных условиях, для оптимизации возможных технических решений.

Список литературы.

1. Монзинго Р.А. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию [Текст] / Р.А. Монзинго, Т.Ц. Миллер: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986.- 448с.

2. Журавльов А.К. Адаптивные радиотехнические системы с антенными решетками [Текст]/ А.К. Журавльов, В.А. Хлебников и др. – Л.: Изд. Ленинградского университета, 1991. – 544с.

3. Рябуха В.П., Рачков Д.С., Семеняка А.В., Катюшин Е.А. Оценка интервала фиксации пространственного весового вектора при последовательной пространственно-временной обработке сигналов на фоне комбинированных помех [Текст] / В.П. Рябуха, Д.С. Рачков, А.В. Семеняка, Е.А. Катюшин // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. - 2012. - №10. – С. 13-25.

4. Разработка и обоснование рекомендаций по построению систем пространственно-временной обработки сигналов в условиях воздействия комбинированных помех. Шифр "Интерференция" [Текст]: отчет о НИР (заключительный) / Запорожский национальный технический университет: рук. Пиза Д.М. – Запорожье, 2014: 50с. - № ГР 0114U002636.

Дверніков Б.Ф., Коркішко Р.М., Костильов В.П., Литовченко В.Г.,
Мусаєв С.М., Попов В.Г., Романюк Б.М., Сабов Т.М., Черненко В.В.
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України,

МОБІЛЬНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Наведено результати розробки мобільної сонячної електростанції на основі кремнієвих сонячних елементів для використання в польових умовах. Розробка відрізняється наявністю вбудованих акумуляторів з відповідною електронною схемою контролю, а також надійністю, ефективністю роботи, компактністю, герметичністю корпусу та високою механічною міцністю, що дозволяє використовувати її в екстремальних (бойових) умовах. Наявність акумуляторної батареї дає можливість проводити живлення і зарядку широкого спектру малопотужної апаратури в будь-який час, незалежно від умов освітленості.

Ключові слова: сонячний елемент, електростанція, сонячний модуль, акумулятор

ВСТУП

Сонячні фотоелектричні електростанції, які працюють на принципі прямого перетворення сонячної енергії в електричну, є надійними, високоефективними, компактними джерелами енергії в умовах відсутності стаціонарних електричних мереж [1].

Головним елементом сонячних модулів (СМ) та сонячних батарей (СБ), з яких створюються сонячні електростанції, є напівпровідниковий сонячний елемент (СЕ), який дозволяє перетворювати енергію сонячного випромінювання в електричну. Діапазон використання напівпровідникових СЕ досить широкий – від стаціонарних сонячних електростанцій, які займають великі площі, до мобільних пристроїв для живлення або зарядки радіостанцій, приладів нічного бачення, мобільних телефонів, планшетів, GPS-навігаторів, тощо. Аналіз пропозицій по мобільним сонячним електростанціям [1,2] показав, що їх основним недоліком є досить таки значна тривалість заряду (перевищує 10 годин) малопотужної апаратури, навіть при високому рівні енергетичної освітленості, через недостатню вихідну потужність СБ. Такі пристрої не мають внутрішнього буферного акумулятора, який накопичує енергію вдень, а потім дозволяє здійснювати живлення або зарядку малопотужної апаратури при низькій освітленості (вночі). До того ж має місце низька надійність конструкції, що не дозволяє ефективно використовувати їх у польових умовах.

Для вирішення цієї проблеми в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України (Відділення фізики поверхні та мікроелектроніки) були розроблені та виготовляються мобільні сонячні електростанції на основі кремнієвих сонячних елементів потужністю у навантаженні 10-40 Вт. Цей виріб є сучасною розробкою і призначений для

використання у польових умовах, зокрема у зоні проведення антитерористичної операції (АТО), військових спецопераціях для живлення і зарядки малопотужної апаратури (радіостанцій, мобільних телефонів, тепловізорів, планшетів, GPS - навігаторів і т.п.).

Проведені дослідження і аналіз фотоенергетичних параметрів СМ показав, що необхідним вимогам задовольняють модулі виробництва українського підприємства ПАТ «Квазар». Тому було вирішено використати для розробки сонячні модулі KV-10/12М вказаного виробника.

КОНСТРУКЦІЯ СОНЯЧНОГО МОДУЛЯ

У сонячному модулі використовуються фрагменти з 1/6 частини стандартних кремнієвих СЕ розмірами 125×125 мм, $\varnothing 165$ мм (струм короткого замикання становить 0,9 А) та ККД 17 %. СМ складається з 33 фрагментів СЕ, які з'єднані між собою послідовним електричним з'єднанням і забезпечують напругу розімкненого кола 20 В із струмом короткого замикання 0,9 А при стандартних умовах вимірювання (1000 Вт/м², +25°C). Фрагменти СЕ заламіновані між двома листами етиленвінілацетантної плівки (EVA) для зменшення впливу навколишнього середовища (вологість, пил). Як показує досвід використання малогабаритних модулів, зібраних на гнучкій основі, СЕ в таких модулях піддаються значним механічним навантаженням в процесі експлуатації, що призводить до руйнування СЕ (утворення тріщин). Тому використання скла для даного виду виробів необхідно в якості елемента, що створює жорсткість конструкції і тим самим забезпечує надійність роботи СЕ. Скло повинно бути прозорим для випромінювання сонячного спектру. Модуль захищений загартованим склом товщиною 3,2 мм з лицевої сторони і листом поліетилентерефталату (Tedlar) з тильної сторони. Для збільшення міцності і жорсткості конструкції модуля він закріплений у рамці із спеціального алюмінієвого профілю.

Дослідження та випробування СМ виконувались в Центрі випробувань фотоперетворювачів та батарей фотоелектричних Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, який атестований на технічну компетентність і незалежність на підставі Закону України «Про метрологію і метрологічну діяльність» Українським державним науково-виробничим центром стандартизації, метрології та сертифікації Держспоживстандарту України [3], який на сьогодні залишається єдиним в Україні. Фотоенергетичні параметри сонячних модулів занесені в таблицю 1.

Таблиця 1. Фотоенергетичні параметри СМ, виміряні в умовах АМ1,5.

№ п/п	Isc, А	Voc, В	Pm, Вт	Im, А	Um, В	FF	ККД, %	E, Вт/м ²	T, °C	S, м ²
1	0.974	20.77	14.07	0,873	16.11	0.70	13.1	1000	25	0.1
2	0.989	21.03	14.83	0.901	16.47	0.71	13.9	1000	25	0.1
3	0.980	20.72	14.45	0.897	16.11	0.71	13.6	1000	25	0.1
4	0.951	20.62	14.21	0.827	17.18	0.72	13.4	1000	25	0.1

Тут I_{sc} - струм короткого замикання; V_{oc} - напруга розімкненого кола;
 P_m - потужність в максимальній точці; I_m - струм в максимальній точці;
 U_m - напруга в максимальній точці; FF - фактор заповнення вольт-амперної характеристики; ККД - коефіцієнт корисної дії; E - енергія, що падає на СМ;
 T - температура; S - площа СМ

КОНСТРУКЦІЯ МОБІЛЬНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Мобільна сонячна електростанція виконана у вигляді кейсу (рис. 1,2), що складається з двох або чотирьох автономних сонячних модулів потужністю 10 Вт кожен (AM1.5), габаритні розміри 527x232x35 мм. Модулі електрично не з'єднані між собою і скріплені за допомогою двох завіс. В корпусі кожного сонячного модуля міститься контролер заряду та набір з десяти послідовно з'єднаних Ni-MH акумуляторів ємністю 2 - 6 А·год (далі буферний акумулятор), який дозволяє здійснювати живлення або зарядку малопотужної апаратури навіть в похмуру погоду або вночі. Ємність акумулятора підібрана так, щоб його можна було повністю зарядити на протязі одного світлового дня. Причому, між контролером заряду і буферним акумулятором послідовно включений блокуючий діод, який запобігає розрядці буферного акумулятора на контролер заряду. В якості блокуючого діоду вибраний діод Шоттки, так як він забезпечує мінімальне падіння напруги, тобто має найменші втрати. Контроль заряду/розряду буферного акумулятора здійснюється за допомогою світлодіодної індикації (зелений світлодіод – акумулятор заряджений, червоний – акумулятор заряджається/необхідно зарядити). В якості вихідного роз'єму в кожен корпус вмонтований роз'єм автомобільного прикурювача, який дозволяє одночасне підключення двох окремих навантажень. Кожен роз'єм закривається герметичною кришкою, щоб запобігти потраплянню вологи. Між роз'ємом і буферним акумулятором також послідовно включений блокуючий діод Шоттки, який запобігає розрядці акумулятора навантаження малопотужної апаратури на буферний акумулятор мобільної електростанції. Клеми роз'єму слугують виводами для підключення навантаження через відповідний адаптер. На виході кожного роз'єму номінальна напруга складає 12 В. При необхідності отримання змінної напруги до виходу підключається інвертор 12/220 В. Відповідні адаптери та інвертори випускаються серійно для автомобілів та вибираються залежно від конкретних потреб користувача.

З тильного боку кожен сонячний модуль захищений металевою алюмінієвою пластиною товщиною 3 мм, яка підвищує жорсткість та надійність конструкції. Всі складні частини, включаючи роз'єми, герметизовані стійким до ультрафіолету герметиком, що запобігає потраплянню вологи в корпус. По периметру фронтальної поверхні одного з сонячних модулів закріплена гумова стрічка, яка запобігає потраплянню пилу на фотоактивну поверхню модулів в закритому стані. На корпусі закріплена

металева ручка для перенесення та застібка. Корпус мобільної електростанції пофарбований в камуфляжний колір.

В таблиці 2 приведені основні технічні характеристики сонячної електростанції.



Рис. 1. Мобільна сонячна електростанція в «робочому» вигляді



Рис. 2. Мобільна сонячна електростанція в складеному вигляді

Таблиця 2. Технічні характеристики сонячної електростанції

Робоча напруга, В	Вихідна потужність (AM1,5), Вт	Ємність акумуляторів, А·год	Габаритні розміри в робочому стані, мм	Вага, кг
12	10-40	від 2 до 6	530x460x36	7

Технічним результатом розробленої та виготовленої мобільної сонячної електростанції є можливість живлення або зарядки широкого спектру малопотужної апаратури (радіостанцій, мобільних телефонів, тепловізорів, планшетів, GPS - навігаторів, тощо) в польових (екстремальних) умовах, та ефективність роботи навіть при низькій освітленості (хмарність, туман) або нічний час, яку можуть використовувати військовослужбовці, співробітники МВС, МНС, які не завжди можуть скористатися централізованим енергопостачанням.

ВИСНОВКИ

Із урахуванням недоліків сучасних зарядних пристроїв на основі сонячних елементів, була розроблена конструкція та виготовлені мобільні сонячні електростанції, які дають можливість живлення або зарядки широкого спектру малопотужної апаратури (радіостанцій, мобільних телефонів, тепловізорів, планшетів, GPS - навігаторів), в польових (екстремальних) умовах навіть при низькій освітленості, що є перевагою в порівнянні з рядом пропонованих на ринку зарядних пристроїв. Мобільна сонячна електростанція являє собою надійну, ефективну, компактну,

складану, герметичну конструкцію, пристосовану для перенесення, яку можуть використовувати військовослужбовці, співробітники МВС, МНС, які не завжди можуть скористатися централізованим енергопостачанням. У модуль вмонтовано акумуляторні батареї, які забезпечують живлення або зарядку малопотужної апаратури навіть при низькій освітленості, а лицева поверхня захищена гартованим склом.

На початку травня 15 мобільних сонячних електростанцій вже передано підрозділам Збройних Сил України на Схід України. Відгук військовиків не забарився. Вченим щиро дякували за таку матеріально-технічну допомогу бійці та командування добровольчого батальйону спецпризначення «Донбас». Вони розповіли, що отримані ними три сонячні електростанції успішно використовуються в зоні АТО для живлення спецапаратури в польових умовах. «Забезпечення військ такими електростанціями підвищують енергонезалежність наших підрозділів, особливо при виконанні спеціальних завдань, та безпеку самих бійців (порівняно із стандартними електрогенераторами). Підрозділи Збройних Сил України потребують таких розробок від науковців, що підвищить боєздатність нашого війська», – говориться в офіційній подяці захисників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Литовченко В.Г., Стріха М.В., Сонячна енергетика: порядок денний для світу й України. - Київ. - 2014.
2. Оксанич А.П., Тербан В.А., Волохов С.О., Ключ М.І., Скришевський В.А., Костильов В.П., Макаров А.В. Сучасні технології виробництва кремнію та кремнієвих фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії. - Кривий Ріг: Мінерал. - 2010. - 266 с. (ум. др. арк.. 19,23) - 300.- ISBN 978-966-7830-IS-0.
3. Костильов В.П., Черненко В.В., Андрос С.П., Назаренко Л.А. Метрологія і стандартизація фототехнічних випробувань фотоперетворювачів сонячної енергії та фотоелектричних модулів. *Матеріали IV Міжнар. наук-техн. конф. „Сучасні проблеми світлотехніки та електроенергетики”*. Україна, Харків, 13-14 квітня 2011: 164-165.

МОБІЛЬНИЙ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАННИЙ 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 витоками 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 (рис.1).

Верстати з паралельними кінематичними структурами мають низьку енерго- та матеріалоємність. 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.

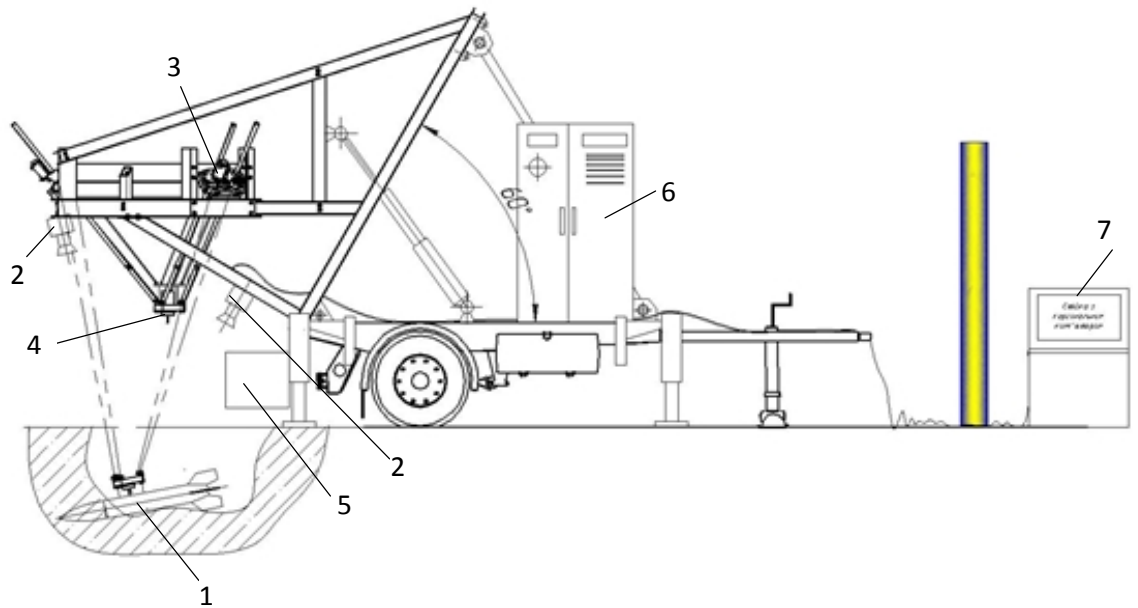


Рис. 1. Мобільний дистанційно керований комплекс на основі верстата-робота з паралельними кінематичними структурами:

- 1 – небезпечний об’єкт; 2 – система відеоспостереження та лазерної локації;
- 3 – верстат-робот з паралельними кінематичними структурами;
- 4 – виконавчий орган верстата-гексапода із пристроєм для обробки та інструментом; 5 – магазин необхідних пристроїв; 6 – система наладки і живлення комплексу; 7 – дистанційний пульт керування із відеосупроводом

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 (рис. 2а). 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.

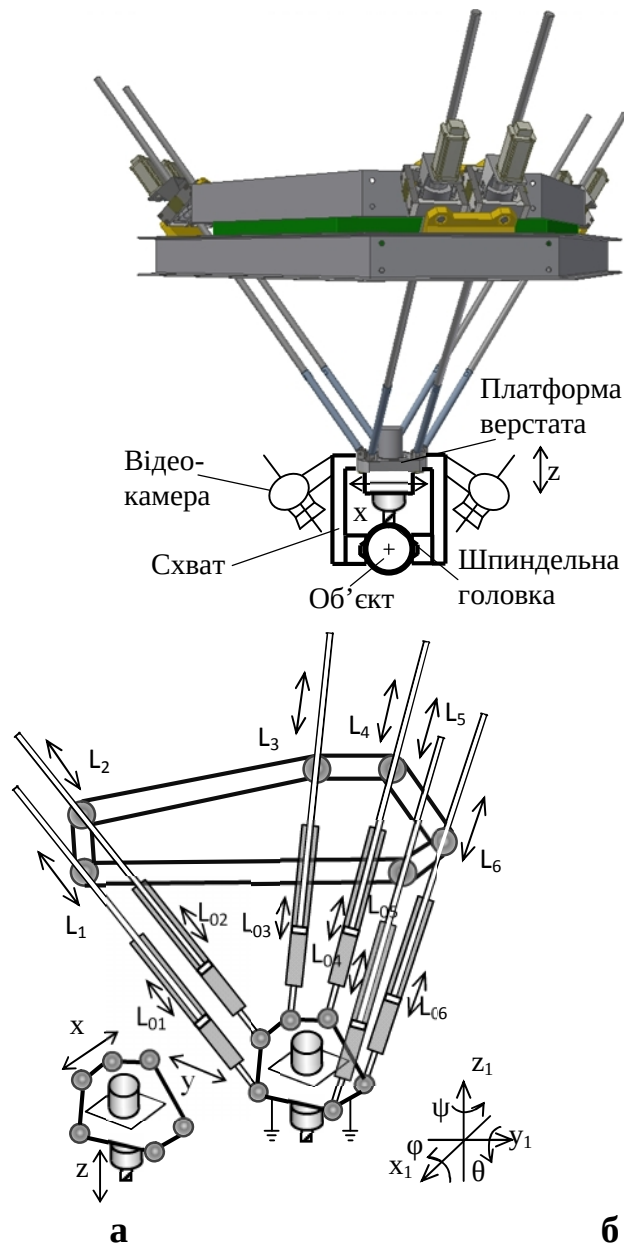


Рис. 2. Схема обробки небезпечного об'єкта мобільним верстатом-роботом (а) та геометрична схема стрижневої системи переміщення виконавчого органа верстата (б)

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.

Всі пристрої є комплектними і можуть змінюватись автоматично. Вибір виду пристрою здійснюється відповідно технологічного процесу обробки.

Високоточна обробка небезпечних об'єктів потребує розробки спеціальної концепції. Вона включає збір інформації про об'єкт із описом його форми і розташування. Для цього передбачаються методи лазерної локації із скануванням об'єкта та побудовою його твердотільної моделі у визначеній абсолютній системі координат, пов'язаній із об'єктом. Спочатку визначаються розміри і розташування об'єкта в деякій вихідній системі координат. При цьому встановлюються реперні точки на об'єкті і виконується фіксація платформи верстата за допомогою схвата безпосередньо на об'єкті. Після цього здійснюється перехід до базової системи координат, пов'язаної із об'єктом. В подальшому обробка здійснюється за допомогою систем ЧПК верстата програмованими траєкторіями, визначеними в базовій системі координат.

Запропонована концепція високоточної обробки в умовах недостатньої інформації про об'єкт спирається на наявний досвід побудови твердотільних моделей та використання їх для формування стратегії обробки деталей на верстатах з ЧПК. Відмінність запропонованої концепції полягає у використанні системи координат, прив'язаної до об'єкта, а не до системи координат верстата, як це робиться при традиційній обробці деталей.

Мобільний дистанційно керований комплекс має дієвий набір пристроїв мікромеханіки, призначених для високоточної обробки базових, контрольних та допоміжних поверхонь. Пристрої забезпечують фрезерування, в тому числі і мікрофрезерування, обробку тиском за допомогою малорозмірних пресових лещат та рухомих плунжерів із спеціальними насадками. Пристрої включають мікроманіпулятори, контрольно-вимірювальні засоби, системи індикації та визначення взаємного розташування деталей та окремих поверхонь. Пристрої мікромеханіки будуть застосовані для маніпулювання інструментом, контрольно-вимірювальними засобами та іншим обладнанням.

Застосування пристроїв мікромеханіки забезпечує високоточну обробку об'єктів при мінімальному силовому та вібраційному впливі на об'єкт та виконання контрольно-вимірювальних операцій з високою точністю і достовірністю.

Це кардинальним чином змінює технологічні процеси обробки об'єктів на верстатах з паралельними кінематичними структурами. Компенсуються недоліки верстатів, зокрема низька жорсткість та схильність до автоколивань.

В даний час верстат-робот виготовлено в якості дослідного зразка на кафедрі Конструювання верстатів і машин НТУУ «КПІ». Побудова на основі верстата-робота мобільного дистанційного керованого комплексу для обробки небезпечних об'єктів у польових умовах потребує вирішення ряду задач. Основним з них є захист мехатронних систем і приводів верстата від негативного впливу зовнішніх умов. Важливою задачею є розробка уніфікованих пристроїв для обробки небезпечних об'єктів у польових умовах.

Туз Ю.М., Добролюбова М.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ВІЙСЬКОВИЙ ВТОРИННИЙ ЕТАЛОН НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ ВІД 0.1 В ДО 1000 В В ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ ВІД 10 Гц ДО 30 МГц

Технічною основою системи забезпечення єдності вимірювань є національна еталонна база. Важливим питанням розвитку та удосконалення національної еталонної бази є її структура та кількісний склад. Аналіз еталонної бази України відносно парку вимірювальної техніки показав, що існуюча кількість державних еталонів України ще недостатня для повного забезпечення єдності вимірювань у країні.

Особливе місце серед еталонів займають еталони для потреб Збройних Сил, які чинять значний вплив на забезпечення обороноздатності нашої країни.

Згідно «Державної програми розвитку озброєння та військової техніки Збройних Сил України на період до 2009 року» та «Програми розробки засобів метрологічного забезпечення Збройних Сил України на період 2001-2010 років» було прийнято рішення щодо створення військового еталону одиниці електричної напруги від 0,1 В до 1000 В змінного струму в діапазоні частот від 10 Гц до 30 МГц, оскільки існуючий Державний еталон одиниці напруги змінного струму не перекривав діапазону частот від 1 МГц до 30 МГц та діапазону напруг від 300 В до 1000 В, в яких працює значна кількість засобів вимірювальної техніки в усіх галузях економіки, промисловості, науки та оборони країни.

Структура та вимірювальні пристрої. Еталон змінної напруги, створений у науково-дослідному інституті автоматизації експериментальних досліджень, є автоматизованою системою, що складається з серійних високоточних вимірювальних пристроїв (мультиметр HP3458A, калібратори B1-29 і H4-7, вимірювач потужності NRVD з термодатчиком NRV-Z51, нановольтметр HP34420A, частотомір Ch3 64 / 1, аналізатор спектру NI PXI-1042Q та аттенюатор HP8495G) і пристроїв, розроблених і виготовлених інститутом (блок розширення частотного і динамічного діапазону, блок вимірювальний, 4 комплекти перетворювачів напруги термоелектричних і комутаційних перемикачів).

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.

Калібратор змінної напруги В1-29 використовується як джерело постійної напруги в діапазоні частот від 10 Гц до 100 МГц і діапазоні напруги від 0,3 В до 3 В. Калібратор універсальний Н4-7 використовується в якості джерела напруги постійного і змінного струму в діапазоні частот до 1 МГц.

Двоканальний нановольтметр HP34420A використовується для вимірювання та передачі значень термоЕРС на виході еталонних та атестованих термоперетворювачів напруги.

Вимірювач потужності NRVD використовується для визначення частотної похибки опорного еталонного термоперетворювача в діапазоні частот від 30 МГц до 100 МГц з метою подальшої інтерполяції його частотної характеристики в частотну область.

Блок розширення частотного і динамічного діапазону містить три вбудованих блока підсилювачів і застосовується для генерації напруги 30 В в межах діапазону частот від 1 кГц до 30 МГц, напруги 100 В до 1 МГц, і напруги 1000 В до 100 кГц.

Перетворювачі напруги термоелектричні. Для термоелектричної компарації напруги постійного струму з напругою змінного струму застосовується комплект еталонних перетворювачів напруги термоелектричних (ЕПНТЕ). ЕПНТЕ є також еталонами зв'язу з іншими еталонами. ЕПНТЕ складаються з послідовно з'єднаних додаткового резистора та ПНТЕ типу ДТПТ-6 та додаткового опору, змонтованих в одному корпусі. З метою створення еквітемпературного середовища в зоні електричних з'єднань та захисту від електричних та високочастотних електромагнітних полів корпус кожного ЕПНТЕ виконано з червоної міді.

Для мінімізації різниці температур контактних з'єднань ЕПНТЕ з зовнішнім електричним колом ізолятори виводів ЕПНТЕ виконані з нітриду алюмінію. ЕПНТЕ мають номінальні значення напруги 0.5 В, 1 В, 2 В, 4 В, 8 В, 16 В, 32 В. Густа сітка номінальних значень дозволяє передавати розмір одиниці напруги від одного діапазону до іншого без значної втрати термоЕРС, оскільки при паралельному з'єднанні ЕПНТЕ з різними номінальними значеннями напруги подається значення напруги, яке не перевищує номінального значення напруги більш чутливого ЕПНТЕ. Вхідний струм ЕПНТЕ при номінальних значеннях напруги складає 5 мА. При значних початкових частотних похибках передбачена їх корекція влаштуванням в корпус ЕПНТЕ повітряним конденсатором змінної ємності або експериментально підібраним керамічним конденсатором.

В описі кожного ЕПНТЕ надається значення частотної похибки для внесення поправок при вимірюваннях. При роботі з ЕПНТЕ на нього зі сторони вихідних затискачів надівається термодемпфер.

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.

Комплект перетворювачів напруги термоелектричних атестованих застосовується для термоелектричної компарації напруги постійного струму з напругою змінного струму. ПНТЭ-12/2 є також еталонами звірення з іншими еталонами. Комплект ПНТЭ-12/2 складається з двох термоголовок та п'яти додаткових резисторів на напруги 50 В; 100 В в діапазоні частот до 1 МГц та 300 В; 500 В; 1000 В в діапазоні частот до 100 кГц. Наявність в комплекті ПНТЭ-12/2 двох термоголовок дає можливість визначити похибки переходу від постійної напруги до змінної або частотні похибки перетворювачів при переході від одного номінального значення до наступного.

Комплект ПНТЭ-12/2 може бути атестованим на державному еталоні України ДЕТУ 08-07-02 в межах можливостей останнього.

Комплект перетворювачів напруги термоелектричних переносний застосовується для термоелектричної компарації в місцевих метрологічних лабораторіях. Метрологічні характеристики ПНТЭ-12 отримані шляхом звірення їх з ПНТЭ-12/2.

Комплект ПНТЭ-12 має одну термоголовку та п'ять додаткових резисторів на напруги 50 В; 100 В в діапазоні частот до 1 МГц та 300 В; 500 В; 1000 В в діапазоні частот до 100 кГц.

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 термокомпарування.

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 України під номером ВВЕТУ 08 07 01 09.

Монахов Є.А., Чумак В.В., Пономарьов О.І.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ТОРЦЕВИЙ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИЙ СИНХРОННИЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ВІЙСЬКОВОЇ МОБІЛЬНОЇ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧОЇ УСТАНОВКИ

Збройні сили України мають потребу в створенні та використанні переносних та пересувних автономних енергетичних установок, що можуть працювати в польових умовах при використанні широкого спектру джерел енергії, в тому числі вітрової, гідро та теплової енергії в залежності від ситуації.

Основні вимоги до конструкції генераторів цих комплексів:

- високі масогабаритні показники;
- надійність роботи;
- максимальна герметичність та водонепроникність та придатність працювати в складних і надзвичайних умовах;
- здатність витримувати тимчасові механічні ударні навантаження, підвищення температури, вологості;
- простота в експлуатації та ремонтпридатність в польових умовах;
- корозійна стійкість та конструктивна зручність зчленування з привідним механізмом.

Цим вимогам відповідає клас електричних машин торцевої конструкції зі збудженням від постійних магнітів, що дає їй наступні переваги[1]:

- відсутність контактної системи збудження і відповідно електричних витрат на збудження;
- можливість консольного кріплення, що дозволяє здійснювати зчленування з привідним механізмом незалежно від висоти осі обертання останнього;
- саме наявність плоского повітряного проміжку дозволяє створювати прості герметичні конструкції.

На рисунку 1 представлений загальний вигляд конструкції торцевого герметичного магнітоелектричного генератора [2,3,4], який складається зі статора 1, індуктора 2, на якому закріплені постійні магніти (NdFeB чи SmCo₅). Статор та ротор знаходяться в безшовному корпусі 3 (виконаний методом лиття). Між статором та ротором встановлено диск 4, виконаний з немагнітного матеріалу з високим питомим опором. В даному випадку диск закріплений за допомогою притискного кільця 5. Практично технологія може бути зварною. Статор кріпиться на основу 6, яка може бути легко від'єднана від корпусу 3 для швидкої заміни статора. Ротор 2 кріпиться на двох підшипниках обертання 7. Корпус 3 кріпиться фланцево за допомогою болтів 8 до привідного механізму незалежно від осі обертання останнього. Ущільнююче кільце 9 встановлюються для зменшення потрапляння речовини ззовні в підшипниковий вузол.

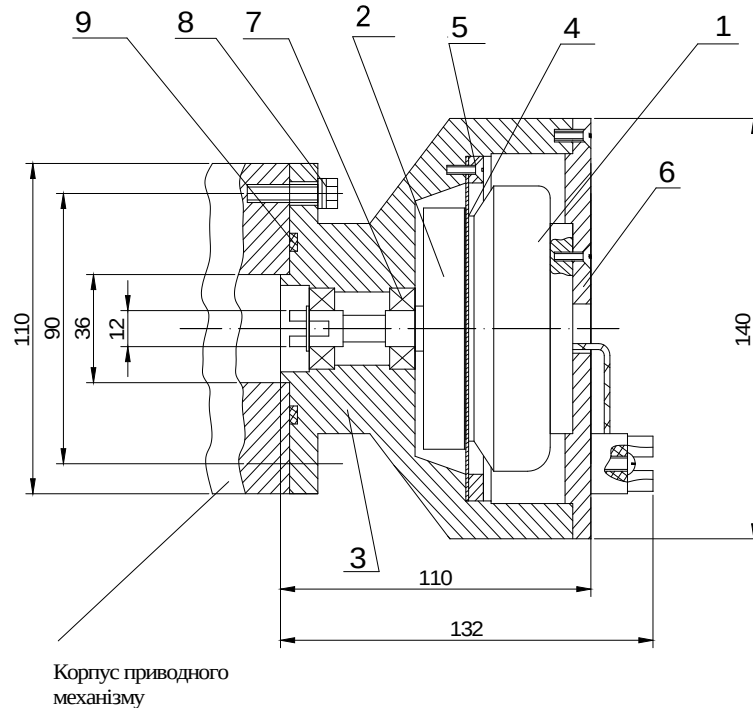


Рис. 1 – Торцевий магнітоелектричний генератор герметичного виконання

1 – статор, 2 – індуктор, 3 – корпус, 4 – диск – гільза, 5 – притискне кільце, 6 – основа, 7 – підшипник, 8 – болт, 9 – ущільнюоче кільце

В даній конструкції усі компоненти захищені від зовнішнього середовища завдяки декількох технічних рішень:

1) Статор з обмоткою заповнено компаундом для запобігання потрапляння вологи;

2) Застосовано гільзу, виконану у вигляді диску, яка розмежовує дві зони: зону статора та зону ротора, що дозволяє працювати генератору в автономних енергетичних установках с підвищеним та високим тиском, наприклад, в системі перетворення низько потенційної енергії в електричну;

3) Ротор з постійними магнітами, які кріпляться на ньому, захищено від зовнішнього середовища за допомогою бандажу, виконаного у вигляді чаші, яка охоплює феромагнітний диск. Бандаж забезпечує дві функції: по – перше він захищає від зовнішнього середовища, по – друге він підвищує надійність за рахунок гарантованого кріплення магнітів та відсутності можливості зсуву магнітів під дією сили одностороннього магнітного тяжіння. Конструкція ротора магнітоелектричного генератора с осьовим збудженням представлена на рисунку 2.

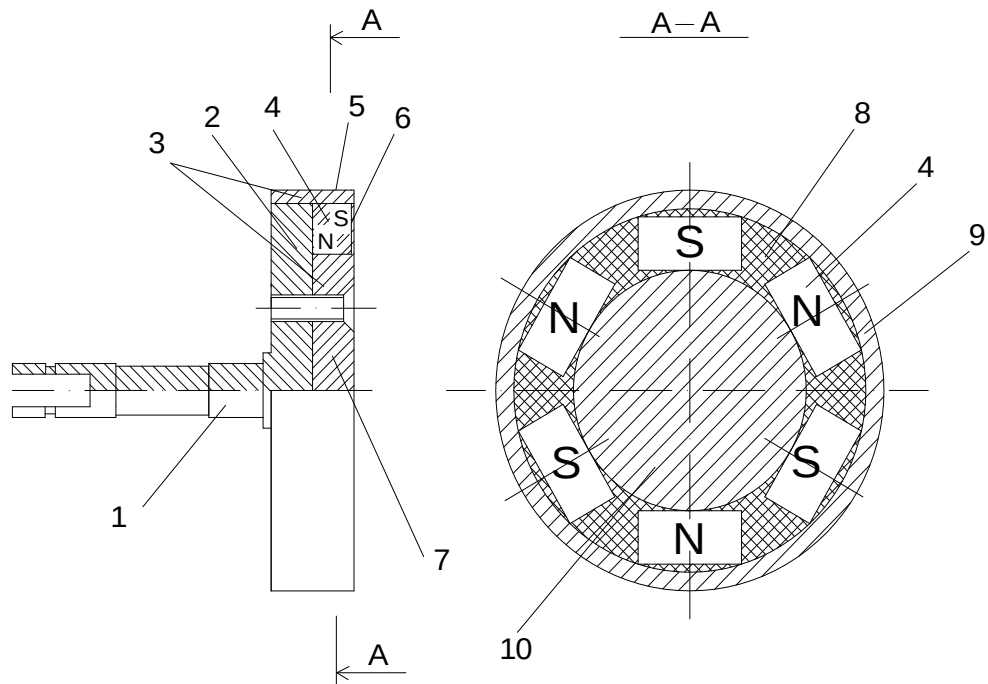


Рисунок 2 – Конструкція ротора торцевого генератора герметичного виконання

1 – ротор, 2 – феромагнітний диск, 3 – стінки бандажу, 4 – магніти, 5 – зовнішня поверхня ротора, 6 – дно бандажу, 7 – бандаж, 8 – немагнітні вставки, 9 – стінка, 10 – внутрішня стінка

Виготовлено дослідний зразок магнітоелектричного торцевого синхронного генератора з односторонньою магнітною системою, який пройшов попередні випробування в лабораторії мікромашин кафедри електромеханіки НТУУ «КПІ». Генератор був спроектований на базі постійних магнітів NdFeB, але також була розрахована аналогічна конструкція на магнітах марки SmCo₅ які мають кращі властивості термостабільності в порівнянні з магнітами NdFeB при перевищенні температури понад 80°C.

В таблиці 1 наведені деякі параметри дослідного мікрогенератора зі збудженням від постійних магнітів марки N38 при різній частоті обертання при номінальних показниках.

Таблиця 1

Частота обертання, об/хв	Частота генератора, Гц	Напруга, В	Струм, А	Потужність, Вт
1000	50	12	1,12	13,44
3000	150	48	0,8	38,4

На рисунку 3 зображена зовнішня характеристика генератора при активному навантаженні, тобто при коефіцієнті потужності близькому до одиниці.

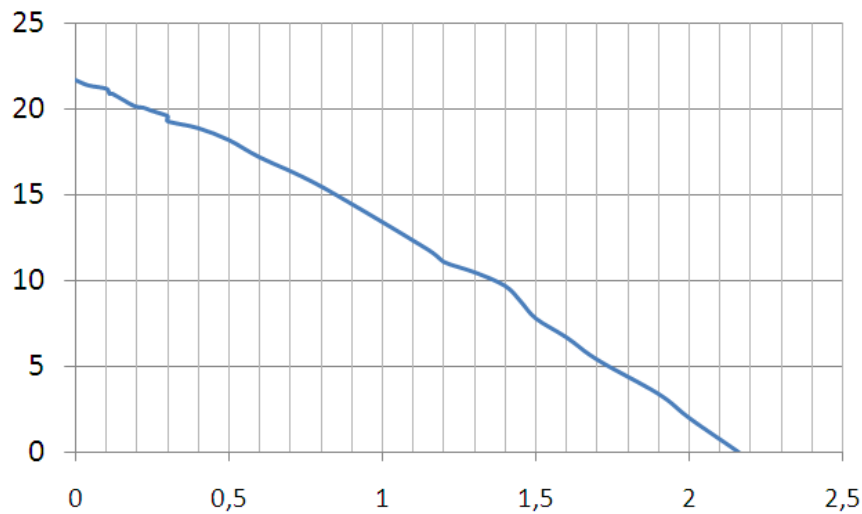


Рис. 3 Зовнішня характеристика магнітоелектричного генератора

Висновок. Торцева магнітоелектрична машина є простою, технологічною машиною, яка має високі енергетичні показники, високу надійність, завдяки своїй простоті та має вигідну геометрію для компоновки з іншими вузлами автономної мікрогенеруючої установки. Торцева машина може бути виконана як з великої кількості полюсів, тобто для низькооберткових установок, так і для високошвидкісних мікротурбін. Усі вищезгадані обставини підтверджують перспективність подальшого розвитку та розробки серії синхронних мікрогенераторів торцевого типу на постійних магнітах для особливих (специфічних) областей застосування.

Література:

1. Jacek F. Gieras Rong-Jie Wang Maarten J. Kamper "Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines" Second Edition Springer 2008 ISBN 978-1-4020-6993-2
2. Патент на винахід № 106842 – Електрична машина з постійними магнітами., Бюл. №19, 10.10.2014
3. Торцевая магнитоэлектрическая машина, Чумак В.В., Монахов Е.А
Энергия XXI века, №1-2 (85-86), 2014 год, с. 140 - 142
4. Торцевий магнітоелектричний генератор у системі автономного постачання - Відновлювана енергетика XXI століття. Матеріали XIV міжнародної конференції, - Крим 2013

Осадчий Є.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРИСТРОЇ-ТРАНСФОРМЕРИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БОЄЗДАТНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Короткий опис

Нарешті, військові конструктори не тільки показали перспективність «трансформерного» підходу [1] до створення нової військової техніки, але й намагаються впроваджувати його в життя. Як приклад, скандальний показ на військовому параді РФ прототипу новітнього танка «Армата». Нас цікавлять не його рекламні характеристики, а концепція побудови. Її мета - створення уніфікованого відкритого ряду модулів з довільним просторовим та кількісним компонуванням для всіх можливих армійських гусеничних бронемашин. Вже заявлено про створення таких модулів: ходової частини, моторно-трансмійної установки, органів управління шасі, інтерфейсу водія, комплексу бортового електрообладнання та систем життєзабезпечення. Така концепція продукує створення будь якої бойової гусеничної машини з стандартних модулів. Її аналогом є відомі дитячі механічні конструктори і перш за все - «LEGO». Основним недоліком такого підходу є обмежена загальна функціональність створюваних пристроїв по відношенню до цілеспрямованих високотехнологічних конструктивних рішень. Переваги – взаємозамінність модулів, перспектива серійності, відповідно - відносно низька вартість виготовлення. Як висновок - підхід є оправданим при орієнтації на кількісну перевагу в веденні військових дій.

Наше бачення шляху вирішення цього протиріччя в якомога ширшому використанні пристроїв-трансформерів (ПТ) різної складності на всіх рівнях означеного підходу до створення нової військової техніки. Тоді завжди знайдуться потрібні зарезервовані(нові) корисні властивості починаючи з нижніх рівнів конструктивної ієрархії з ПТ. Починати масове виробництво слід з ПТ найнижчого рівня – різьбового з'єднання[2]. Прототипом його є різьбове з'єднання, що вперше було нами впроваджено в уніфікований (клінічний) варіант вітчизняного біомеханічного роботизованого ПТ «Екзоскелетон». Згідно сертифікації останній, є придатним до серійного виробництва. На стадії патентування знаходиться новий варіант багатоцільового різьбового з'єднання. Такий ПТ є придатним до використання в будь якому механізмі, що потребує різьбового з'єднання, тому потребує серійності виробництва. В ньому, крім відомих корисних властивостей основних складових стандартного різьбового з'єднання, додатково забезпечується відновлювання різьби, надійний захист від само розкручування при завданні потрібної величини стиснення деталей різьбового з'єднання. Існує «ноу-хау» з перетворення існуючих складових різьбового з'єднання в такі, що володіють означеними властивостями. Це є важливим при необхідності надання їх існуючим унікальним деталям різьбового з'єднання. Перелік інших корисних ПТ, різного рівня складності,

що придатні для вирішення означених проблем танкобудування, наведені в [1].

З нашої точки зору, це перш за все високонадійні гнучкі гусеничні стрічки для броньованих машин з колісною базою та стрічки з керованими шарнірами, що забезпечують ефект залізничної колії, що біжить під катками підвіски. Для захисту броні – система пасивного захисту. Для трансмісії – багатоступінчаті та безступінчасті коробки передач. Для озброєння – вбудоване в снаряди швидко стрільних гармат (реактивних систем) керування часом їх автоматичного підриву. Особливу увагу слід привернути до перспективи створення захищеної інформаційно-керуючої системи (ІКС) «цифровий борт» з використанням нетрадиційних методів та засобів часового(таймерного) кодування. Але його реалізація потребує значних часових та матеріальних витрат. Та вони того варті, тому що така ІКС знайде широке використання в будь якому роді роботизованої військової техніки.

Обмеження обсягів викладення змісту тез не дозволяє навести більш детальні характеристики та варіанти конструкції таких ПТ. За визначенням в [1] - всі вони повинні мати можливість актуалізувати нові корисні, для досягнення поставленої мети, властивості.

Ковтун Г.І., Яценко Г.В., Дидюк М.В., Мисюра А.Г.
Інститут прикладних проблем фізики і біофізики НАН України

ЗАСОБИ ЗАХИСТУ І ЛІКУВАННЯ РАН

Сучасні перев'язувальні засоби за своїм дизайном і властивостями істотно відрізняються від традиційних. Під терміном "раневе покриття" маються на увазі не тільки звичні текстильні матеріали (марля, сітка, трикотаж, неткане полотно), але і плівки, плівкові композиції, губки, гідроколоїди, гелі, пасти і комбінації різних матеріалів. Основними завданнями таких матеріалів є забезпечення оптимальних умов загоєння ран, згідно з якими вологе середовище сприяє протіканню репараційних процесів. Раневе покриття повинне не тільки дренувати поранену поверхню, але й підтримувати оптимальний мікроклімат, зокрема паро- і повітропроникність, добре моделюватися на рані, бути атравматичним, не чинити токсичної і місцево-подразнюючої дії, бути стійким до стерилізації, простим в обігу, тривало експлуатуватися на рані. Крім того, від перев'язувального засобу очікується і лікувальна дія, тому багато з них є носіями біологічно активних речовин, що десорбуються в рану в необхідному дозуванні.

Проте сучасні засоби для накладання ранових пов'язок, створені за новітніми технологіями, що мають високі терапевтичні характеристики, представлені на українському фармацевтичному ринку майже повністю іноземними фірмами-виробниками. Тому розробка ефективних і дешевих перев'язувальних засобів, пов'язок, що прискорюють загоєння ран, опіків, травм, дозволяють забезпечити ефективну медичну допомогу на догоспітальному етапі і в побуті, скоротити терміни перебування хворих у стаціонарах і терміни непрацездатності є актуальною задачею.

Колективом нашого інституту було розроблено кілька видів засобів захисту і лікування ран, технологічні умови їх виготовлення, а також створено макети обладнання.

Так, була розроблена технологія виготовлення багат шарового аплікаційного матеріалу на текстильній основі з біологічно-активним полімерним покриттям «РаноЛік» для лікування ран і опіків на різних стадіях загоєння, створення умов для неускладненого перебігу раневого процесу і своєчасної епітелізації рани. Створені засоби (рис. 1) являють собою нетканый матеріал з багат шаровим полімерним покриттям, яке містить біологічно-активні і лікарські компоненти. Прилеглий до рани шар аплікації виконаний на основі природного полісахариду хітозану, який посилює антимікробні властивості пов'язки. Нижні шари аплікації – полімерний матеріал, фіксований на нетканому текстильному матеріалі, складається з суміші природних і синтетичних полімерів, пластифікатора, антимікробних і знеболюючих речовин.

Запатентована структура і склад аплікаційного матеріалу «РаноЛік» роблять пов'язку міцною, гнучкою, підтримуючи високий рівень антибактеріальних, анестезуючих, ранозаживлюючих компонентів.

Аплікаційне покриття має велику питому площу поверхні, що сприяє швидкій взаємодії з ексудатом і виділенню лікуючих компонентів.

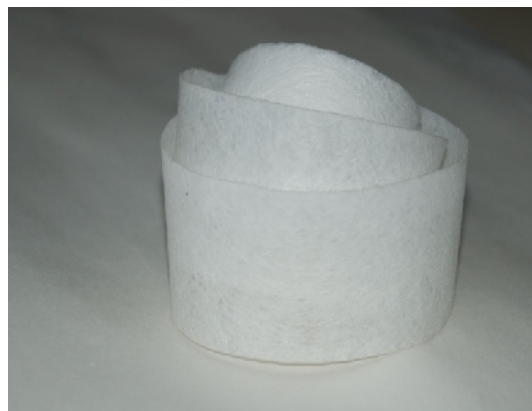
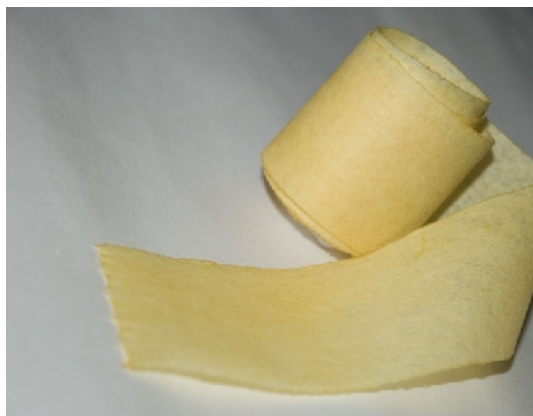


Рис. 1. Зразки аплікаційних матеріалів на текстильній основі з біологічно-активним полімерним покриттям «РаноЛік».

Отримані ранозахисні аплікаційні матеріали мають просте і зручне застосування (не потребують додаткових знань для використання, використовуються як звичайні марлеві серветки, накладаються у будь-якій орієнтації); мають можливість використання для самодопомоги (населення).

Одержані ранозахисні покриття характеризуються атравматичністю, сорбційною здатністю до ексудату (до 10,6 – 11,2 г/г при одnobічному контакті з фізіологічним розчином), пластичністю, що забезпечує повне моделювання раневої поверхні, обмеженою паропроникністю (0,5 – 0,7 мг/см²·год), володіють пролонгованою кінетикою десорбції з плівки біологічно активних і лікарських речовин – до 2-х діб, що свідчить про можливість експозиції ранозахисних пов'язок та покриттів на рані протягом терміну - до 1-2 діб.

Створені матеріали можуть випускатися у кількох формах: бинти в рулонах, бинти складені гармошкою (що є більш зручним при використанні для самодопомоги в екстрених умовах), серветки, пластрні пов'язки, аплікатори та ін.

Процес виготовлення ранозахисних аплікацій включає обробку текстильного носія за допомогою розробленої установки шляхом проходження через ванни з робочими розчинами і подальшою сушкою, наступним пакуванням виготовленого матеріалу. Нижній шар покриття утворюється безпосередньо на текстильній основі в процесі імпрегнації попередньо просоченого зшиваючим агентом текстильного носія полімерним розчином з гідрофільних полімерів.

Для реалізації наведеної технологічної схеми нанесення покриття з лікувальними компонентами на текстильну основу було розроблено, виготовлено і опробовано макети лабораторного обладнання (рис. 2), що дозволяють обробляти тканини в рулонах шириною до 240 мм.

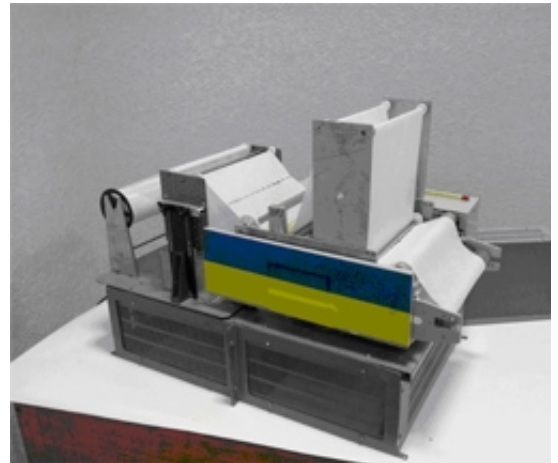
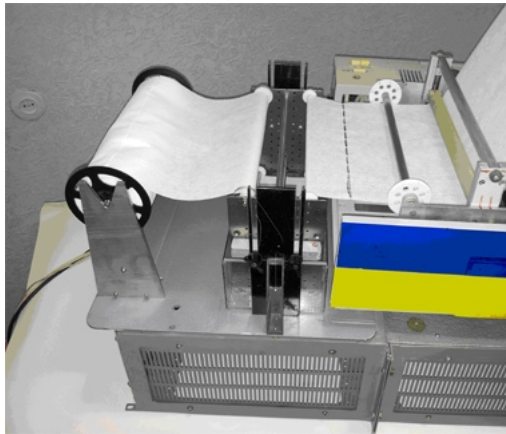


Рис. 2. Зразок макету лабораторної установки для створення аплікаційних матеріалів «РаноЛік».

Також нами були розроблені гідрогелеві пов'язки з високим вмістом води і технологія їх виготовлення. Ці матеріали призначені для лікування важкозагоєваних ран: виразки, рани опікові, пролежні, рани хірургічні, пошкодження шкіри, для лікування яких потрібне вологе середовище

Пов'язка являє собою еластичний пласт гідрогелю товщиною 2-3 мм (рис. 3), виконаний на основі натуральних (хітозан) і синтетичних біосумісних полімерів, містить антимікробні, знеболюючі, біологічно-активні компоненти.

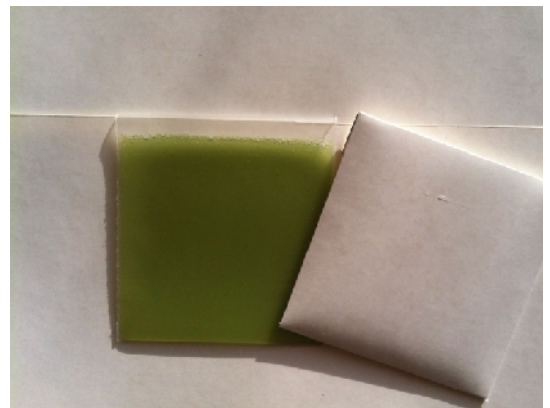
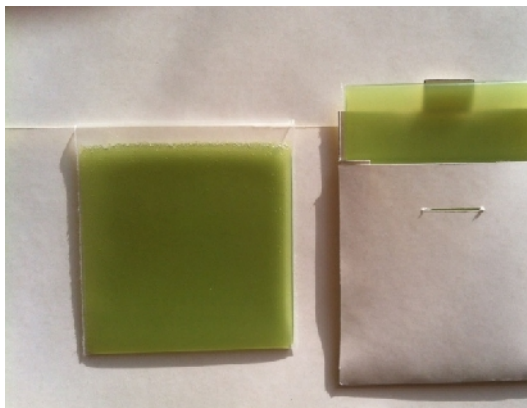


Рис. 3. Зразки гідрогелевих пов'язок.

Як працюють:

Гідрогелі створюють ефективний бар'єр проти інфекції ззовні, проникний для кисню і ліків, а завдяки високому вмісту води моментально створюється рівномірне вологе середовище в рані, яке забезпечує оптимальний мікроклімат для регенеративних процесів. Стимуляція загоєння відбувається завдяки «конструкції»: гель + антимікробний препарат, а також завдяки додатковим біологічно-активним засобам (лікувальні олії, вітаміни, екстракти лікарських рослин, наприклад, алое). Гідрогелеві пов'язки мають тривалий лікувальний ефект – впродовж 2-х – 7-ми діб. Для них характерна хороша адгезія до здорової шкіри і рани, але без тенденції до прилипання.

Переваги гідрогелевих пов'язок:

- ✓ Володіють ефектом легкого холоду, ідеально для надання першої медичної допомоги при опіках
- ✓ Не прилипають до рани
- ✓ Гель не розчиняється при взаємодії з ексудатом рани, не залишає залишків в порожнині рани при видаленні
- ✓ Зміна пов'язки м'яка і безболісна для пацієнта, не ушкоджує молодого, наростаючого епідермісу.

Порівняння характеристик створених матеріалів на текстильній основі з полімерним покриттям та гідрогелевих засобів з існуючими аналогами показало, що вони володіють паропроникністю, капілярністю, сорбційною здатністю, а також пролонгованістю дії складу на рівні сучасних вимог до перев'язувальних матеріалів для лікування ран. Отримані дані свідчать про можливість експозиції матеріалу на рані впродовж терміну до двох – семи діб – за цей час відбувається повна десорбція лікарських препаратів із покриття. Наявність у складі покриттів природного полісахариду хітозану, з притаманними йому біосумісністю і здатністю до біодеградації, імуностимулюючою активністю, антимікробною дією, надає додаткові переваги засобам лікування поранень, опіків, виразок, трофічних ран та інших станів хворого.

Відносна собівартість розроблених вітчизняних засобів захисту і лікування ран при серійному виробництві менша за відомі сучасні закордонні аналоги у 4-5 разів.

Наведені вище дані свідчать про конкурентоспроможність створених нами засобів, як по лікувальним, так і по економічним вартісним показникам, а відповідно вони можуть стати вітчизняною імпортозамінною продукцією. Наявність в Україні власних розробок і власного виробництва засобів первинного захисту і лікування ран може створити нові перспективи для випуску конкурентоздатної і імпортозамінної продукції для забезпечення індивідуальних аптек військових, водіїв, поліклінік, госпіталів, служб швидкої допомоги, десятків тисяч хірургічних операцій, які виконуються в Україні, а також використання населенням як для первинної допомоги, так і при лікуванні чисельних травм, опіків, ран.

Результати наведених розробок захищені Патентами України:

1. Пат. № 92557 Україна, МПК А61L 15/16, А61F 13/15. Багатошаровий матеріал для аплікацій з біологічно активним покриттям. /Конопля М.М., Ковтун Г.І., Мисюра А.Г. - Опубл. 26.08.2014, бюл. № 16.
2. Пат. заявка № А201403014 Україна, МПК А61F13/15. Універсальне обладнання для виготовлення медичних засобів. /Мисюра А.Г., Дидюк М.В., Король В.І., Голуб В.А., Конопля М.М., Ковтун Г.І., заявл. 25.03.2014.
3. Пат. заявка №А 201501202 Україна, МПК А61L15/28, Гель медичного призначення / Ковтун Г.І., Мисюра А.Г., заявл. 13.02.2015
4. Пат. заявка №А 201501203 Україна, МПК А61L15/28, Спосіб одержання гелю медичного призначення /Ковтун Г.І., Мисюра А.Г., заявл. 13.02.2015

Остапченко Л.І., Берегова Т.В., Скочко Н.С., Фалалєєва Т.М.

Навчально-науковий центр «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПРОТИОПІКОВИЙ ПРЕПАРАТ НА ОСНОВІ МЕЛАНІНУ

За даними ВООЗ, у структурі смертності населення третє місце займають травми, опіки, отруєння та інші каліцтва. До числа найбільш частих ускладнень у хворих з травматичними пошкодженнями відносяться пролежневі рани, що розвиваються в 25-45% випадків. На опікову травму припадає близько 14% і кожен рік від неї страждає близько 840 млн. людей у світі. В Україні щорічно реєструється більше 100 тис. випадків опікової травми, при чому 60-80% обпалених мають поверхневі опіки шкіри II-IIIА ступеня, що не вимагають оперативного втручання. Отже, поширеність серед населення ускладнених ран, тривалість їх перебігу, недостатньо ефективна терапія, економічний збиток, викликаний тимчасовою втратою працездатності хворих, змушують вчених працювати над створенням нових дерматотропних препаратів.

Відомо, що поліфенольні сполуки проявляють виражену біологічну дію, а саме репаративну, антиоксидантну, протизапальну, ранозагоючу. До поліфенольних сполук належать меланіни - пігменти шкіри, волосся, райдужки, чорної субстанції мозку та ін. Меланін захищає організм від ультрафіолетового та рентгенівського опромінення, володіє стреспротективною, цитопротективною та антиоксидантною дією. Меланін здатний зв'язуватись з колагеновими волокнами, стабілізує їх і попереджає утворення небажаних зшивок між амінокислотами. За кордоном меланін використовують як субстанцію для ряду препаратів, в т.ч. дерматотропних. Наприклад, в Біларусі зареєстрована і є на ринку мазь з меланіном (Меланінова мазь, 0,05% Белмедпрепарати).

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що меланін, продуцентом якого є антарктичні чорні дріжджеподібні гриби *Nadsoniella nigra* штам Х1-М, при пероральному застосуванні володіє цитопротективними, стреспротективними, радіопротекторними, антиоксидантними, протизапальними, імуномодулюючими та протипухлинними властивостями. Одержані дані послугували підґрунтям для вивчення дерматотропних властивостей меланіну.

В експериментах на щурах було показано, що при нанесенні на опікову поверхню гелю карбополу з меланіном не відбувалося інфікування рани, гоєння відбувалося без рубцювання і з укороченням першої фази репарації. Запропонований препарат проявляв знеболюючу дію. Гоєння різаних ран при застосуванні гелю з меланіном відбувалося на 3 дні швидше.

Проведені дослідження гострої і підгострої токсичності меланіну. Для завершення доклінічних досліджень будуть проведені дослідження хронічної токсичності, мутагенності та ембріотоксичності.

Запорожець О.А.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

НОВІ ЕФЕКТИВНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦІЇ ТА ЛІКУВАННЯ РАН, А ТАКОЖ ПРОСТІ ТЕСТ-МЕТОДИ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

Короткий опис

Пропонується розробка: «Лікарські форми, детоксикаційні засоби та тест-засоби для екологічного моніторингу»

для лікування:

інтоксикацій різного ступеню тяжкості і походження (хімічними агентами; продуктами згоряння, вибухів тощо);

гнойно-септичних ран (зокрема великої площі)

на основі:

1. **Імобілізованих ліків, біологічно активних речовин та дезінфікуючих речовин різної природи на поверхні ентеросорбенту IVпокоління**, які поряд із ефективним вилученням токсинів із організму проявляють ранозагоюючу, протиалергенну, бактеріостатичну та дезінтоксикаційну дію.

2. **Пінополіуретанів (ППУ)** – пористих полімерних матеріалів із мембраноподібною структурою на основі поліетерів чи поліестерів, що випускаються промисловістю, у тому числі у вигляді простирадл товщиною від 1 мм і більше. ППУ – м'який, легкий та водночас міцний матеріал, пропускає повітря та вологу.

ППУ сорбує від мікрограмових (хемосорбція – внаслідок утворення комплексів з переносом заряду) до міліграмових (фізико-хімічна сорбція) кількостей йоду з утворенням матеріалу I₂-ППУ. З поверхні I₂-ППУ йод поступового вивільнюється в газову фазу (повітря), причому рівень вивільнення його регулюється кількістю іммобілізованого йоду. Внаслідок цього припущено, що матеріал I₂-ППУ проявлятиме антибактеріальні властивості. Матеріал I₂-ППУ легко отримати в лабораторних та побутових умовах з ППУ і йоду кристалічного чи йоду, розчиненого в спирті чи воді (у формі KI₃).

Від біоцидного матеріалу I₂-ППУ можна очікувати потужну антимікробну дію, якою володіють вже відомі біоцидні йодофорні матеріали, по відношенню до грамнегативних і грампозитивних бактерій (включаючи метицилін-стійкі: золотистий стафілокок, ванкоміцин-резистентний, *enterococcus faecium*, і бактеріальні спори), грибків і вірусів, а також інгібування утворення бактеріальних колоній.

Сухий матеріал I₂-ППУ може бути використаний для знезараження ранових поверхонь та питної води у польових та стаціонарних умовах від патогенних мікроорганізмів.

Можливе застосування I₂-ППУ: а) у вигляді бинтів котрі, залежно від ступеню складності ураження, можна накладати до чи після первинної обробки поранень безпосередньо на уражену поверхню чи кровозупиняючі матеріали або на медичні бинти. Перевагою таких матеріалів є легкість використання на відміну від йодоформних мазей і полімерних плівок на основі полівінілпіролідону, що не пропускають повітря та можуть сприяти сприванню; б) у вигляді таблеток різного розміру для знезараження питних вод.

Бактерицидний матеріал I₂-ППУ пропонуємо зберігати у щільних боксах з непрозорого матеріалу, наприклад у циліндричних тубусах різного розміру;

для екологічного моніторингу

на основі:

простих у використанні, дешевих і водночас високочутливих, придатних для використання безпосередньо на місці відбору проби **тест-засобів для швидкого екологічного моніторингу** на наявність шкідливих речовин, що потрапили у ґрунти, води тощо внаслідок вибухів, обстрілу територій різними типами снарядів, а також пожеж на побутових і промислових об'єктах.

Робота виконується в рамках прикладної бюджетної теми № 14БП037-02.

Розробки захищено понад 50 патентами України, зокрема №101250 (11.03.2013 р., бюл. №5), №101251 (11.03.2013 р., бюл. №5), №102780 (12.08.2013 р., бюл. №5), №102781 (11.03.2013 р., бюл. №15), №102959 (27.08.2013 р., бюл. №16), №102966 (27.08.2013 р., бюл. №16), №103832 (25.11.2013 р., бюл. №22), №103842 (25.11.2013 р., бюл. №22). Є додаткові ноу-хау.

Демченко П.І.; Трахтенберг І.М., Демченко В.Ф.; Назаренко О.П.

Національний університет імені Тараса Шевченка;

ДУ «Інститут медицини праці Національної академії медичних наук України»;

Клініка імунології та алергології «Форпост»

ПЕКТИНОВМІСНІ ПРЕПАРАТИ ДЛЯ БІОПРОФІЛАКТИКИ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ ХІМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Забруднення виробничого середовища та довкілля може спричиняти професійно та екологічно обумовлені захворювання населення України. На виробництві рівень понад 140 професійних хімічних шкідливих факторів може перевищувати гранично допустимий, а у багатьох випадках їх дія може відбуватися ще і поєднано.

За висновками ЮНЕП пріоритетними глобальними забруднювачами оточуючого середовища є важкі метали (ВМ), стійкі органічні забруднювачі (СОЗ – ПХБ, діоксини, ГХБ, ДДТ та ін.). Для України не меншу вагу мають також і радіонукліди.

Актуальним для профілактики та лікування захворювань хімічної етіології є розробка відповідних заходів та препаратів, особливо – на основі речовин природнього походження.

Тому, серед заходів щодо мінімізації шкідливої дії хімічних речовин на організм людини важливе місце може зайняти пектинопрофілактика, запровадження якої здійснює понад два десятиріччя лабораторія промислової токсикології (керівник – академік І.М.Трахтенберг) ДУ «Інститут медицини праці НАМН України».

Результатом співпраці Національного університету імені Тараса Шевченка з Інститутом медицини праці АМН України стали пектиновмісні препарати (ТУ У 15.8 – 16475490.001-2001), що виробляються промисловим шляхом (ТОВ НВП «Технологіка» Україна) та застосовуються у практичній медицині в Україні та, наприклад, Білорусі.

Отримані результати свідчать про можливість суттєвого зниження техногенних навантажень професійних та / або екологічних - сполуками ВМ, радіонуклідами та іншими потенційно токсичними хімічними речовинами (ПТХР).

За останні роки спостерігається відчутне підвищення алергічних захворювань, серед яких значну частину займає бронхіальна астма (БА). Основу виникнення БА складають імунологічні порушення, які виникають у різних ланках імунної системи. Це дисфункція Т-лімфоцитів, В-лімфоцитів, фагоцитуючих клітин, наявності процесів аутоімунізації, обумовленою схожістю антигенів мікрофлори дихальних шляхів, кишечника та легеневої тканини. Дуже важливе значення має мікрофлора кишечника, яка бере участь у місцевому імунному відгуку. У більшості хворих с БА є супутня патологія системи травлення, це дисбактеріоз кишечника та інші. Такі порушення є потужними провокаторами алергічного захворювання.

У попередніх дослідженнях було показано, що ефективним засобом є пектинопрофілактика. Зазначим, що найбільш ефективним є саме буряковий пектин, який є постійною складовою розроблених нами препаратів.

Пектини очищують мембрани клітин від токсичних речовин, алергенів, а також з'язують їх у кишечнику.

На цьому фоні мікрохвильова НВЧ терапія ефективніше діє на мембрани імунних клітин, нормалізуючи частотно-резонансні властивості мембран. Головними елементами мембрани є мембранні рецептори білкової природи (як вхід регуляторних систем), які є регуляторами.

При вивченні змін імунних показників хворих на БА з ускладненням системи травлення, з одночасним застосуванням НВЧ-терапії та комплексної пектинопрофілактики, аналізувались показники у 85 хворих. Основна група з застосуванням НВЧ та пектинопрофілактики на фоні базової терапії складала 25 хворих. До контрольної групи 1 увійшло 20 хворих (застосовувалась НВЧ на фоні базової терапії). Контрольну групу 2 склали 20 хворих, де застосовувався пектин на фоні базової терапії. Контрольну групу 3 склали 20 хворих, в якій проводилась лише базова терапія.

НВЧ-терапія проводилась апаратом «Електроніка НВЧ-111» (частота 61,2 ГГц, модуляційні частоти 8; 4; 9,4; 3,8 Гц потужністю 5,2 мВт) неінвазивним методом на рефлексогенні зони (10 процедур по 30 хвилин кожна). Пектиновмісний препарат (отриманий за розробленими ТУ) застосовувався на протязі 14 діб (по 4 табл. після їжі тричі на день).

За результатами імунологічних досліджень виявлено порушення у всіх популяціях Т-лімфоцитів. Зниження Тлф % CD3, Тхл % CD4, найбільше зниження Тс % CD8. При цьому, найбільший імуностимулюючий ефект спостерігається при комплексній дії НВЧ-терапії з пектиновмісними препаратами на фоні базової терапії.

Водночас з імунологічним обстеженням проводили бактеріологічне обстеження на дисбактеріоз. Дисбактеріоз різної ступені виявлений у 51 (60%) хворого на БА з ускладненням системи травлення. При лікуванні спостерігалась нормалізація бактеріологічних показників у тих хворих, де були найліпші показники імунної системи.

Таким чином, при комплексному застосуванні НВЧ-терапії та пектинопрофілактики на фоні базової терапії спостерігається відчутний імунорегулюючий ефект. В підсумку відновлюється нормальна взаємодія клітин імунної системи між собою, з чужорідними клітинами та особистими клітинами організму. Нормалізація імунних показників веде до покращення місцевого імунітету слизової оболонки та відновлюванню її мікрофлори.

Одним з наслідків бойових дій на значній території України може бути створення надзвичайного екологічного стану (викиди сполук ВМ, інших ПТХР, продуктів згорання різного походження), зростання ризику хімічної небезпеки для великих контингентів військових та населення, працюючих, особливо в замкненому просторі, зокрема зварювальників (виробництво та ремонт бойової техніки).

Індивідуальна біопротілактика, а саме, пектинопротілактика – один з найбільш ефективних та універсальних шляхів вирішення проблеми хімічної безпеки сьогодення.

Сировинна база, розроблені технології одержання пектинових речовин та композиційних препаратів на їх основі, затверджена НТД, методичні документи супроводження та широкий досвід застосування – все це створює основу для подальшого розвитку пектинопротілактики у ситуації, що склалася в Україні.

Горбунов О.А., Осадчий Е.А.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ТРАНСФОРМЕРНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ У ВДОСКОНАЛЕННІ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ВІЙСЬКОВИХ В НОРМИ ТА ПАТОЛОГІЇ

Короткий опис

Метою проекту є створення комплексу «Пристрій трансформерний – асистент реабілітолога» (далі - комплекс ПТАР) для потреб військової медицини з використанням трансформерної інформаційної технології.

Особливістю даного комплексу є можливість, здатність проводити комплексну реабілітацію військовослужбовців, які перебували в зоні АТО. Комплексна реабілітація включає в себе фізичну та соціально-психологічну реабілітацію на всіх етапах лікування (госпіталь, санаторій, дома за місцем проживання) з використанням вітчизняних апаратів класу «EXOSKELETON» (ЕКС) та інших пристроїв - трансформерів (велотренажерів зі зворотним зв'язком, бігових доріжок і ходунків з розвантаженням ваги та ін.), програмно – багатоканальних електростимуляторів Міоритм, затверджених Міністерством охорони здоров'я, медичних програм фізичної і соціально-психологічної реабілітації.

Застосування комплексу ПТАР дозволить значно підвищити якість та ефективність військової медицини та медицини катастроф при вирішенні задач: одночасного надання реабілітаційної медичної допомоги великій кількості уражених в оптимальних обсягах і в найкоротші терміни; зменшення інвалідності та летальності на всіх етапах лікування; відновлення здоров'я та реабілітація поранених і травмованих в найкоротші терміни.

В даний час робота ведеться над вирішенням таких завдань: відновлення функції ходьби втрачених в результаті різних пошкоджень; відновлення рухової активності після вогнепального поранення верхніх і нижніх кінцівок з легким і середнім неврологічним дефіцитом; прискорений курс відновлення фізичної активності для знову мобілізованих бійців; підтримку і вдосконалення фізичної форми кадрових військових. Комплекс, що пропонується, є піонерським, тому що створюється з використанням трансформерних технологій та пристроїв - трансформерів різного рівня складності, що дозволить використовувати його при різних видах травм, а також використовувати в ортопедії, неврології, кардіології тощо. В результаті виконання проекту стане можливим вирішення прикладної проблеми цільового застосування комплексу.

Опис бажаного партнера

Тип бажаного партнера – організації (переважно науково-дослідні), які можуть брати участь у методичному(інструктивному) забезпеченні.

Шукаємо проблемно- зацікавлених, бізнесових та промислових партнерів .

Стан розробки

Розробка виконується на факультеті кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка в рамках прикладної бюджетної теми.

Контактна інформація:

Горбунов Олег Андрійович, с.н.сп., факультет кібернетики, тел. 2590427, моб. тел. 0662432399, e-mail: skeleton@univ.kiev.ua.

Гамалія М.Ф.; Радченко О.С., Степура Л.Г.; Шишко Є.Д., Штонь І.О.

Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є.Кавецького НАН України;

ННЦ «Інститут біології», Київський національний університет імені Тараса Шевченка;

Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є.Кавецького НАН України;

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ І ВПРОВАДЖЕННЯ У ВІЙСЬКОВО-ГОСПІТАЛЬНУ ПРАКТИКУ МЕТОДУ ФОТОДИНАМІЧНОЇ ТЕРАПІЇ ІНФІКОВАНИХ РАН

Загальне положення воєнної хірургії визначає, що будь-яка вогнепальна рана є контамінованою мікроорганізмами. Вона завжди містить змішану мікробну флору в кількості 10^5 - 10^6 колоніє-утворюючих одиниць/г тканини та некротичні осередки тканин, що є сприятливою основою для розвитку інфекційного процесу. Інфекційні ускладнення вогнепальних ран під час усіх війн були чи не найгострішою проблемою і значно погіршували наслідки поранень. У мирний час смертність 25% хворих у післяопераційному періоді також пов'язана з інфекційними ускладненнями.

Останніми десятиліттями ефективне лікування інфікованих ран і гнійно-септичних ускладнень оперативних втручань перетворилось на одне з нагальних завдань хірургічної практики у зв'язку з катастрофічним поширенням антибіотикорезистентних форм патогенних мікроорганізмів. Все частіше лікарі виявляються, майже як сторіччя тому, безсилими перед лицем бактерій, нечутливих до всіх доступних антибіотиків, не зважаючи на постійне створення все нових і все більш дорогих препаратів. У протилежність цьому, антибіотикорезистентні штами бактерій залишаються чутливими до фотодинамічної терапії (ФДТ) завдяки принципово іншому механізму її дії.

Принцип ФДТ полягає в обробці клітин спеціальним барвником (фотосенсибілізатором) з наступним фотохімічним (фотооксидативним) руйнуванням клітин лазерним світлом, котре активно поглинається барвником. Метод ФДТ може застосовуватись у двох основних напрямках:

- 1) для ураження пухлинних клітин при лікуванні онкологічних хворих;
- 2) для руйнівного впливу на патогенні мікроорганізми.

Якщо перший напрямок на даний час набув досить широкого практичного визнання, то другий ще тільки починає активно впроваджуватись у лікувальну практику передових країн світу.

На перспективність застосування фотодинамічної інактивації різноманітних патогенних, а особливо антибіотикорезистентних, мікроорганізмів вказують роботи, виконані у провідних наукових центрах США, Китаю, Нідерландів та деяких інших країн [1-6]. Дослідження проводяться на музейних та клінічних штаммах бактерій з використанням різноманітних фотосенсибілізаторів, а саме: метиленового синього, толудинового синього, малахітового зеленого, еозину, еритрозину, рибофлавіну, катіонних порфіринів. Вивчається вплив світла з різними

довжинами хвиль. Показано, що фотодинамічна інактивація на два-сім порядків знижує рівень виживання планктонних форм *Staphylococcus aureus*, *S. mutans*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Acinetobacter baumannii*, *Helicobacter pylori*. Позитивні результати отримано і при лікуванні інфікованих ран. Таким чином, у зв'язку з критичним поширенням антибіотикорезистентних форм бактерій, що інфікують рани, застосування ФДТ саме в якості протимікробного засобу стає сьогодні надзвичайно актуальним.

Метою даного проекту є розробка простого і доступного методу антимікробної ФДТ, придатного для лікування інфекційних ускладнень раньового процесу, особливо спричинених антибіотикорезистентними формами мікроорганізмів, з використанням вітчизняних лазерних установок і барвників-фотосенсибілізаторів, вироблених в Україні.

Проект поділяється на експериментальну та клінічну частини. Експериментальна частина роботи передбачає два базові підходи:

1) дослідження з тестування фотодинамічної активності попередньо обраних барвників у дослідках *in vitro* на культурах грампозитивних та грамнегативних бактерій;

2) дослідження *in vivo* з фотодинамічного лікування лабораторних тварин із штучно спричиненими інфікованими ранами.

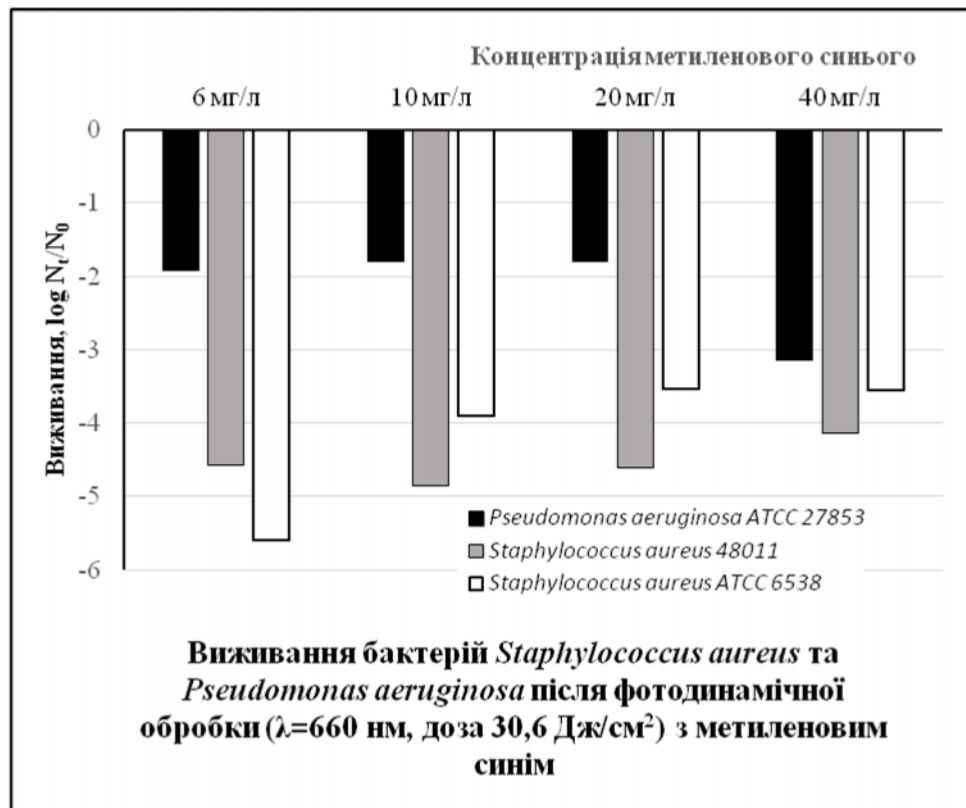
Перший підхід надасть можливість порівняти на типових представниках грампозитивних та грамнегативних бактерій фотодинамічну активність низки барвників і визначити найкращий для подальшої роботи. Другий дозволить змодельовати клінічну ситуацію і встановити лікувальну ефективність досліджуваного методу шляхом фотодинамічного впливу на рани щурів, стандартно нанесені й інфіковані культурами найбільш розповсюджених збудників інфекційних ускладнень раньового процесу – стафілококів, синьогнійної палички, протею та ін.

Клінічна частина роботи буде складатись з безпосереднього застосування експериментально відпрацьованого методу у лікуванні пацієнтів з інфікованими ранами. Головним завданням цього етапу виконання проекту має бути оптимізація режиму ФДТ (визначення потрібного ступеню забарвлення рани фарбником-фотосенсибілізатором, щільності потужності та дози лазерного випромінювання, кількості, тривалості та періодичності сеансів опромінення) для розробки і впровадження протоколу застосування методу, що буде забезпечувати можливість індивідуального підходу до пацієнтів з урахуванням особливостей поранення і стану пацієнта.

Передбачається, що спочатку метод буде апробовано і впроваджено у Головному військово-медичному клінічному центрі «Головний військовий клінічний госпіталь» у м. Києві, а згодом - у низці регіональних госпіталів та лікарень, в першу чергу тих, котрі вже висловили готовність до застосування цього методу у своїй лікувальній практиці.

На сьогодні, незважаючи на відсутність цільового фінансування, співробітники Інституту експериментальної патології, онкології і

радіобіології ім. Р.Є.Кавецького НАН України та ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка вже розпочали роботу над цим проектом і отримали перші позитивні результати. Так, було перевірено вплив лазерного опромінення (напівпровідниковий лазер фірми Фотоніка-плюс, м. Черкаси, $\lambda=660$ нм, щільність потужності 25 мВт/см^2 , доза $30,6 \text{ Дж/см}^2$) на суспензії умовно-патогенних бактерій: двох штамів *Staphylococcus aureus* та *Pseudomonas aeruginosa* у присутності різних концентрацій метиленового синього.



Як видно з рисунка, під впливом 20- хвилинної фотодинамічної обробки кількість планктонних життєздатних клітин *Staphylococcus aureus* при концентрації метиленового синього 6-10 мг/л зменшувалася, залежно від штаму, на чотири – п'ять порядків, а *Pseudomonas aureus* при 40 мг/л -- на три порядки.

Отримані результати переконливо вказують на перспективність розробки методу фотодинамічної терапії інфікованих ран. Запровадження у клінічну практику нового для України методу ФДТ здатне забезпечити значне підвищення ефективності лікувального процесу і зниження витрат за рахунок скорочення строку госпіталізації та виключення необхідності застосування дорогих антибіотичних препаратів.

Література:

1. Lambrechts S.A.G., Demidova T.N., Aalders M.C.G, et al. Photodynamic therapy for Staphylococcus aureus infected burn wounds in mice // Photochem Photobiol Sci.-2005.-V.4, N 7.- P.503-509.
2. Tavares A., Carvalho C.M.B., Fustino M.A., et al. Antimicrobial photodynamic therapy: study of bacterial recovery, viability and potential development of resistance after treatment // Mar Drugs.-2010.-V, N1.-P.91-105.
3. Alves A., Costa L., Carvalho C.M.B., et al. Charge effect on the photoinactivation of gram-negative and gram-positive bacteria by cationic meso-substituted porphyrins // BMC Microbiol. -2009.-9-70.
4. Rolim J.P., de-Melo M.A., Guedes S.F. The antimicrobial activity of photodynamic therapy against Streptococcus mutans using different photosensitizers //J. Photochem Photobiol B/ - 2012 V.105, N 5.- P.40-46.
5. Dai T., Tegos G.P., Zongshun Lu, et al. Photodynamic therapy for Acinetobacter baumannii burn infection in mice // Antimicrob Agents Chemother.- 2009.-V.59,N5.-P.3929-3934.
6. Sung Sook Choi, Hae Kyung Lee, Huin Suk Chae. Synergistic in vitro photodynamic antimicrobial activity of methylene blue and chitosan against Helicobacter pylori 26695 // Photodiagnostic and Photodynamic Therapy.- 2014.- V.11, Issue 4.- P. 526-532.
- 7.Nikolai Gamaleia, Genadiy Dolinskiy, Eugenia Shishko, Alexander Shcherbakov, Alexander Usatenko, Irina Shton, Petro Ermak. Photodynamic activity of nanogold-doped Fotolon: free radicals versus singlet oxygen. Forum on Immunopathological Diseases and Therapeutics.- 2011, # 2(3), P. 237-246.
- 8.Шишко Е.Д., Штонь И.А., Холин В.В., Гамалея Н.Ф. Плотность мощности лазерного излучения как фактор решающего значения при ФДТ. Фотобиология и Фотомедицина.- 2014, № 1-2, с. 68-75.

Ульянчик Н.В., Кулак Л.Д., Фірстов С.О., Кузьменко М.М.
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

НОВІ БІОМАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ТА ФУНКЦІЇ ПОШКОДЖЕНОГО ОРГАНУ ПРИ ОБШИРНИХ ТРАВМАХ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ

Віддалені результати використання кісткових імплантатів та ендопротезів показали ряд недоліків, пов'язаних з властивостями матеріалів, з яких вони виготовлені. Ці недоліки призводять до відторгнення імплантатів та руйнування кісткової тканини, яка їх оточує. Основні властивості кісткових імплантатів, що забезпечують їх надійність в експлуатації, це біологічна і механічна сумісність. Біологічна сумісність визначається хімічним і фазовим складом біоматеріалу і залежить від біосумісності іонів, що виділяються з поверхні імплантату в біологічне середовище та їх кількістю, тобто від корозійної стійкості матеріалу. Об'єктивно біосумісність можна оцінити по товщині і якості фіброзної капсули, утвореною навколо імплантату. Навколо інертного матеріалу товщина капсули мінімальна, навколо абсолютно біосумісного матеріалу фіброзна капсула відсутня і утворюється прямий контакт з кістковою тканиною. Навколо токсичного матеріалу утворюється рихла патологічна об'ємна капсула яка може переходити в новоутворення. Механічна сумісність визначається відповідністю механічних властивостей біоматеріалу до механічних властивостей ділянки кістки, який вона заміщає. Головним показником механічної сумісності є модуль пружності (модуль Юнга), при цьому показники міцності повинні бути достатніми, щоб витримати навантаження на імплантат. Традиційно використовувані нержавіючі аустенітні сталі, кобальтохромові сплави та титанові сплави, крім того, що містять токсичні домішки такі як кобальт, хром, ванадій, алюміній, ще мають і модуль Юнга, що значно перевищує модуль Юнга кістки. Недостатня біологічна і механічна сумісність цих матеріалів призводить до металлозу, лізісу, остеопорозу і руйнуванню кісткової тканини в якій вони знаходяться. Особливість кісткових імплантатів полягає в тому, що дуже складно поєднати високу біосумісність і міцність в одному матеріалі, тому дуже багато робіт направлені на створення композицій матеріалів з різними властивостями.

В Інституті проблем матеріалознавства НАНУ проводяться роботи по розробці, дослідженню, виготовленню та впровадженню в клініку імплантатів з нових біоматеріалів. Головний принцип цих робіт - отримання імплантатів з оптимальним поєднанням біологічної та механічної сумісності.

Найбільш біосумісним синтетичним матеріалом, який використовується при пластиці кісткової тканини, вважається біоактивна кераміка на основі фосфатів кальцію. Ця кераміка складається з елементів, що входять в структуру кісткової тканини. Деградує в біологічному середовищі і виділяючи в зону дефекту іони кальцію і фосфату, біоактивна

кераміка пролонговано сприяє репаративним процесам в кістковій тканині. Навколо цих матеріалів не виникає фіброзна капсула, встановлюється прямий контакт з кісткою з подальшим утворенням міцного кістково-керамічного композиту з наступним заміщенням на повноцінний регенерат. Були розроблені технології отримання біосумісних фаз фосфатів кальцію і методи дослідження їх властивостей. Розроблено ряд матеріалів, що відрізняються структурними, морфологічними і функціональними характеристиками, варіюючи якими, отримані вироби з різним ступенем резорбції і посиленими остеокондуктивними властивостями. Отримано дозвіл на застосування розроблених матеріалів в клінічній практиці. Зроблено більш 50 000 стоматологічних операцій, більше 500 ортопедичних операцій, близько 400 офтальмологічних операцій. Використання цих матеріалів для пластики кісткових дефектів, які не несуть значного навантаження, підтвердило перспективність подальшого розвитку технологій виготовлення нових матеріалів з біоактивної кераміки. Роботи, які проводяться по розвитку цих робіт направлені на підвищення біоактивності та міцності виробів з біокераміки, а також виготовлення виробів великих об'ємів по конфігурації дефекту.

Для виготовлення імплантатів, які несуть значне навантаження в ІПМ НАНУ розроблені сплави титану системи Ti-Si-Nb. Перевагою цих сплавів є їх хороша біологічна сумісність завдяки виключенню токсичних елементів (ванадію і алюмінію), введенню остеотропних елементів (кремнію і ніобію) і високої корозійної стійкості, а також механічна толерантність до властивостей кістки (зниження модуля Юнга, поліпшення характеристик міцності). Використання цих сплавів дозволить підвищити термін служби металевих імплантатів які зараз виготовляються зі сплаву титану BT6 з ванадієм і алюмінієм, перевищуючи їх по надійності.

Отримані результати випробувань на витривалість сплавів Ti-Si-Nb, після термічної і механічної обробок свідчать, що при оптимальних режимах термомеханічної обробки, вони перевершують по витривалості на 20-30% сплав Ti-6Al-4V. Модуль Юнга досліджуваних сплавів після загартовування знаходиться в межах 63-70,5 ГПа, що значно нижче, ніж у сплаву Ti-6Al-4V ELI, який дорівнює 110 ГПа.

Проведені порівняльні дослідження корозійної стійкості сплавів BT10, BT6 і системи Ti-Nb-Si, показали, що при максимально можливому стаціонарному потенціалі, що виникає в організмі, корозія сплаву системи Ti-Si-Nb відсутній, на відміну від BT10 і BT6.

Враховуючи високу біосумісність біоактивної кераміки в інституті також ведуться роботи зі створення композиційних матеріалів, в яких поєднуються біологічні властивості біокераміки та оптимальні механічні властивості нових титанових сплавів.

Нові композиційні матеріали відрізняються підвищеною спорідненістю з кістковою тканиною по біосумісності, порової архітектурі, морфології поверхні і механічними властивостями. Ці властивості створюють всі умови для відновлення втрачених функцій опорно-рухового апарату. Спільно з

Інститутом електрозварювання НАНУ розроблені покриття з біоактивної кераміки на вироби з титанових сплавів для забезпечення надійної фіксації металевих імплантатів в кістковій тканині. Властивості розроблених порошків з біокераміки і метод нанесення дозволяють отримати покриття з розвиненою поверхнею, надійною адгезією і фазовою чистотою.

Проведені гістоморфологічні дослідження стану кісткової тканини та регенерату навколо шурупа з VT6, Ti-Si-Nb і шурупа з покриттям з наноструктурованих біокераміки, показали, що в різьбі шурупа з VT6 до 6 місяців дослідження знаходиться тільки фіброзна тканина, а навколо нього тільки рихла грубоволокниста тканина, що погіршує його фіксацію в кістці.

Навколо шурупа з Ti-Nb-Si, грубоволокниста кісткова тканина з'являється в різьбі, причому ситуація поліпшується від 1 до 6 місяців перебування в кістці. У різьбі шурупа з покриттям відсутня фіброзна капсула повністю, на терміні 1 місяць в різьбі грубоволокниста кісткова тканина і навколо імплантату спостерігаються трабекули пластинчастої кістки вже на терміні 1 місяць, до трьох місяців регенерат відповідає повноцінній кістковій тканині.

Використання розроблених біоматеріалів при виготовленні кісткових імплантатів значно знизить ризик їх відторгнення, збереже кісткову тканину, значно збільшить термін служби імплантатів, дасть можливість створити конкурентоспроможні вироби.

В.Б.Неймаш, В.Ю.Поварчук; О.Ю.Колендо, А. Шилова, Н.В.Куцевол,
Інститут фізики НАН України.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

УКРАЇНСЬКІ ПОВ'ЯЗКИ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ РАН ТА ОПІКІВ НА ОСНОВІ РАДІАЦІЙНО-ЗШИТИХ ГІДРОГЕЛІВ

Раневі пов'язки з радіаційно-зшитих гідрогелів (РЗГГ) є сучасним засобом для надання екстреної допомоги при опіках, кровотечі та відкритому пневмотораксі (травматична розгерметизація грудної клітини). Вони являють собою еластичні плівки товщиною 3-5 мм із РЗГГ – прозорого желе-подібного стерильного матеріалу, що на 80-90% складається з води. Це 3-d полімерна сітка (губка) з розміром пор менше 1 мкм, завдяки чому вона утримує воду, допускає дифузію розчинів, але не пропускає бактерії. Такі пов'язки мають бути біологічно сумісними та не прилипати до ран. Вони можуть містити знеболюючі, антисептичні, кров зупинні та інші лікарські засоби. РЗГГ-пов'язки допущені і рекомендовані до застосування у військах НАТО. В Україні вони не виробляються. Імпортні РЗГГ-пов'язки добре зарекомендували себе в зоні АТО і входять до переліку найбільш актуальних поставок волонтерів.

Мета роботи – розробка вітчизняної технології виробництва РЗГГ-пов'язок, яка дозволяє суттєво знизити їх вартість за рахунок застосування українських матеріально-технічних ресурсів.

Ми досліджуємо процеси радіаційної зшивки у водних розчинах різного складу багато компонентних сумішей водорозчинних полімерів в широкому діапазоні молекулярних мас, а також природних матеріалів, таких як желатин та агар-агар.

Іонізація гідро-гелів в шарах товщиною 2-5 мм здійснюється опроміненням релятивістськими електронами з енергією 1 або 4 МеВ. Досліджено залежності ефективності радіаційної зшивки за механічними параметрами від флюєнсу та інтенсивності опромінення. Гідрофільність і газопроникність радіаційно-зшитих гідрогелів досліджено як функцію їх хімічного складу та умов опромінення електронами. Винайдено оптимальні композиційні склади вихідних гідрогелів та режими електронного опромінення, які дозволяють виготовити РЗГГ з необхідними характеристиками при флюєнсах радіації 2,5 – 10 Мрад. Це дозволяє досягти хірургічного рівня стерильності (10^{-6}) виготовленого матеріалу без суттєвого впливу на властивості ряду фармацевтичних засобів у складі РЗГГ.

В результаті проведених досліджень отримано експериментальні зразки раневих пов'язок на основі радіаційно-зшитих гідро-полімерних композитів (рис.1). За здатністю утримувати і віддавати воду, міцністю на розрив і пружністю, а також оптичною прозорістю вони близькі до показників РЗГГ бренду AQUA-GEL®.

На основі аналізу одержаних результатів сформульовані головні фізико-хімічні принципи технології виготовлення РЗГГ композитів для

використання як матеріалу раневих пов'язок, призначених для надання першої медичної допомоги при опіках і відкритих ранах. Ми плануємо вводити у ці полімерні матеріали в процесі зшивки наночастинки срібла, які є сильним бактерицидним агентом.

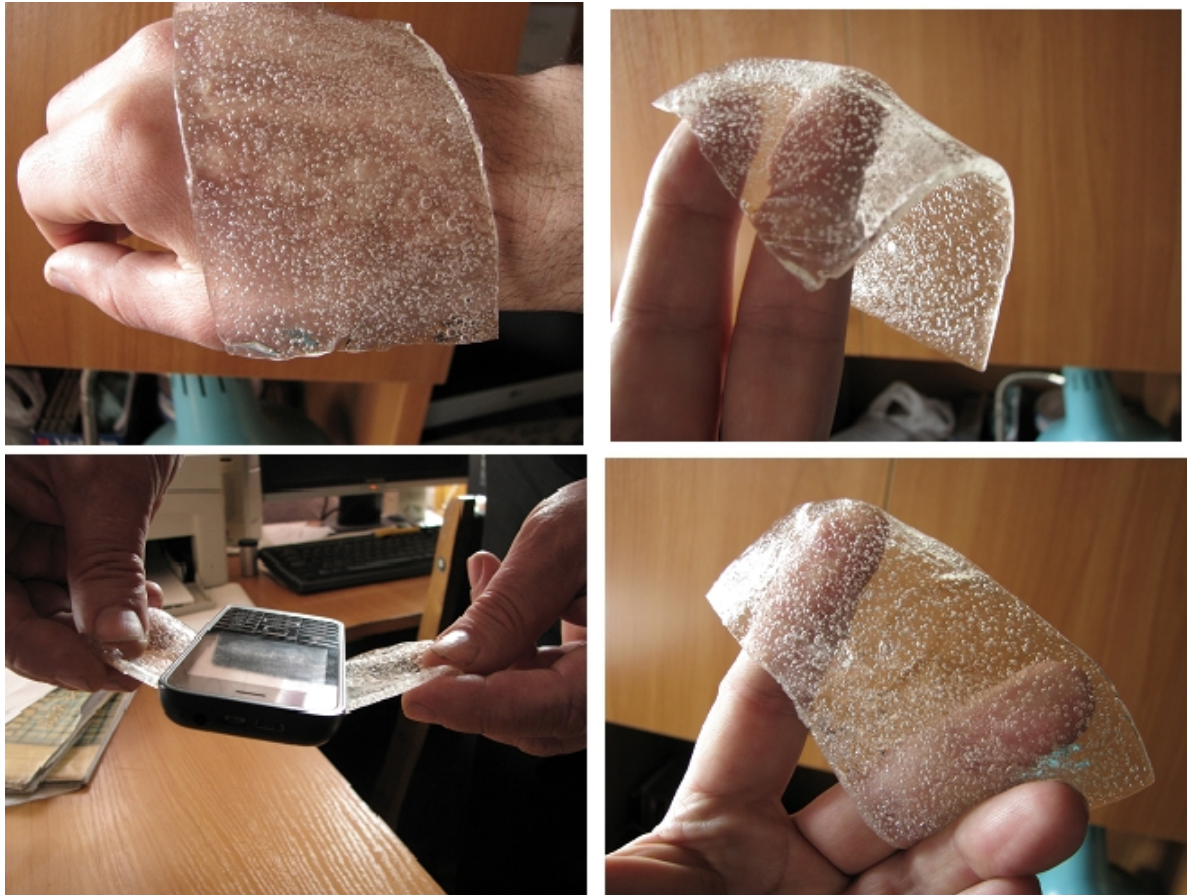


Рис.1. Експериментальні зразки українських РЗГГ

На даний час пропозиція на стадії розробки. Проте ми маємо зразки пов'язок доступні для демонстрації.

Ми шукаємо партнерів в Україні, які зможуть робити доклінічні дослідження для оптимізації складу та наповнювачів цих пов'язок, а також партнерів за кордоном, які мають сучасне обладнання для фізико-хімічної характеристики отриманих гідрогелів та наносистем.

Самарай В. П.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОЛЕННОГО ПРОТЕЗА МЕТОДАМИ ЛИТЬЯ

Цель

Для консолидации народной помощи солдатам, добровольцам отдавших свое здоровье при защите народа Украины и пострадавшим мирным жителям, с целью проектирования и производства экзогенных и эндогенных протезов для нижних и верхних конечностей и протезов суставов была создана Волонтерская группа “Украинский протез”. Участники группы считают, что конструкторский и производственный потенциал Украины достаточен для того, чтобы обеспечить мирных жителей и воинов пострадавших в АТО современным протезированием с полным циклом производства в Украине. Для реализации программы протезирования нужно объединить и скоординировать усилия украинских ученых, конструкторов, производителей и медиков, найти спонсоров для протезирования каждого из нуждающихся в помощи.

История проекта

В сентябре 2014 г. группа начала работу над созданием экзогенного (для потерявших большую часть ноги) протеза коленного сустава 4-5 поколения. Усилиями участников волонтерской группы и организаций, поддерживающих проект в декабре 2014 года была изготовлена модель протеза из пластика и металла, которая была продемонстрирована на выставке “3D Печать” в Торгово-промышленной палате Украины.

Инициаторами создания протезов выступили Скорикив А. А., доценты КПИ Киричук Ю. В. и Самарай В.П.. Проектирование модели было произведено доцентом КПИ Киричуком Ю. В., изготовление пластиковых деталей рабочей модели протеза произведено компанией “SmartPrint 3D” под руководством Е. Кожуховского.

В январе 2015 года Всеукраинской организацией “HighTech Initiative” под руководством ее президента Мазнюка Виктора Михайловича была создана информационная платформа для поддержки работ волонтерской группы – сайт WWW.PROTEZ.ORG.UA.

К концу февраля 2015г. силами ПАО “КЦКБА” (“Киевское центральное конструкторское бюро арматуростроения” – предыдущие названия “АРМА”, УФ ЦКБА и “Арматурный завод”) под руководством Крепака Сергея Александровича изготовлен первый цельнометаллический протез коленного сустава. Для опробования протезов двумя пострадавшими бойцами АТО и человеком, потерявшим ногу в мирное время планируется изготовить следующую серию протезов.

К концу декабря 2015г. на кафедре литейного производства черных и цветных металлов НТУУ “КПИ” для отработки литейной технологии и оригинальных решений были изготовлены первые металлические образцы

отливок деталей протеза, а к концу февраля 2015г. были спроектированы первые пробные варианты пресс-форм для серийного изготовления отливок деталей протеза методом литья по выплавляемым моделям.

В дальнейшем параллельно с апробированием протезов первой серии будут вестись другие работы по развитию коленного и других протезов:

- будут проводиться испытания протеза в специально сертифицированной лаборатории “НАДІЙНІСТЬ” НТУУ “КПИ”;
- будет проектироваться и изготавливаться усовершенствованная литейная и технологическая оснастка для серийного изготовления протезов;
- будет производиться сбор финансовых средств на изготовление второй серии протезов.

Технологии

Предполагается изготовление трех деталей протеза коленного сустава литьем. Для этого необходимо решить четыре вопроса, которые будут согласованы с требованиями конструирования и возможностями технологий.

1) **Материал отливки** и соответственно готовой детали. Предполагается испытать несколько материалов:

1.1. Обычные углеродистые стали согласно чертежей: Сталь30, сталь 40, сталь 45.

Преимущества: а) дешевизна; б) возможность закалки для увеличения твердости. Недостатки: а) корродирует; б) невозможность организовать массовое или крупносерийное производство методом литья под давлением; в) тяжелый сплав – большая плотность.

1.2. Нержавеющие стали.

Преимущества: а) не корродирует; б) относительная дешевизна. Недостатки: а) дороже углеродистой стали; б) невозможность организовать массовое или крупносерийное производство методом литья под давлением; в) тяжелый сплав – большая плотность.

1.3. Алюминиевые сплавы типа Силумин АК12 или другие.

Преимущества: а) не корродирует; б) дешевизна – САМЫЙ ДЕШЕВЫЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ – дешевле стали; в) малая плотность – легче стали и высокопрочного чугуна; лется под давлением - возможность организовать массовое или крупносерийное производство методом литья под давлением. Недостатки: а) прочность ниже, чем у углеродистой стали.

1.4. Высокопрочный чугун.

Преимущества: а) имеет плотность меньше стали и соответственно имеет меньший вес. По прочности он не уступает стали и даже превосходит. Недостатки: а) невозможность организовать массовое или крупносерийное производство методом литья под давлением; в) тяжелый сплав – большая плотность.

1.5. Магниевого сплавы.

Преимущества: а) легкий сплав, б) лется под давлением. Недостатки: тяжело лить - легко возгорается – огнеопасен.

1.6. Титан.

Преимущества а) легкий; б) не корродирует. Недостатки: а) очень дорогой; б) не льется под давлением.

2) Методы литья. Предполагается несколько методов литья:

2.1. Литье под давлением (ЛПД).

Преимущества: а) самое высокое качество поверхности (товарный вид) и всей отливки; б) самая высокая производительность; в) самые высокие возможности автоматизации процесса литья под давлением (ЛПД).

Недостатки: а) самая высокая стоимость изготовления пресс-формы; б) дороже обслуживание оборудования.

2.2. Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ).

Преимущества: а) низкая стоимость изготовления пресс-формы; б) возможность литья любых сплавов, в т.ч. легких (алюминиевые и магниевые сплавы) и тяжелых сплавов (углеродистой и нержавеющей стали и высокопрочного чугуна, титана).

Недостатки: а) малая производительность (длительный цикл изготовления одной отливки – нанесение 5-7 огнеупорных слоев в течение нескольких дней); б) большое количество дополнительных материалов (этилсиликат; спирт; соляная кислота; маршалит; серная кислота).

2.3. Литье по выжигаемым моделям (ЛГМ).

Преимущества: а) низкая стоимость изготовления пресс-формы; б) производительность выше, чем при ЛВМ; в) возможность литья любых сплавов, в т.ч. легких (алюминиевые и магниевые сплавы) и тяжелых сплавов (углеродистой и нержавеющей стали и высокопрочного чугуна; титана).

Недостатки: а) Экологические ограничения и ухудшенные санитарно-гигиенические условия; б) производительность ниже, чем при ЛПД.

2.4. Кокильное литье

Преимущества: а) высокое качество поверхности (товарный вид) и всей отливки; б) высокая производительность; в) самые высокие возможности автоматизации процесса литья.

а) низкая стоимость изготовления пресс-формы; б) производительность выше, чем при ЛВМ; в) возможность литья в ОБЛИЦОВАННЫЙ КОКИЛЬ - возможность литья любых сплавов, в т.ч. легких (алюминиевые и магниевые сплавы) и тяжелых сплавов (углеродистой и нержавеющей стали и высокопрочного чугуна).

Недостатки: а) высокая стоимость изготовления пресс-формы.

3) Доработка толщины стенок (согласованное уменьшение) и конфигурации отливок в соответствии с требованиями литейной технологии и уменьшения веса протеза:

3.1. Литейные уклоны

3.2. Припуски на мехобработку

3.3. Изменение конфигурации нетехнологичных частей

3.4. Литейные радиусы

3.5. Согласование разъема между полуформами

4) Проектирование и изготовление оснастки (пресс-форм):

4.1. ЛПД

4.2. ЛВМ

4.3. ЛГМ

Будут изготовлены отливки деталей протеза из всех указанных металлических сплавов, изготовлена все виды оснастки (пресс-формы) и опробованы все три указанных метода литья в связи:

а) с невозможностью или нецелесообразностью использования каждого из методов литья для каждого из сплавов.

б) с необходимостью сравнить качество литья, литейные, прочностные, технологические, пластические, вязкостные свойства, твердость.

в) с необходимостью отработать каждый из способов для литья каждого конкретного сплава.

г) с необходимостью иметь запасные уже отработанные способы изготовления (методы литья).

д) с необходимостью иметь несколько запасных комплектов оснастки для одновременной работы на нескольких производственных площадках.

Необходимое оборудование

1. 3D – принтер для изготовления выплавляемых моделей (из воска).
2. Центробежная литейная машина для заливки методами ЛВМ (литья по выплавляемым моделям) и ЛГМ (литья по газифицируемым моделям).
3. Вибростол для уплотнения литейных форм методами ЛВМ (литья по выплавляемым моделям) и ЛГМ (литья по газифицируемым моделям).
4. Печь универсальная термическая для подготовки литейных форм.
5. Машина литья под давлением.

Необходимые материалы

1. Металлическая шихта для сплавов – сталь углеродистая и нержавеющая, высокопрочный чугун, силумины, титан, магниевые сплавы.
2. Вспомогательные материалы: песок, маршалит, этилсиликат, ацетон, спирт, соляная и серная кислота.
3. Восковый материал для 3d- принтеров.
4. Воск литейный.
5. Невспененный пенополистирол.

Необходимая оснастка

- 1.Пресс-формы литья по выплавляемым моделям (Л В М).
- 2.Пресс-формы литья по газифицируемым моделям (Л Г М).
- 3.Пресс-формы литья под давлением (Л П Д).

В перспективе при необходимости возможно изготовление отдельных деталей протезов методами порошковой металлургии. Ставится цель создания интеллектуальных протезов с биоуправлением от импульсов мозга.



Рис.1-7. Модель и отливка “Нижний шарнир”



Рис.8-14.Модель и отливка “Колено”

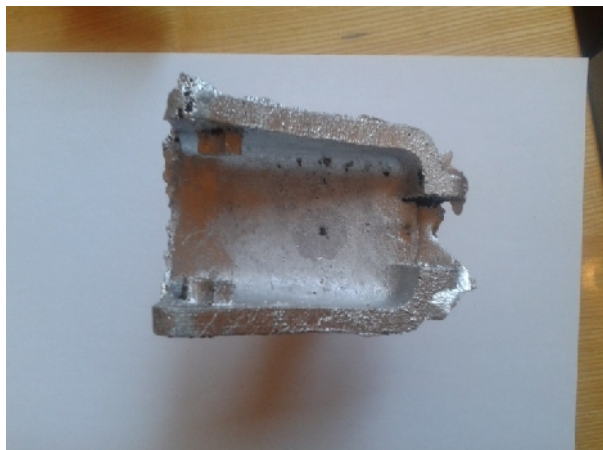
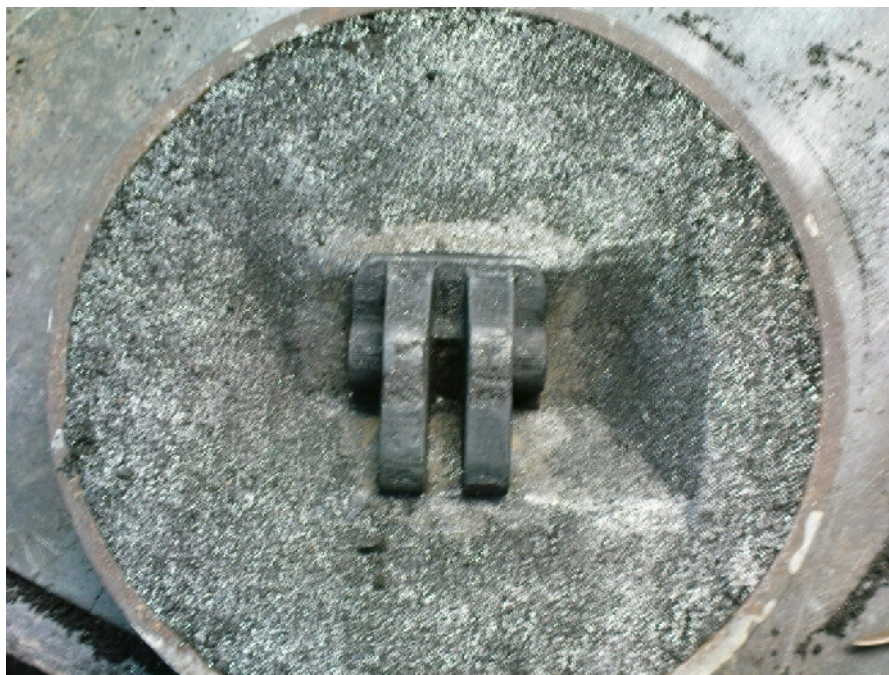


Рис.15-18. Модель и отливка “Рычаг-2”



**Рис. 19-22. Модель и разовая песчано-глинистая форма для детали
“ Рычаг-2”**



**Рис. 23-24. Модель и разовая песчано-глинистая форма для детали
“Колено”**

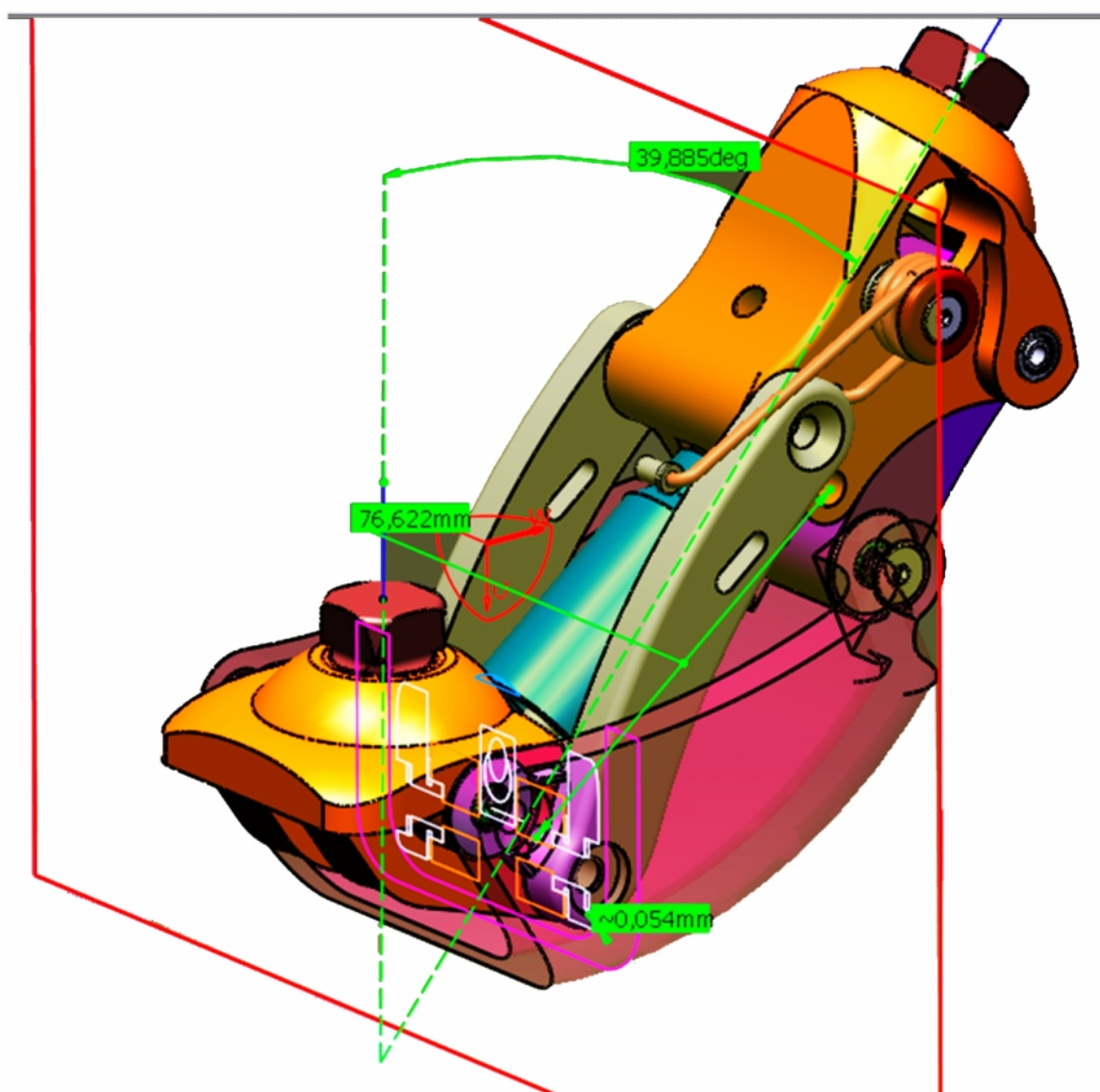


Рис. 25. Экзогенный протез коленного сустава

Лісачук Г.В., Кривобок Р.В., Захаров А.В., Федоренко Е.Ю., Приткіна М.С.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Радіопрозора кераміка це клас керамічних матеріалів, які мають унікальні електрофізичні та механічні властивості. Головним завданням таких матеріалів є безперешкодний прийом і передача електромагнітних хвиль певної частоти. Основними характеристиками радіопрозорих матеріалів (РПМ) є малі діелектричні втрати в інтервалі робочих температур ($\epsilon < 10$, $\operatorname{tg} \delta 10^{-2}-10^{-5}$). Також до них крім радіотехнічних характеристик висувається ряд вимог: високі значення термостійкості та вогнетривкості, низькі значення температурного коефіцієнта лінійного розширення і одночасно здійснення захисту від зовнішніх впливів (вологи, сонячної радіації, вітрових та динамічних навантажень).

Тенденції останнього часу вказують на те, що з РПМ служать також для виготовлення несучих елементів конструкцій літальних апаратів (ЛА) та мають відповідати вимогам до конструкційних матеріалів. Крім того, з розвитком авіаційної турбореактивної та ракетної техніки швидкості польоту і маневреність ЛА значно зросли, і, як наслідок, суттєво збільшились аеродинамічні і теплові навантаження на агрегати на їх поверхні. У зв'язку із цим до сучасних РПМ висуваються ряд додаткових специфічних вимог, що стосуються стабільності радіофізичних характеристик при експлуатації в умовах високих робочих температур, стійкості до теплового удару, ерозійної стійкості до дії пилу і газів при польотах на гіперзвукових швидкостях, низької теплопровідності і теплоємності та високої міцності.

Існуючі сьогодні матеріали, які здатні пропускати випромінювання радіочастотного діапазону, відповідають вимогам до РПМ за електрофізичними характеристиками, але за комплексом експлуатаційних властивостей, які мають забезпечити тривалу ефективну експлуатацію виробів, не задовольняють виробників аерокосмічної та військової ракетної техніки.

Унікальними в цьому сенсі є керамічні радіопрозорі матеріали, оскільки вони поєднують всі необхідні властивості та відрізняються високими робочими температурами (до 2000 °C). Втім існуючі керамічні РПМ (кварцові, цирконієві, високоглиноземисті, нітрид-силіцієві тощо) мають ряд недоліків, пов'язаних із складною багатостадійною високотемпературною технологією. Найбільш перспективним напрямком для отримання керамічних РПМ, які зберігають задані електрофізичні властивості в широкому температурному і частотному діапазоні, характеризуються високою жаростійкістю, ерозійною стійкістю та витривалістю до різких температурних коливань є синтез керамічних матеріалів на основі стронцієвого анортиту – славсоніту. Матеріали, що містять переважну кількість цієї фази характеризуються комплексом високих функціональних та експлуатаційних властивостей та використовують для виготовлення захисних елементів електронного обладнання, які забезпечують надійність захисту радіотехнічних систем наземного управління, в певній мірі визначають

аеродинамічні характеристики ЛА і точність керування та мають пролонгований термін служби.

Метою проведених досліджень було створення високотемпературних радіопрозорих керамічних матеріалів на основі системи $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, із зниженою температурою випалу.

З метою розширення діапазону відомих складів радіопрозорої кераміки у трьохкомпонентній системі $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ нами були обрані склади 0, 2 та 5, фігуративні точки нанесені на рисунку 1.

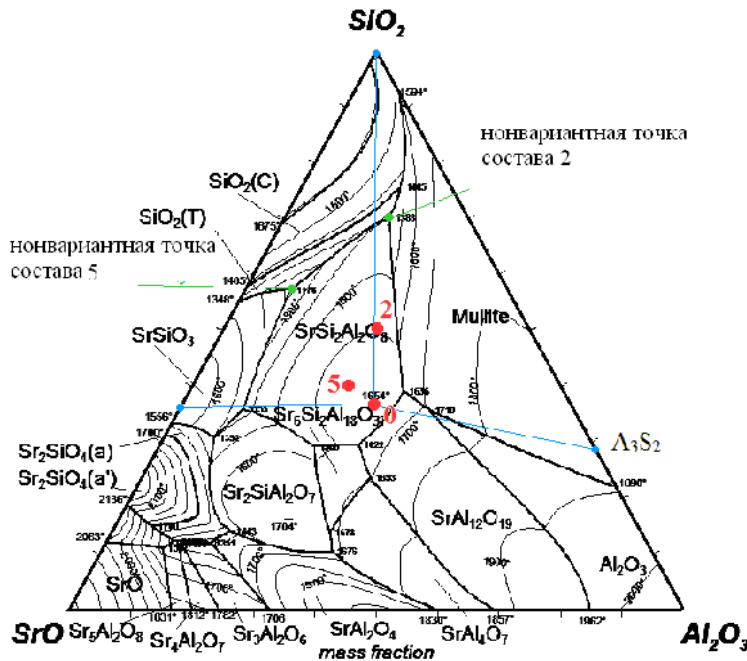


Рисунок 1 - Точки досліджуваних складів на діаграмі стану системи $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

У якості мінералізуючих добавок використовувалися оксиди, які характеризуються різноманітними механізмом впливу – SnO_2 , Li_2O і Cr_2O_3 , які вводили в досліджувані склади 0, 2 та 5 у кількості 1, 2 і 3 мас. % понад 100 %. Критерієм вибору мінералізуючих добавок став прогнозований характер їх впливу на процеси синтезу SAS.

Приготування зразків проводили за такою технологією. Сировинні компоненти подрібнювали у фарфоровому млині до залишку 4 - 6% на сіті 10000 отв./см². Пресування зразків проводили на гідравлічному пресі П-125 при питомому тиску 20 МПа. Відпресовані зразки сушили в сушильній шафі при температурі 110 °С протягом 1 години. Випал зразків проводили в лабораторній печі Naberterm. Температура випалу - становила 1250 °С, витримка при максимальній температурі становила 1 годину.

Оцінку процесу спікання досліджуваних керамічних мас проводили по наявності відкритої поруватості (П,%), величини водопоглинання (W,%), і уявної щільності (ρ_k , г/см³). Досліджувані властивості зразків наведені на рисунках 2-4.

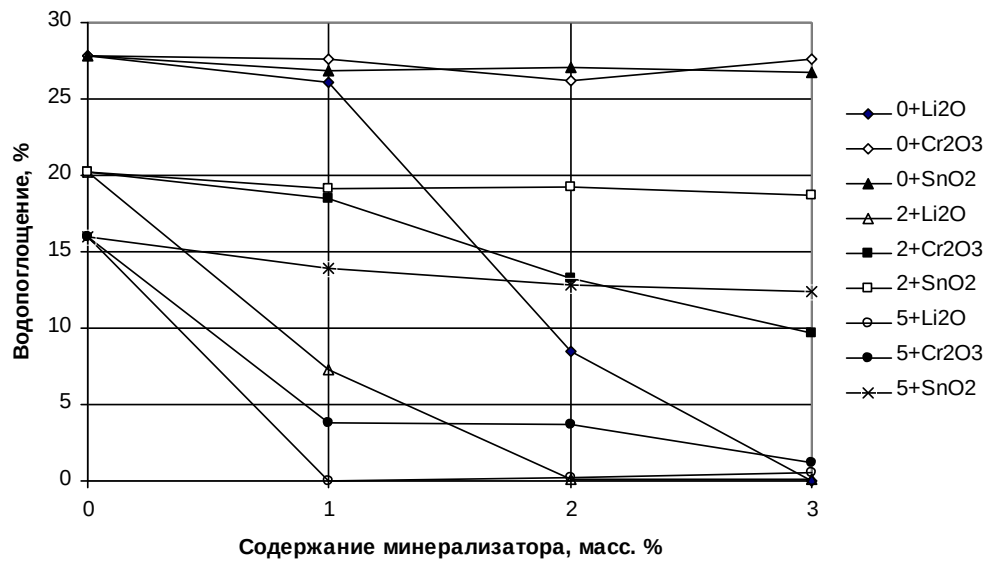


Рисунок 2 – Вплив мінералізуючих добавок на водопоглинання кераміки

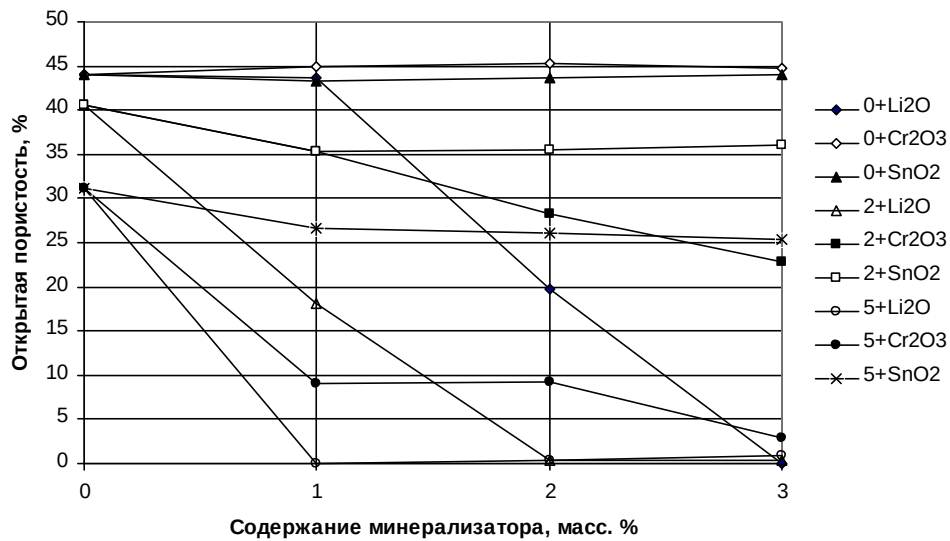


Рисунок 3– Вплив мінералізуючих добавок на відкриту поруватість кераміки

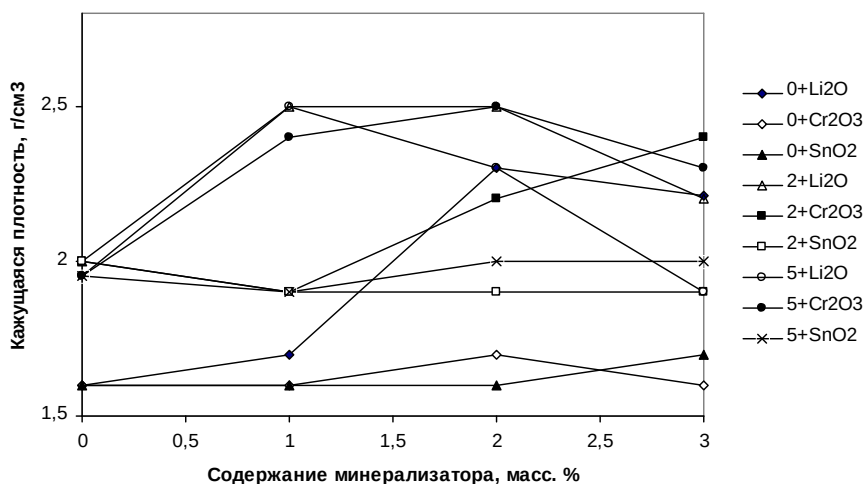


Рисунок 4 – Вплив мінералізуючих добавок на уявну щільність кераміки

Порівняльний аналіз зміни водопоглинання, відкритої поруватості та уявної щільності досліджуваних складів від температури випалу (див. рис. 2-4) показав, найкращою добавкою, яка знижує водопоглинання і відкриту поруватість та одночасно збільшує уявну щільність, є Li_2O . Що стосується інших добавок, то вони не виконали свою роль.

В результаті проведеної роботи встановлено, що введення мінералізуючої добавки Li_2O в кількості 1-3 мас. % понад 100% сприяє зниженню водопоглинання та поруватості і збільшенню уявної щільності для досліджуваних складів 0, 2 і 5. Це досягається при більш низькій температурі випалу 1250 °C, ніж без добавок.

На підставі проведених досліджень, були розроблені склади і технологія отримання керамічних радіопрозорих матеріалів на основі стронцій аноритової кераміки з пониженою температурою випалу.

Бібліографічний список

1. Marocco A., Liguori B., Dell'Agli G., Pansini M. Sintering behaviour of celsian based ceramics obtained from the thermal onversion of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A // Journal of the European Ceramic Society, Vol. 31, p. 1965–1973., 2011 – Scopus
2. Long-González D., López-Cuevas J., Gutiérrez-Chavarría C.A., Penabaz P., Baudin C., Turrillas X. Synthesis of monoclinic Celsian from Coal Fly Ash by using a one-step solid-state reaction process // Ceramics International Vol. 36, p. 661–672. , 2010.
3. Sung Y.M., Kim S. Sintering and crystallization of off-stoichiometric $\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ glasses // J. of Materials Science, № 35, p. 4293-4299, 2000
4. Sung Y.M. Phase formation kinetics in $\text{SrO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ glass // J. of Materials Science Vol. 37, №4, p. 699-703, 2002.
5. Orlova L.A., Popovich N.V., Uvarova N.E., Palearia A., Sarkisova P.D. High-temperature resistant glass-ceramics based on Sr-anorthite and tialite phases // Ceramics International, № 38, p. 6629–6634, 2012.
6. Song Chen, De-Gui Zhu, Xu-Sheng Cai Low-Temperature Densification Sintering and Properties of Monoclinic- $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ Ceramics // Metallurgical and Materials Transactions A Vol. 45, Issue 9, PP. 3995-4001, 2014.
7. Shchegoleva N. E., Sarkisov P. D., Orlova L. A., Popovich N. V. Physical-chemical and structural processes occurring during heat-treatment of strontium-aluminosilicate glass // Glass and Ceramics Vol. 69, Issue 3-4, pp. 117-121, 2012.
8. Матренин С. В. Техническая керамика. Учебное пособие / С. В. Матренин, А. И. Слосман. – Томск: Издательство ТПУ, 2004.
9. Дятлова К.М., Бобкова Е.М., Самуйлова В.К., Юркевич Т.К. Конструкционная керамика на основе алюмотитаносиликатной системы // Стекло и керамика. 1988. № 8. С 18–20.
10. Балкевич В. Л. Техническая керамика: Учеб. Пособие для вузов. – 2-е изд., переизд. та доп. / В. Л. Балкевич – М. : Стройиздат, 1984.

11. Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Захаров А.В., Федоренко Е.Ю., Питак Я.Н. Прогнозная оценка фазового состава и свойств радиопрозрачной керамики на основе системы $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ // Строительные материалы. 2015. № 1. С20 – 22.

Григор'єв О.М., Білик З.В., Сакун О.В., Марущенко В.В., Чернявський О.Ю.;
Литвинов Ю.В.; Полянський М.Є.

ФВП НТУ "ХПІ";

Харківський Національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди;

ХНУ ім. В.Н. Каразіна

ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ В ПРОСТОРІ НА ГАММА-ДЖЕРЕЛА, ВКЛЮЧАЮЧИ ІМПУЛЬСНІ

Для визначення напрямку на точкові гамма-джерела пропонується використовувати засоби з блоком детектування, в який входять чотири напівпровідникові детектори іонізуючих випромінювань, що розміщені в поглиначі з однорідного матеріалу, виконаному в формі сфери або асиметричних поглиначів. Точність вимірювання напрямку залежить від точності вимірювання рівнів сигналів і градієнта зміни товщини поглинача залежно від кута між джерелом і заданою координатою. В якості детекторів використовували телурид-кадмію розміром $5 \times 5 \times 2$ мм. Для реєстрації кількості імпульсів з детекторів розробили та виготовили аналізатори імпульсів. При проведенні експериментів використовували точкове джерело γ -випромінювання цезій-137 на відстані 3 метра від блоку детектування пристрою. Визначення кута в площині та просторі з використанням вище зазначених засобів проводили за коефіцієнтами пропорційності K_p , що являють собою відношення кількості імпульсів на одному детекторі до кількості імпульсів на іншому.

Експериментальна перевірка пристрою з використанням асиметричних поглиначів проводилась при синхронному вимірюванні чотирма багатоканальними аналізаторами імпульсів кількості імпульсів, які надходять з чотирьох детекторів, поміщених у поглиначі. Товщина одного з поглиначів не залежить від напрямку на джерело гамма-випромінювання, що зображено

на рисунку 1, де перший детектор (D_1) розташований в центрі коаксіального циліндра-поглинача товщиною 40 мм, що виготовлений зі сталі, з постійним коефіцієнтом ослаблення в інтервалі 2π радіан.

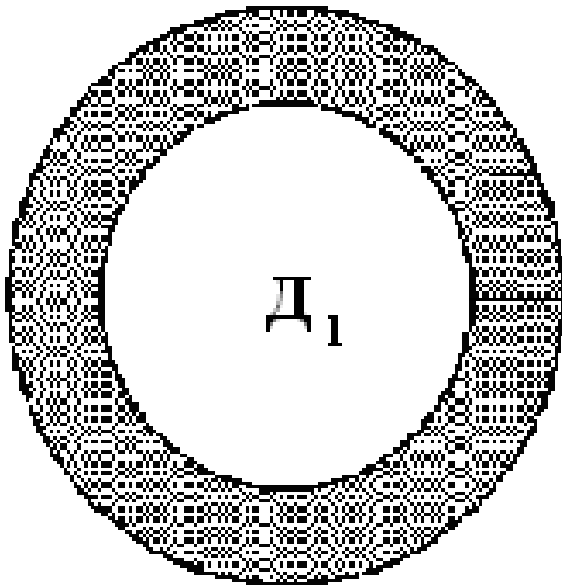


Рис.1. Детектор (D_1), поміщений в екран з постійним коефіцієнтом ослаблення

Товщина другого поглинача залежить від напрямку на джерело, що зображено на рисунку 2а, де другий детектор (D_2) розташований у внутрішньому геометричному центрі циліндру

діаметром 40 мм, в поглиначі, який рівномірно вигнутий, зі змінним коефіцієнтом ослаблення (сірим кольором позначений поглинач). В цьому поглиначі в діапазоні кутів від 0 до 2π радіан коефіцієнт ослаблення змінюється від мінімального значення до максимального. Форма виготовлена зі сталі, її товщина рівномірно збільшувалась від 10 мм до 70 мм. Третій поглинач з детектором (D_3) являє собою сектор коаксіального циліндра в діапазоні кутів $359^\circ \div 1^\circ$, що зображено на рисунку 2б, для виключення неоднозначності значення.

Для визначення напрямку в просторі використовували четвертий поглинач з детектором (D_4), що являє собою півкулю порожню в середині, товщина стінки якого змінюється від максимального до мінімального значення в діапазоні кутів 0° до 90° у вертикальному напрямку, що зображено на рисунку 3.

Під час експериментальної перевірки засобу з використанням сталюї кулі пропонується використовувати систему з чотирьох напівпровідникових детекторів іонізуючих випромінювань, які розміщені в поглиначі на глибині 10 мм у вершинах піраміди в основі якої лежить правильний трикутник (рис. 4).

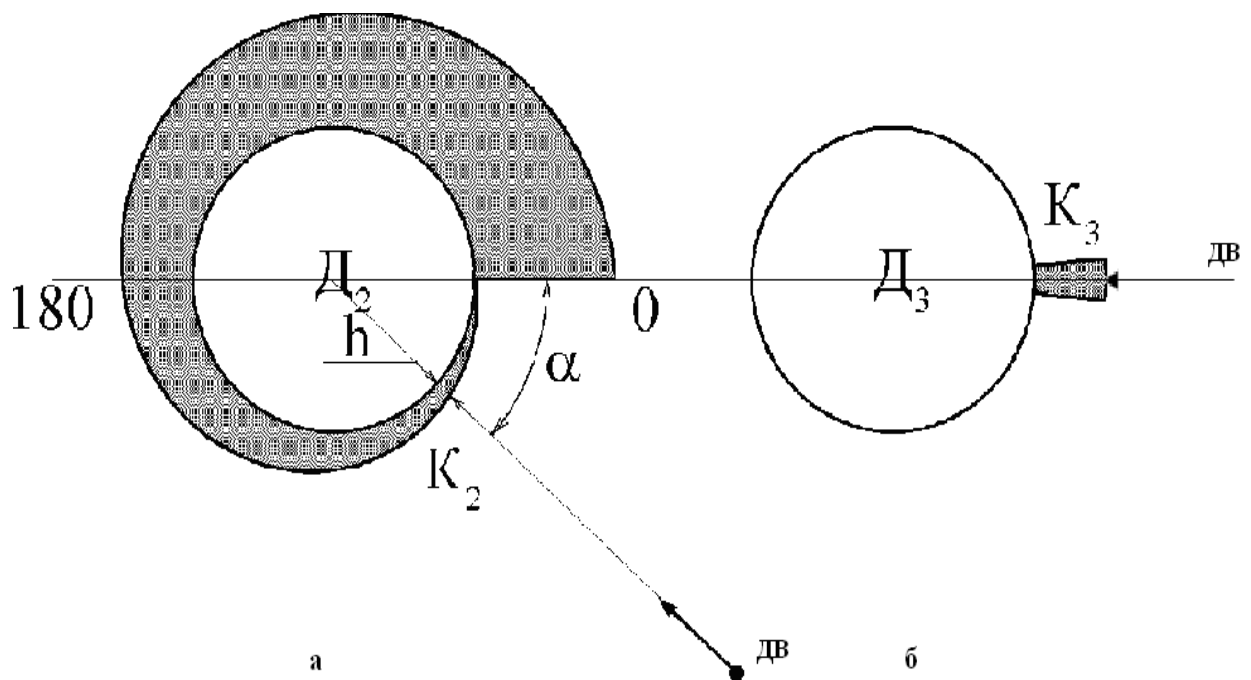


Рис.2. Перетин асиметричних екранів-поглиначів: а - детектор (D_2), поміщений в екран зі змінним коефіцієнтом ослаблення; б - детектор (D_3), екранований секторним поглиначем

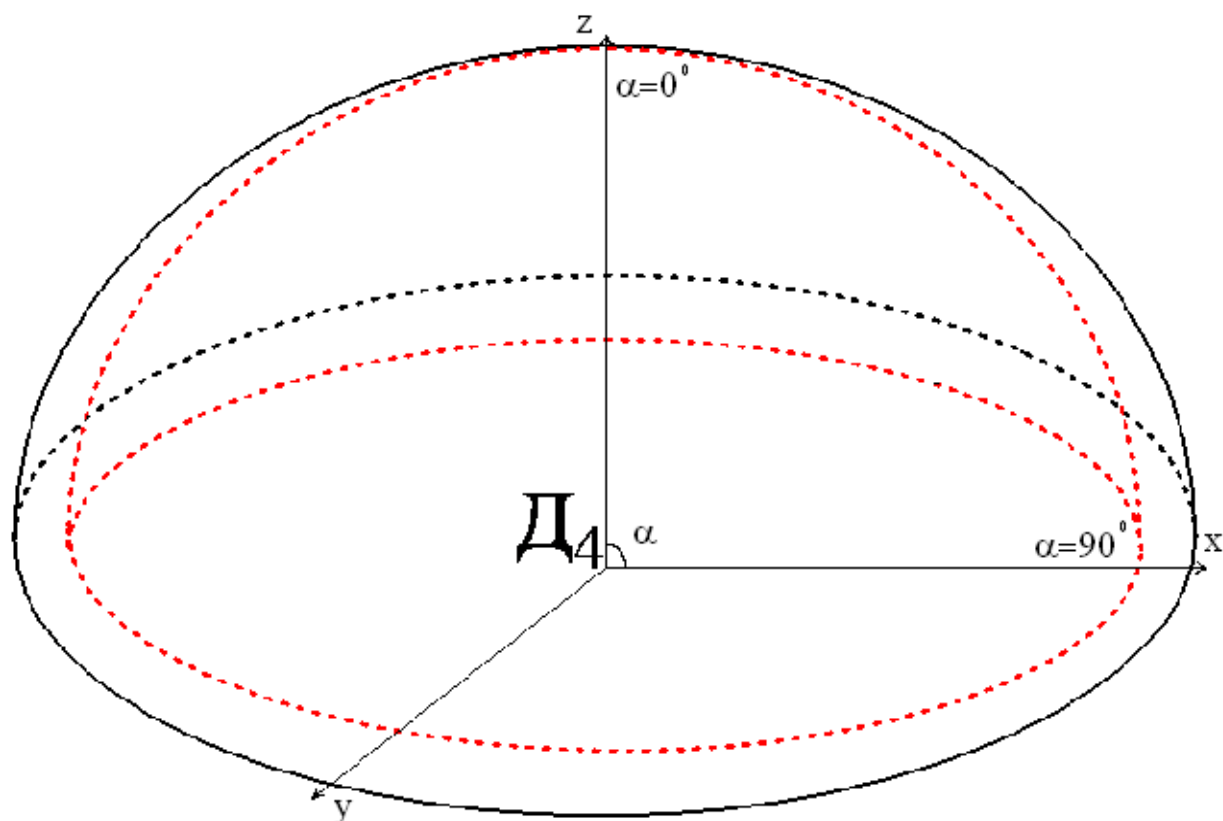


Рис.3. Детектор D_4 поміщений в поглинач, що являє собою порожню півкулю

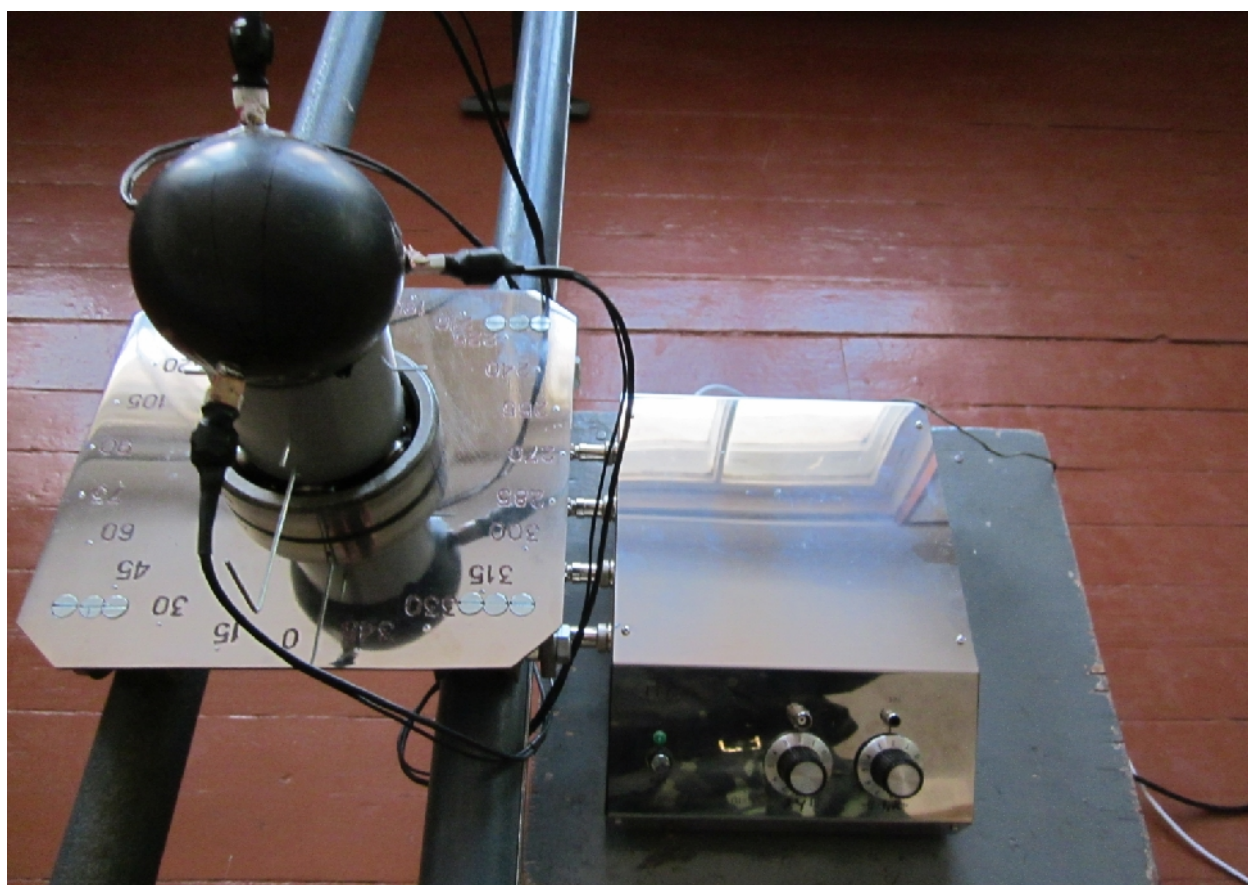


Рис. 4. Макет засобу для визначення напрямку в просторі на джерело гамма-випромінювання, у тому числі імпульсне з використанням кулі

Експериментальна перевірка засобів показала, що вимірювання кількості гамма-квантів блоком детектування та відношення щільності потоку фотонів, що реєструються детекторами, один до одного дозволяє однозначно встановлювати напрямок на джерело проникаючого випромінювання з похибкою вимірювання кількості гамма-квантів, яка визначалась статистичним розкидом в межах 1 %.

Для визначення напрямку на імпульсне випромінювання буде використовуватися показання значень амплітуд на чотирьох аналізаторах імпульсів, де амплітуди імпульсу будуть пропорційні кількості гамма-квантів зареєстрованих детекторами. При дії імпульсного проникаючого випромінювання на детектори приладу аналізатора імпульсів на екранах спектрометрів буде по одному імпульсу з характерною для кожного детектора амплітудою, яка буде визначатись товщиною поглинача на шляху проникаючого випромінювання.

У перспективі існує можливість визначати відстань та потужність імпульсного джерела гамма- та нейтронного випромінювання та визначати тип боєприпасу – ядерний або термоядерний по відношенню кількості гамма-квантів та нейтронів, а також використовувати дані засоби для контролю відхилення пучка в імпульсному прискорювачу, визначення напрямку на гамма-сплески в галактиці, радіаційної розвідки місцевості та захисту екіпажу танку від ударної хвилі ядерного вибуху.

Брагіна Л.Л., Саввова О.В., Бабіч О.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ВИСОКОМІЦНІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ БРОНЕЗАХИСТУ

На теперішній час актуальною проблемою є створення нових видів високоміцних матеріалів для забезпечення високого рівня бронестійкості елементів для засобів індивідуального захисту, а також наземної і авіаційної техніки.

Найбільш небезпечними вражаючим факторами стрілецької та артилерійської зброї є кулі, осколки та ударні хвилі від близьких вибухів зарядів вибухових речовин. За останній час для захисту від них особового складу та військової техніки широкого використання як елементи композиційної броні набули керамічні матеріали. Однак відомі керамічні матеріали: карбід бору, карбід кремнію, диборид титану і оксид алюмінію та монокристали характеризуються значними вагою ($\rho = 2,5 \div 4,5 \text{ кг/м}^3$), вартістю та низькою машинооброблюваністю. Таких недоліків значною мірою позбавлені склокристалічні матеріали, які поряд зі зниженою вагою виконують роль руйнівного та відхиляючого шару у складі композиційної броні, підвищуючи ефективність бронезахисту. Однак на сьогодні в Україні відсутні розробки щодо склокристалічних матеріалів для елементів бронезахисту при наявності сировинної бази та існуючих відповідних підприємств-виробників. Це обумовлює виключну важливість та актуальність розробки полегшених високоміцних склокристалічних матеріалів та технології одержання елементів бронезахисту з них. Саме це склало мету даної роботи.

У зв'язку з цим, на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ» виконується комплекс досліджень зі створення згаданих матеріалів з урахуванням техніко-економічних показників, встановлення фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей, зокрема, придатності розроблених склокристалічних матеріалів як елементів бронезахисту. Балістичні властивості бронематеріалів, які було оцінено його розрахунковим критерієм бронестійкості (B) за даними Джонса Р. (Великобританія) пов'язані зі значеннями швидкості акустичних хвиль у матеріалі, які, в свою чергу, є пропорційними відношенню $B = \frac{\sqrt{E}}{\rho}$, де E – модуль пружності ГПа, ρ – щільність г/см³.

Розроблені високоміцні полегшені склокристалічні матеріали на основі системи $R_2O - RO - RO_2 - R_2O_3 - RF_2 - P_2O_5 - SiO_2$, де. $R_2O - Na_2O, Li_2O, K_2O, RO - CaO, MgO, ZnO, RO_2 - ZrO_2, TiO_2, R_2O_3 - Al_2O_3, B_2O_3, RF_2 - LiF, CaF_2$ отримані в умовах двостадійної низькотемпературної термічної обробки характеризуються наявністю у своєму складі тонкокристалічного β -сподумену або дисилікату літію у кількості 60 об. %. Саме наявність такої структури дозволило отримати матеріали з високими механічними та

термічними властивостями: модуль пружності $E = 100 \div 120$ ГПа, твердість по Віккерсу HV та мікротвердість H знаходяться в межах $6800 \div 6950$ МПа та $6750 \div 6900$ МПа відповідно, коефіцієнт інтенсивності напруг K_{IC} – в межах $2,85 \div 2,99$ МПа $\cdot$ м^{1/2}, температурний коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = (22,4 \div 22,5) \cdot 10^{-7}$, град⁻¹. Щільність дослідних матеріалів складає $\sim 2,4$ г/см³ та вказує на можливість одержання на їх основі матеріалів зі зниженою вагою. Балістичні властивості розроблених матеріалів характеризуються значеннями показнику $B = 4,17 \div 4,56$ ГПа^{1/2} $\cdot$ кг⁻¹ $\cdot$ м³, які є близькими до таких значень для корундової бронекераміки.

Розроблено полегшені високоміцні склокристалічні матеріали зі зниженою у порівнянні з існуючими аналогами вартістю, які рекомендовано як бронеелементи для засобів індивідуального захисту.

Соболь О.В., Білозеров В.В., Субботін О.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

СТВОРЕННЯ МЕТОДОМ МДО КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З НАДТВЕРДОЮ КЕРАМІЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ

Ряд технічних питань, спрямованих на підвищення довговічності виробів, вирішується шляхом застосування мікродугового оксидування (МДО). Цей метод дозволяє одержувати багатофункціональні керамікоподібні покриття з високими функціональними властивостями: стійкі до зношування, з великою твердістю, корозійно-стійкі, електроізоляційні, теплостійкі.

МДО-технологія полягає у використанні глибокого мікродугового оксидування в умовах низькотемпературної плазми й електрохімічних перетворень. Використання мікродугових і дугових розрядів, як висококонцентрованих джерел енергії, для створення умов протікання високотемпературних електрохімічних процесів, фазових перетворень і масопереносу в поверхневому шарі дає практичну можливість формувати на поверхні виробів структур на основі високотемпературних кристалічних окисів, які надають виробам нові властивості : високу твердість до 24 000 МПа, низький коефіцієнт тертя ($f = 0,01-0,005$), високу зносостійкість ($J_h = 10^{-12}$), теплостійкість до 900–1200 °С, корозійну стійкість у різних середовищах, діелектричну міцність.

Технологія мікродугового оксидування застосовується для вентильних металів (Al, Ti, Mg, Ta, Nb, Zr, Be) і сплавів на їх основі. Процес МДО не вимагає ретельної попередньої підготовки поверхні.

Технологія дозволяє одержувати на деталях складної конфігурації та внутрішніх порожнин покриття товщиною до 300–400 нм міцно зчеплених з основою.

Формування покриттів з унікальними властивостями дозволяє значно розширити сферу використання вентильних металів та їх сплавів, спростити технологію виготовлення вузлів тертя на їх основі, вирішити питання заміни традиційно використовуваних дефіцитних матеріалів.

Висока міцність зчеплення покриття з підкладкою (на рівні міцності матеріалу основи) визначається, насамперед, тим, що МДО-покриття, як правило, утворюються за рахунок оброблюваного матеріалу із просуванням границі розділу вглиб. Геометричні розміри деталі після зняття технологічного шару залишаються практично незмінними.

Поєднання високих функціональних характеристик МДО-покриттів визначає їх застосування для деталей у самих різних вузлах устаткування. Це стає можливим завдяки істотному підвищенню таких характеристик як, насамперед зносостійкість, корозійно-захисні властивості, діелектричні, теплозахисні.

Розглянемо деякі приклади застосування МДО-технології на базі розробок НТУ «ХПІ» в області військової техніки.

У транспортному машинобудуванні (ДП «Завод ім. Малишева», ДП «ХКБД») МДО-обробка деталей циліндрів поршневої групи, зокрема поршнів двигунів внутрішнього згоряння, дозволяє захистити їх від високотемпературної газової ерозії та знизити температуру металу основи приблизно в 1,5 рази.

Про високу зносостійкість МДО-покриттів свідчать результати випробувань торцевого ущільнення відцентрового насоса двигунів типу ЗТД, 5ТДФ, 6ТД-2, виготовленого зі сплаву АК4-1 замість нержавіючої сталі. МДО-покриття на алюмінієвому сплаві показало більше високі трибологічні властивості в парах тертя із традиційними графітовими композитними матеріалами. Уперше з новим торцевим ущільненням водяний насос був випробуваний при температурі охолоджуючої рідини $\sim 140^{\circ}\text{C}$. Ресурс роботи насосів збільшився в 5–10 разів, що значно підвищило тактико-технічні характеристики виробів бронетехніки із цими типами двигунів.

Крильчатка насоса системи охолодження високофорсованих транспортних двигунів 6ТД-2, зміцнена за технологією мікродугового оксидування, збільшила ресурс роботи в 10 разів за рахунок підвищення кавітаційної стійкості. Порівняльні випробування крильчаток, зміцнених МДО та не зміцнених, показали, що втрата маси склала 40 % у випадку незміцненої деталі, тоді як після зміцнення втрати маси не виявлено.

В авіаційній промисловості (ДП «Харківський машинобудівний завод «ФЕД», ДП НДТІП) виготовлення каркаса котушки зі сплаву Д16Т дозволяє виготовити тонкостінний каркас, що забезпечує припустиму вагу й габарити конструкції, але вимагає нанесення електроізоляційного покриття.

Перевірка ізоляційних властивостей покриттів отриманих мікродуговим оксидуванням, показало, що покриття забезпечує ізоляційні властивості до напруги 500 вольт. Електродвигуни ДВПТ-7 з деталями із МДО-покриттям пройшли тривалі випробування з наробітком 60 000 літальних годин і у наш час випускаються серійно.

МДО-технологія застосована для забезпечення працестійкості нагрівачів із блоком теплових трубок. Корпуса нагрівачів оброблені методом МДО, випробування проводилися в ДП «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля».

В судобудуванні (ЦНД і ПП «Тайфун»). У високообертових герметичних компресорах обробка голівок шатуна методом МДО дозволила не застосовувати антифрикційні вкладиші, що спростило технологію виготовлення шатунів. Пари тертя герметичних поршневих компресорів на основі МДО-покриттів гарантували термін служби 15 років, ресурс 60 000 годин.

У теперешній час нами розглядається можливість використання МДО-технології для створення бронепанелей з високою розсіювальною здатністю.

Бронепанель повинна володіти двома важливими властивостями, а саме, високою твердістю поверхневого шару, здатністю зруйнувати гострий

ніс сердечника кулі та необхідною в'язкістю металу бронепанели, достатньою для поглинання енергії удару кулі без утворення тріщин і руйнування.

Цим властивостям задовольняють листи алюмінію з покриттям $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд), сформованих мікродуговим оксидуванням. Виходячи із сукупності властивостей покриттів, пропонується технічне рішення бронеперешкоди, що складається з композиційної системи: оксид алюмінію $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд) товщиною 0,2–0,4 мм, пластичний і в'язкий алюміній товщиною 1–2 мм, тканинний бронешар і полімерної зв'язувальної речовини. Порівняно дешева технологія одержання оксиду алюмінію дозволяє вважати технологію МДО найбільш перспективної для серійного виробництва броньової кераміки.

Таким чином, роботи, проведені в НТУ «ХПІ» свідчать, що використання досить легких вентильних металів, як елементи військової техніки, завдяки МДО-обробці дозволяє значно підвищити тактико-технічні характеристики та надійність бронетанкових і авіаційних виробів, а також служити ефективним засобом індивідуального захисту.

Прокопів М. М.; Геворкян Е. С., Тимофеева Л. А., Мельник О. М.; Харченко О. В.
ТОВ «Керамтех ЛТД»;
Український державний університет залізничного транспорту;
Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАНУ;

КЕРАМІЧНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ НАНОДИСПЕРСНОГО ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ БРОНЕЖЕЛЕТІВ 6 КЛАСУ ЗАХИСТУ

Нині одним із основних завдань України на шляху становлення, як самостійної європейської держави, є відновлення її оборонної боєздатності.

Серед багатьох завдань, які при цьому необхідно вирішувати, гостро стоїть проблема забезпечення вітчизняними протикульовими бронежилетами 6 класу захисту особового складу силових підрозділів.

Як відомо учасники АТО забезпечуються бронежилетами укомплектованими в основному бронеплитами, або елементами для їх виготовлення, імпортного виробництва. З відкритих джерел інформації відомо, що це складні багатошарові композитні плити, одним з основних елементів яких є керамічна плитка з карбідів бору або кремнію, а також оксиду алюмінію.

Промисловий випуск бронежилетів з керамічними пластинами на основі карбіду бору було освоєно в Україні на початку 80-х років минулого сторіччя. Однак під кінець цих років у період розвалу Радянського Союзу виробництво їх повністю знищено.

У 2014 р. нами розпочато розробку та освоєння броне плит 6-го класу захисту, де як керамічна складова використовується шар на основі високощільного нанозернистого оксиду.

Базою для успішної реалізації цього проекту є такі чинники:

— науково-дослідний та технологічний досвід упродовж 30 років у царині розробки сучасних керамічних матеріалів інструментального й конструкційного призначення в т.ч. для роботи в умовах дії значних навантажень;

— наявність необхідної матеріально-технічної бази для досліджень та серійного випуску готової продукції.

Основу ідеології вирішення цієї проблеми становить критерій: «якість-вага-ціна» розроблених матеріалів.

Нині внаслідок комерційної таємниці фірми-виробники такої продукції не надають інформацію щодо вихідних порошків та технології одержання із них високоякісної продукції. У вітчизняній науковій, науково-технічній та практичній технологічній практиці цілеспрямовані системні дослідження або практичні рішення з енергоефективного покращення композитів систем ZrO_2 (Y_2O_3)- Al_2O_3 , ZrO_2 (Y_2O_3)-WC и ZrO_2 -SiC відсутні або напіввідкриті для опублікувань (зарубіжна практика). Нині немає теорії для процесів активації спікання електричним струмом, з якої могла впливати можливість передбачення кінетичної конкуренції процесів ущільнення й росту зерен і

відповідного прогнозування режимів спікання, що призводять до щільного наноструктурного матеріалу з мінімально можливим розміром зерна.

На основі даних із джерел інформації та нашого багаторічного (понад 30 років) досвіду встановлено, що якість і вага такої кераміки визначається фізико-механічними характеристиками — високі значення твердості (HV), модуль Юнга (E), коефіцієнт тріщиностійкості (K_{IC}) та мала густина. Ціна пластин визначається, як вартістю вихідних порошків їх доступністю та вибором технології їх одержання. Такі характеристики можна досягти при певних умовах процесу їх одержання в матеріалознавчій чотириаді — вихідні порошки — технологія — структура — властивості.

За цими показниками переваги має оксид алюмінію. Цей матеріал успішно використовується як інструментальний матеріал для обробки жароміцних високо твердих сталей, що широко застосовуються для виготовлення деталей військового призначення, а також в обробній промисловості для виготовлення сопел гідро абразивної різки. Однак традиційна промислова технологія вільного спікання виробів із мікропорошків не дозволяє отримати структуру з повністю виключеними залишковими порами та високою міцністю міжзеренних границь, як наслідок, невисока якість. Не вирішує проблеми й метод гарячого пресування в графітових пресформах з індукційним нагріванням.

У той же час із літературних джерел та нашого досвіду відомо про можливість тої чи іншої технології порошкової металургії в забезпеченні високого рівня фізико-механічних властивостей керамічних матеріалів у т.ч. оксиду алюмінію:

— використання нанодисперсних вихідних порошків. Нанометрові і субмікронні розміри структурних елементів (зерен, агрегатів) зумовлюють підвищену тріщиностійкість (ударну в'язкість), міцність і твердість кераміки, композитів і потенційно дозволяють досягти параметрів "керамічної сталі".

— одержання високощільної з високою міцністю (керамічна сталь) міжзеренних границь структури гетерофазних матеріалів на основі Al_2O_3 , у яких би поєднувались трансформаційне за рахунок ZrO_2 (Y_2O_3), дисперсійне (волокна SiC) механічне зміцнення.

Як показує наш досвід, від вибору процесу консолідації залежить структура границь зерен, або міжфазних границь. Залишкова пористість і дефектні границі істотно погіршують властивості наноструктурних матеріалів. Вирішити цю проблему можна за рахунок інтенсифікації процесу спікання і, відповідно, зменшення часу високотемпературної стадії. Найбільш ефективними методами активації спікання є підходи, що засновані на використанні електромагнітного поля для нагріву порошкових тіл. Для електропровідних тіл залучається електроспікання, що використовує для нагрівання проходження електричного струму, для діелектриків використовується мікрохвильове спікання в якому нагрів є наслідком діелектричних втрат у непровідних порошках під дією високочастотного електричного поля. У обох випадках, як правило, застосовуються високі швидкості нагріву. Експериментально встановлено, що швидкості

консолідації порошку як у випадку електроспінання, так і у випадку мікрохвильового спікання істотно зростають у порівнянні з традиційним спіканням. Електроспінання дозволяє отримувати консолідовані керамічні матеріали, такі як Al_2O_3 , ZrO_2 , TiC без домішок і з мінімальним зростанням зерна за часом тривалістю 10 хвилин, тоді коли традиційне спікання вимагає декількох годин і спеціальних добавок, що погіршують властивості матеріалу. Електроімпульсне спікання (Spark Plasma Sintering, SPS), яке також відоме під назвою «технологія спікання в електричному полі» (FAST, Field Assisted Sintering Technology) — це нова, інноваційна технологія спікання, яка відіграє все більшу роль в отриманні різних матеріалів, наприклад, наноструктурних матеріалів, композитних матеріалів і градієнтних матеріалів. Випробування розробленої авторами установки електроконсолідації (патент № 72841) показали, що можливо виключити проблеми, пов'язані з надмірною інтенсивністю зернограничної дифузії в нанопорошках різних складів, а досягнуті властивості консолідованих матеріалів свідчать про перспективність застосування установки для отримання композитів із субмікронним масштабом структури.

У ході експериментів виявлені можливі наслідки застосування електроконсолідації під тиском об'єктів на базі тугоплавких порошків та порошкових композицій з тугоплавких матеріалів, у тому числі бімодальних, зокрема поліпшення структури у кінцевому продукті спікання та енергозбереження як його найважливіші характерні риси у порівнянні з конвенціональними технологіями, у поєднанні яких полягає головна загальна передумова виконання проекту та джерело визначення основних гіпотез за ним для цілеспрямованого планування фундаментальних системних теоретичних досліджень, з наступною практичною перевіркою, уточненням й наданням чітких теоретично обґрунтованих наукових рекомендацій для організації енергозберігаючого дослідно-промислового виробництва конкурентоспроможних поліпшених тугоплавких матеріалів та виробів з них.

Вивчалися властивості наноструктур в оксидних і карбідних сполуках. Були опановані окремі теоретичні та експериментальні підходи до моделювання, дослідження та розробки методик створення відповідних структур. Виконані експерименти з синтезу нанорозмірних порошків Al_2O_3 , ZrO_2 , стабілізованого ітрієм, твердих розчинів системи Al_2O_3 - ZrO_2 із заданим процентним вмістом оксидів показали високі технологічні властивості вищевказаних систем. Розроблено методики атестації складу, структури та морфології керамічних порошків методами растрової електронної мікроскопії та аналізу розподілу часток за розмірами методом динамічного розсіювання світла. Розроблено методику пробопідготовки для дослідження структури зразків наноконпозиційних керамік для подальшого аналізу методами електронної растрової мікроскопії. Відпрацьовані методики проведення комплексних випробувань міцності наноконпозиційних керамік методами мікротвердометрії, динамічного механічного аналізу, визначення межі міцності при динамічному стисненні і вигині.

До наукових результатів увійшли результати досліджень структуроутворення в компактах на основі синтезованих нанопорошків оксиду цирконію, оксиду алюмінію, карбіду вольфраму та карбіду кремнію, консолидованих методом гарячого пресування з прямим пропусканням змінного струму, а саме: оптимальні технологічні умови гарячого пресування з прямим пропусканням струму; закономірності синергетичного впливу зовнішніх параметрів (тиск, температура, час витримки, швидкість нагріву) електроконсолідації на розвиток структури та механізми росту пор і зерен; розподіл температури як на макроскопічному рівні, так і в масштабі окремих часток в процесі гарячого пресування; результати комплексного аналізу еволюції мікроструктури наноконпозиційних керамік на основі тугоплавких оксидів та карбідів у процесі електроконсолідації та при експлуатації виробів, виготовлених з розроблених композитів; теоретичне доведення, що узгоджується з результатами випробувань, можливість виготовлення ефективного високощільного зносостійкого композиційного матеріалу, що має високі характеристики міцності (табл. 1), та ефективність використання якого було доведено при експлуатаційних випробуваннях гідро абразивних сопел та ріжучих пластин, виготовлених з цього матеріалу.

Таблиця 1

**Порівняльні характеристики механічних властивостей
матеріалу на основі Al_2O_3**

Механічні властивості	Матеріал на основі мікропорошку Al_2O_3 , отриманий гарячим пресуванням з індукційним нагрівом	Матеріал на основі нанопорошку Al_2O_3 , отриманий гарячим пресуванням з прямим пропусканням струму (патент № 72841)
Твердість за Віккерсом, HV, ГПа	16 — 17	22 — 23
Коефіцієнт тріщиностійкості, K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	3,0 — 3,5	5,5 — 6,0
Модуль Юнга, E, ГПа	300 — 320	350 — 400

На ООО «Керамтех ЛТД» почалося освоєння виготовлення дослідних зразків бронеплит із використанням таких керамічних елементів. До кінця третього кварталу буде оптимізовано геометричні розміри таких плит і їх серійний випуск.

ЛАЗЕРНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ТА МАЛИХ КОЛИВАНЬ ВІДДАЛЕНОГО ОБ'ЄКТУ

Лазерні пристрої для визначення з відстані $\sim 10^2$ - 10^3 м малих переміщень вздовж напрямку, перпендикулярному до напрямку спостереження, використовуються в геодезії (моніторинг деформації споруд та зсуву ґрунтів), засобах контролю форми великогабаритних виробів, сейсмічній розвідці, охоронній сигналізації та інших галузях. Вони включають встановлений на цільовому об'єкті чутливий елемент, який рухаючись разом з ним змінює характеристики випромінювання, і встановлені в пункті спостереження джерело випромінювання та засіб обробки сигналу. Надійність функціонування існуючих пристроїв істотно залежить від стану оточуючого середовища. Так, пристрої інтерферометричного типу є чутливими до акустичного шуму, турбулентності та температурного градієнту повітря, а пристрої тріангуляційного типу потребують особливого захисту від паразитного освітлення та електромагнітного шуму. Створення пристроїв з низькою чутливістю до несприятливих зовнішніх факторів є актуальною проблемою.

Перспективний підхід до її вирішення базується на застосуванні напівпровідникових лазерів з зовнішнім зворотнім зв'язком (ЗЗЗ) [1,2]. В таких системах лазер виступає не тільки джерелом, але й своєрідним приймачем випромінювання. Густина потужності випромінювання генерації в його активному середовищі на порядки перевищує густину можливого випромінювання від Сонця та інших джерел, що забезпечує надійний захист від оптичних перешкод. Електромагнітні перешкоди легко усуваються за допомогою екрана.

Метою даної роботи було створення та випробування макетів пристроїв для визначення поперечних переміщень дрейфового та коливального характеру (див.Рис.1, детальний опис в [3-5]). Їхньою особливістю є застосування систем ЗЗЗ з просторовою дисперсією, в яких кінцевим елементом є розташований на об'єкті ретрорефлектор. Переміщення об'єкту перетворюється системою ЗЗЗ у зсув її частотного резонансу (див.Рис.2) і, як наслідок, у зміну центру тяжіння спектра лазерного випромінювання $\lambda_{\text{цт}}$. Оскільки при передачі оптичного сигналу (зокрема, по волокну) спектр не змінюється, таке перетворення дозволяє розташовувати засоби обробки сигналу (спектрометричні пристрої) на будь якій відстані від систем ЗЗЗ. Також, це дозволяє збільшувати точність вимірювань за рахунок звуження спектра генерації внаслідок конкуренції лазерних мод.

В пристрої для переміщень дрейфового характеру (Рис.1, зверху) система ЗЗЗ окрім ретрорефлектора включає просторово дисперсійний елемент, що складається з дисперсійної призми, призми-даху та телескопічного розширювача пучка. Вказані компоненти разом із лазерним

модулем (включає напівпровідниковий лазер і колімаційну лінзу) входять до складу блока, який встановлюється на нерухомій опорі.

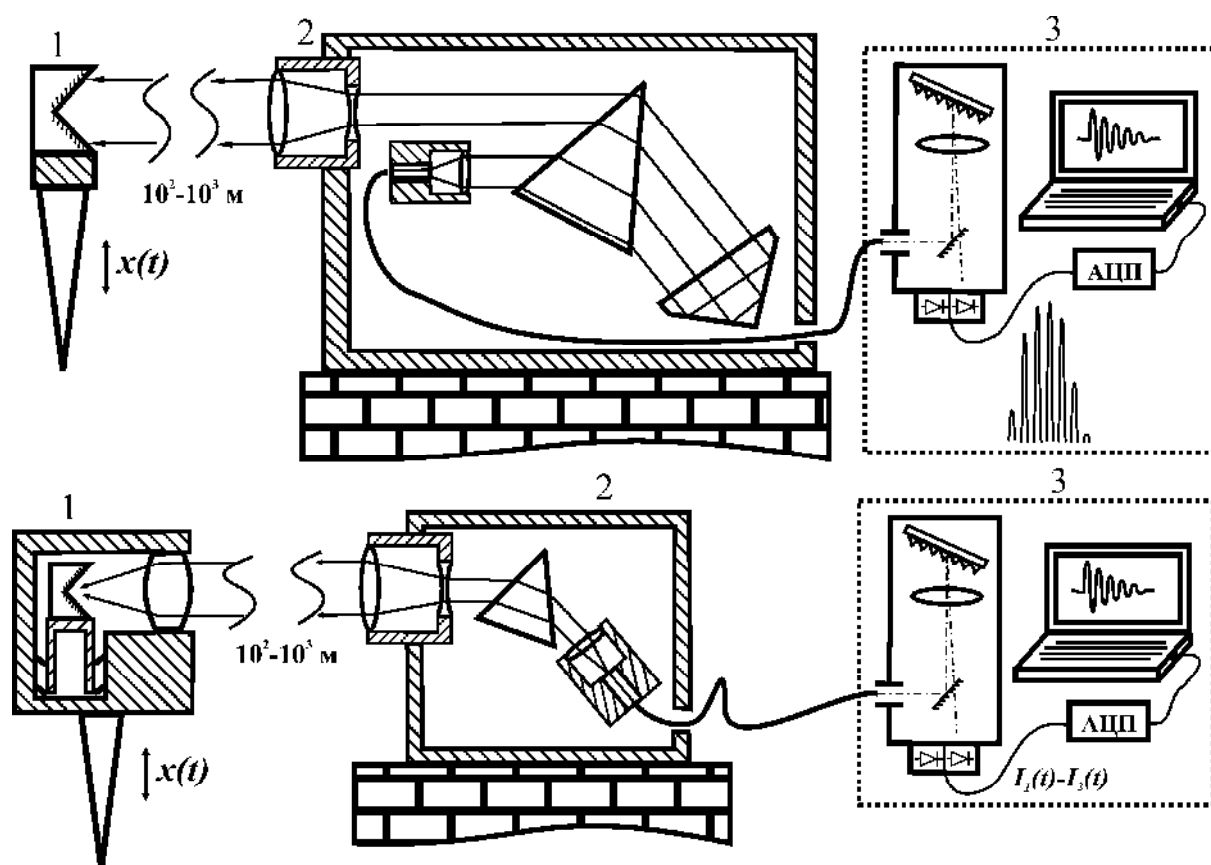


Рис.1 Схеми пристроїв для визначення поперечних переміщень дрейфового (зверху) та коливального (знизу) характеру. 1- компонент, що встановлюється на об'єкті; 2 – блок, що встановлюється на нерухомій платформі; 3 – спектрометричний пристрій

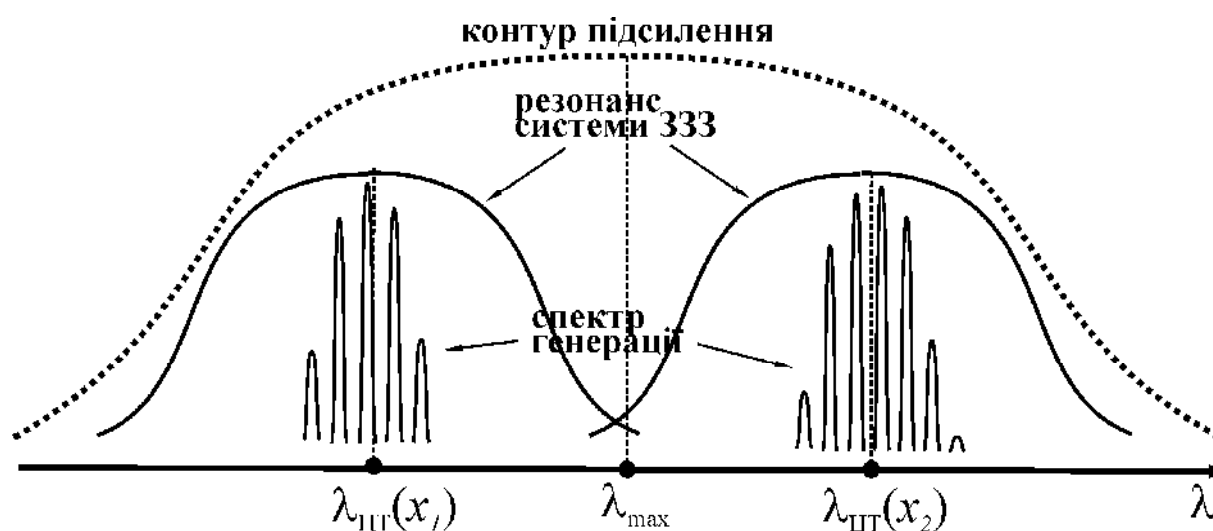


Рис. 2. Схематичне зображення перетворення поперечного переміщення об'єкту в зміну центру тяжіння спектра лазерного випромінювання $\lambda_{ЦГ}$

В пристрої для переміщень коливального характеру (Рис.1, зверху) розташований на об'єкті кінцевий компонент системи 333 окрім ретрорефлектора включає фокусуючу лінзу, яка жорстко зв'язана з опорою. При цьому ретрорефлектор встановлюється на віброізолюваній підставці. Проміжок між ним і лінзою дорівнює фокусній відстані лінзи. Компонентами системи 333, що розташовуються на нерухомій платформі є дисперсійна призма і телескопічний розширювач.

Засоби обробки оптичного сигналу в обох пристроях являють собою спектрометри, фотоприймачі яких через аналого-цифрові перетворювачі підключені до комп'ютера. Для визначення дрейфових переміщень в якості фотоприймача використовується ПЗЗ-лінійка, а для коливань – двохсегментний фотодіод. В першому випадку комп'ютер розраховує зміну в

часі центру тяжіння спектра згідно виразу $\lambda_{\text{цт}}(t) = \frac{\sum_i \lambda_i \cdot I(t, \lambda_i)}{\sum_i I(t, \lambda_i)}$, де λ_i – довжина

хвилі, що відповідає i -му пікселю ПЗЗ-лінійки, а $I(t, \lambda_i)$ – інтенсивність сигналу в ньому. В другому випадку використовується вираз $\lambda_{\text{цт}}(t) = \mu \frac{I_2(t) - I_1(t)}{I_2(t) + I_1(t)}$, де μ – визначений заздалегідь коефіцієнт. Після

розрахунку $\lambda_{\text{цт}}$ комп'ютер визначає переміщення об'єкту, використовуючи калібрувальну залежність $\lambda_{\text{цт}}(x)$.

Телескопічний розширювач зменшує дифракційні втрати. Його лінійне збільшення M повинно відповідати співвідношенню

$$M > \frac{1}{w} \sqrt{\frac{\lambda L}{2\pi}}, \quad (1)$$

де λ – довжина хвилі лазерного випромінювання, L – відстань між платформою і об'єктом, w – поперечний розмір пучка на виході лазерного модуля. Наприклад, при $L \gg 1$ км, $\lambda \gg 600-800$ нм і $w \gg 1.5$ мм величина M повинна бути близько 20.

Розрахунок [2] показує, що при виконанні умови (1) в пристрої для поперечних переміщень дрейфового характеру чутливість центру тяжіння спектру до переміщення об'єкту ($\delta\lambda_{\text{цт}}/\delta x$) може бути оцінена згідно виразу

$$\left(\frac{\delta\lambda_{\text{цт}}}{\delta x} \right)_{\text{дрейф}} = \frac{1}{2MSD_{\varphi}}, \quad (2)$$

де S – проміжок між дисперсійною призмою і призмою-дахом, а D_{φ} – величина кутової дисперсії. У випадку пристрою для переміщень коливального характеру вираз для чутливості має вигляд

$$\left(\frac{\delta\lambda_{\text{цт}}}{\delta x} \right)_{\text{колив}} = \frac{M}{FD_{\varphi}}, \quad (3)$$

де F – фокусна відстань лінзи встановленого на об'єкті компоненту.

При реалістичних значеннях параметрів систем 333 ($S=0.5$ м, $F=5$ см, $M=20$, $D_{\varphi} \gg 0.5 \times 10^{-3}$ рад/нм) кількісні оцінки чутливості згідно виразів (2) і (3)

дають $\left(\frac{\delta\lambda_{\text{цт}}}{\delta x}\right)_{\text{дрейф}} \sim 10^{-1}$ нм/мм і $\left(\frac{\delta\lambda_{\text{цт}}}{\delta x}\right)_{\text{колив}} \sim 10^0$ нм/мкм. Оскільки роздільна

здатність дифракційного спектрометра знаходиться в межах $10^{-3} - 10^{-2}$ нм, максимальна роздільна здатність пристроїв оцінюється, як $10^{-2} - 10^{-1}$ мм для переміщень дрейфового характеру і $10^0 - 10^1$ нм для коливань. При ширині контуру підсилення активного середовища 10 нм, динамічний діапазон пристроїв оцінюється, як $\sim 10^2$ мм для переміщень дрейфового характеру і $\sim 10^2$ мкм для коливань. Слід зазначити, що при вказаних вище значеннях параметрів M , F і D_ϕ пристрій для визначення переміщень коливального характеру є надмірно чутливим. Зменшення чутливості може бути досягнуто збільшенням значень F і/або D_ϕ (наприклад, шляхом заміни дисперсійної призми на дифракційну ґратку).

В макетах пристроїв використовувався лазерний модуль потужністю 25 мВт, довжина хвилі 655 нм, ширина контуру підсилення 10 нм, міжмодовий інтервал 0.061 нм, фокусна відстань колімаційної лінзи 6 мм, поперечний розмір пучка на виході 1.5 мм. В системах 333 дисперсія призми становила $D_\phi \gg 0.53 \times 10^{-3}$ рад/нм (скло СТФ-3), $S=F=20$ см, збільшення телескопічного розширювача M змінювалось в межах від 5 до 20, відстань між нерухомою платформою (сталевою плитою) і об'єктом змінювалась від 10 до 200 м. В якості об'єкта використовувалася рухома опора з точністю позиціонування 1.5 мкм.

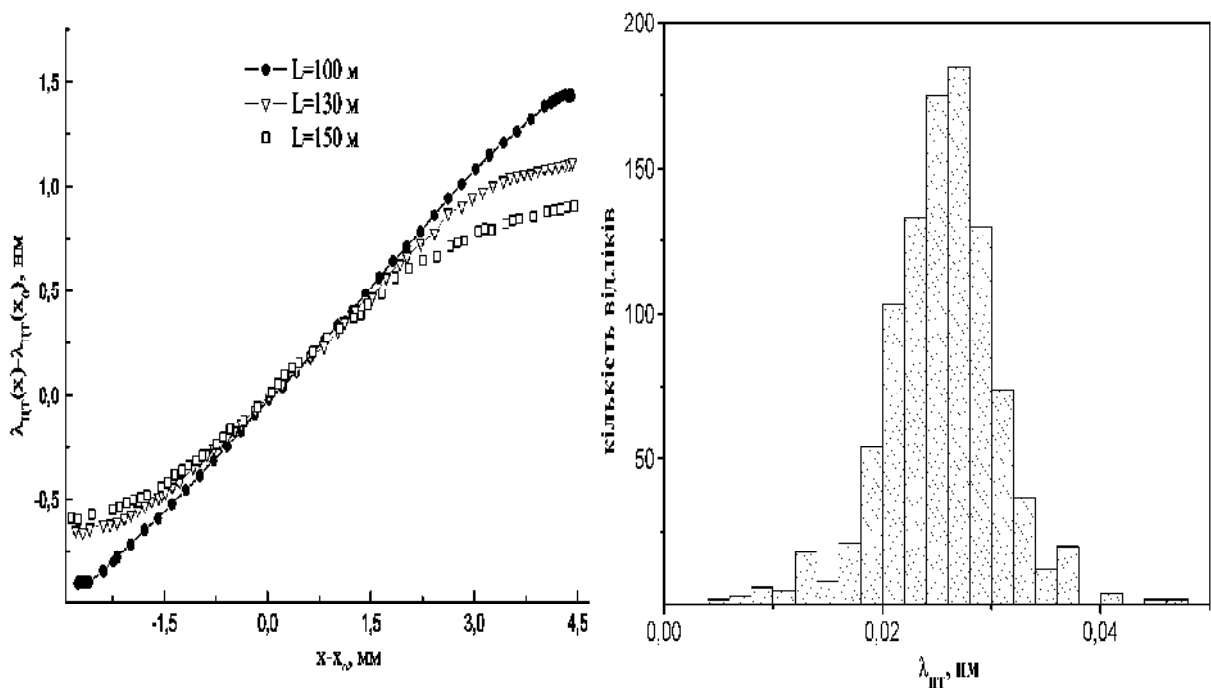


Рис.3 Зліва - калібрувальні залежності пристрою для дрейфових переміщень, отримані при $M=7$ і різних значеннях довжини траси. У пристрої для коливальних переміщень нахил калібрувальних залежностей приблизно в 100 разів більший. Справа – гістограма відліків, отримана при відсутності переміщень в пристрої з $M=7$ і $L=100$ м.

Головними цілями досліджень було з'ясування реальних значень динамічного діапазону і похибки. Перша величина з'ясовувалася шляхом побудови калібрувальної залежності $\lambda_{\text{ЦТ}}(x)$ у спосіб, описаний в [2], а друга – шляхом визначення середньоквадратичного відхилення $\lambda_{\text{ЦТ}}$ при незмінному значенні x . Експериментальні калібрувальні залежності (Рис.3 зліва) показують, що значення чутливості є досить близькими до оцінок $((\delta\lambda_{\text{ЦТ}}/\delta x)_{\text{дрейф}} \gg 0.2-0.3 \text{ нм/мм}$ і $(\delta\lambda_{\text{ЦТ}}/\delta x)_{\text{колив}} \gg 20-30 \text{ пм/мкм}$). Однак реальний динамічний діапазон (6-7 мм при $L=100 \text{ м}$) виявився значно вужчим, ніж очікувалось. Це вказує на недостатність підсилення у активному середовищі і, вірогідно, на спотворення хвильового фронту в системі 333.

Середньоквадратичні відхилення $\lambda_{\text{ЦТ}}$ визначались по ширині гістограм, побудованих з великої кількості послідовних відліків (Рис. 3 справа). Вимірювання показали, що дана величина знаходиться в межах 0.01 – 0.02 нм. При реальних чутливості це дає оцінку похибки, як 20 – 40 мкм у пристрої для дрейфових переміщень і 0.2 – 0.4 мкм у пристрої для коливальних переміщень. Слід відзначити, що остання величина співрозмірна з сейсмічним фоном Землі.

Таким чином, на сьогодні пристрої можуть визначати малі переміщення об'єктів, віддалених на відстань трохи більше 100 м. Це дозволяє використовувати їх для охорони периметрів деяких об'єктів. Перевагою таких пристроїв є простота встановлення чутливих компонентів і можливість швидкої зміни їхніх місць розташування.

Збільшення відстані до 1 км і більше, як показує розрахунок, є можливим, однак потребує використання активних середовищ з більш високим підсиленням та покращення просторово-кутових характеристик випромінювання. Останнє передбачає застосування в системі 333 високоякісних оптичних елементів, а також спеціальних коректорів, які зменшують фазову неоднорідність хвильового фронту.

Посилання

1. S. Ottonelli, M. Dabbicco et al. Simultaneous measurement of linear and transverse displacements by laser self-mixing. *Applied Optics* **48**, 1784-1789 (2009)
2. V.A.Sokolov, Yu.V.Sdobnikov, M.V.Dvernitskiy. Sensing of Displacement of a Specular Surface by Diode Laser Spectrometry. *Optical Memory and Neural Networks*, 2008, v.17, No. 3, p. 237–243.
3. В.О.Соколов. Спосіб визначення поперечного переміщення віддаленого об'єкту і пристрій для його здійснення. Патент України № 95041.
4. В.О.Соколов. Пристрій для дистанційного визначення вигину будівель, споруд та конструкцій. Патент України № 78414.
5. В.О.Соколов. Дистанційний датчик поперечних коливань об'єктів. Патент України № 78411.

Заболотний М. А., Давиденко М. О., Асламова Л.І., Кузьменко М.О.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

БЕЗПОСЕРЕДНЄ ВИЗНАЧЕННЯ ПОГЛИНУТОЇ ДОЗИ РАДІОАКТИВНОГО ОПРОМІНЕННЯ МЕТАЛЕВИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ В РЕАЛЬНОМУ МАСШТАБІ ЧАСУ

Метою розробки є створення методу безпосереднього виміру величини густини поглинутих доз радіоактивного опромінення металами, який може бути використаний для визначення поглинутої дози радіації в реальному масштабі часу.

Металеві вироби відіграють суттєву роль при створенні конструкцій, які використовуються або можуть опинитися при радіаційному опроміненні. Прикладами таких виробів є елементи атомних електростанцій, космічних апаратів, військові механізми. Специфіка використання цих виробів ставить високі вимоги до їх надійності функціонування в реальних умовах експлуатації.

. Під впливом радіаційного опромінення в металах та їх сплавах виникають структурні дефекти. Поява великої кількості радіаційних структурних дефектів приводить до суттєвої зміни сплавами фізичних властивостей. Під дією радіаційного опромінення при його поглинанні відбувається радіаційне зміцнення, пришвидшена дифузія, радіаційно обумовлені фазово-структурні перетворення, радіаційне розпушення. Генерація радіаційних дефектів в металевих виробах супроводжується зміною їх властивостей., причому анізотропний характер цих змін залежить як від концентрації, так і від конфігурації радіаційних дефектів, що обумовлює збільшення межі текучості пластичних матеріалів, деяке підвищення модуля пружності, прискоренні повзучості, що може привести до експлуатаційної невідповідності виробів. Явища радіаційно обумовленого впливу особливо помітні у випадку гетерогенних сплавів, коли кожна з складових фаз змінюється під дією опромінення незалежним чином [1].

Найбільш розповсюджені методи виміру поглинутих доз опромінення побудовані на використанні газорозрядних або сцинтиляційних лічильників, іонізаційних камер, люмінісцентних, напівпровідникових чи фотографічних детекторів [2]. На борту орбітальної станції "Мир" для оперативного контролю за радіаційним станом використовувалась дозиметрична апаратура Р - 16, робота якої базувалась на використанні іонізаційного способу [3]. Такий спосіб має високу точність вимірів ~5%. Недоліком цього способу є те, що він інформує про певну ефективну поглинуту дозу, яка вимірюється за використання модельного (газового) середовища, і не враховує особливості взаємодії (поглинання, перевипромінення) високоенергетичних частинок з конкретним металом. Крім того, за допомогою таких вимірів принципово не можна врахувати вплив радіаційно обумовлених змін матеріалу на характеристики його поглинальної здібності. Аналогічні переваги і недоліки

характерні для останніх доробок дозиметричної апаратури [4], які є іншими конструктивними реалізаціями іонізаційного способу.

Альтернативним до описаного є калориметричний спосіб виміру дози радіоактивного опромінення. Він базується на вимірах приросту температури зразка, що знаходиться в калориметрі, обумовленого дією поглинутої енергії, величина якої визначається дозою поглинутого речовиною зразка радіоактивного опромінення. Недоліками такого способу є неможливість врахування зміни властивостей металу під радіаційним опроміненням (теплоємності, коефіцієнтів поглинання складових опромінення) та складність апаратури, обумовлена необхідністю використання проточних калориметрів.

Нами було розроблено та апробовано метод [5, 6] визначення дози поглинутої радіації в конструкціях з металів та їх сплавів, що базується на використанні реєстрації радіаційно стимульованих змін структури металу та використанні голографічної інтерферометрії на основі полімерних термопластичних середовищ. Світлочутливі При цьому використовується, що відносна зміна сталої ґратки металу є прямо пропорційною величині поглинутої дози радіаційного опромінення, що обумовлюється опосередкованим впливом радіаційно стимульованих дефектів на кристалічну будову ґратки.

Блок – схема установки для вимірювань представлена на Фіг.1

Тут (1) – зразок, (2) – блок п'єзокварців, (3) - генератор змінних напруг, (4) – приймач ультразвукових сигналів, (5) - двохпроменевого осцилографа, (6) – свердильний прилад, (7) – лазер, (8) – оптичний блок поділу променя лазера і формування шляху вторинних оптичних променів, (9) – відеокамера, (10) – компютер з програмою розшифровки інтерферограф.

Запропонований метод відрізняється від представленого раніше [6] використанням багатокрокової (із зміною зсуву фаз інтерферуючих променів) процедури реєстрації інтерферограф, що підвищує чутливість методу не менше 3 – 5 разів (в залежності від розмірів брустверу на кромці лунки).

Використання запропонованої схеми дозволяє фіксувати деформації поверхні металевих виробів обумовлені радіаційним опроміненням, що не перевищують половину довжини світлової хвилі. Реєстрація голограмм проводилася з використанням розробленої раніше методики [7].

Література

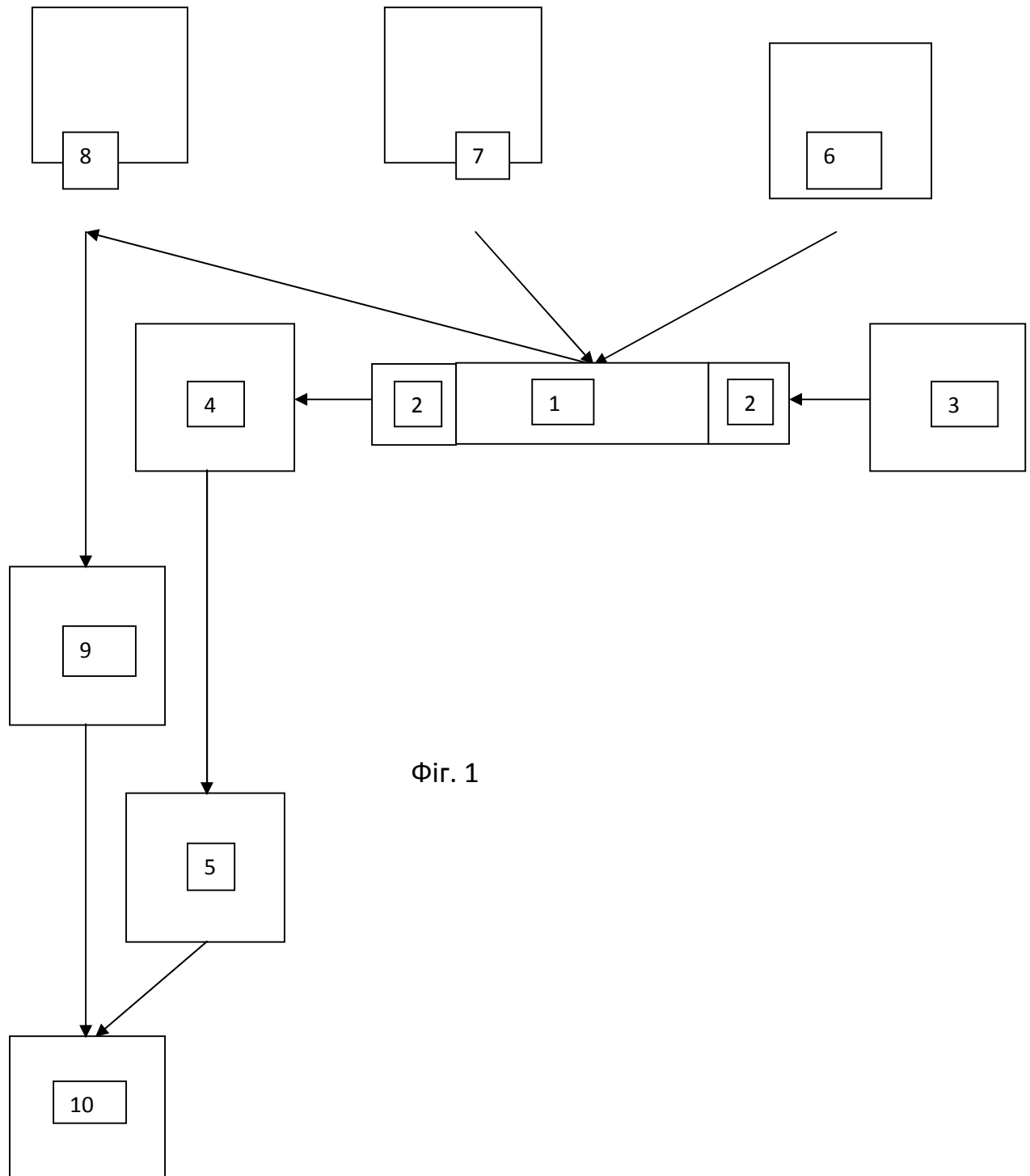
1. Акишин А..И. Космическое материаловедение., М: НИИЯФ МГУ, , 2007, , с. 209.
- 2.Иванов В.И. Курс дозиметрии, Москва, Энергоатомиздат, 1988.
3. Кузнецов Н.В., Ныммик Р.А., Панасюк М.И. и др. Регистрация и прогнозирование поглощенных доз радиации от потоков солнечных протонов на борту орбитальных станций, Космич. Исслед. 42, 3, 211-218. 2004.

4. Дозиметры - радиометры МКС- 01СА. Государственный реестр средств измерения Российской федерации. №33063 - 08, 2008.

5. Заболотний М.А., ін. винахід "Спосіб визначення поглинутої дози радіоактивного опромінення металами", патент України №98078, 2012

6. Заболотний М. А., Давиденко М. О., Визначення поглинутої дози радіоактивного опромінення металевими конструкціями за допомогою портативної апаратури, Матеріали заходу "Науково – технологічне забезпечення оборонного – промислового комплексу України", 14.09.2014. Київ, 62-64

7. Давиденко М.О., Заболотний М.А., ін. винахід, Спосіб запису оптичних голограм, патент України №15406, 2006.



Фіг. 1

Сизов Ф.Ф., Цибрій З.Ф., Свеженцова К.В., Голенков О.Г., Вуйчик М.В.;
Руденко Е.М., Короташ І.В., Шаповалов А.П., Полоцький Д.Ю., Білоголовський
М.О., Осіпов Л.

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України;

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

МАСКУЮЧІ ТА ФІЛЬТРУЮЧІ ТОНКІ ШАРИ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СТРУКТУР ДЛЯ ІЧ ТА СУБ-ТГц ДІАПАЗОНІВ СПЕКТРУ

Показано, що плівки нітриду алюмінію (AlN) можуть бути перспективними для виготовлення пасивних і активних електронних компонент та створення маскуючих покриттів для зниження теплового випромінювання об'єктів спостереження, що обумовлено особливостями їхніх фізичних характеристик (висока теплопровідність ~ 320 W/m·K при 25° С, високі хімічний опір, адгезія і твердість ~ 18 GPa). Односторонні та нанесені з обох боків термолабільних підкладок плівкові покриття AlN товщиною 1-10 мкм, були отримані новим методом гібридного геліконно-дугового іонно-плазмового осадження. Можливість комбінування методу магніто-фільтрованого плазмо-дугового осадження з обробкою в НВЧ плазмі геліконного розряду, дозволило наносити покриття AlN на термолабільні підкладки, істотно підвищивши швидкість їх осадження. Проведені дослідження морфологічних, структурних, спектральних властивостей плівок AlN, які вирощені на підкладках кремнію, тефлону, майлару та полікарбонату. Наноструктуровані зерна круглої форми рівномірно розподілялися на досліджуваних поверхнях, а середній розкид по висоті зерен не перевищував 1,5-2,5 нм.

Отримані спектральні залежності відбиття та пропускання в діапазоні 2–25 мкм, які показують значне зменшення коефіцієнту пропускання, свідчать про перспективність використання композиційних структур на основі підкладок з тефлону і майлару з плівковими покриттями нітриду алюмінію в якості пасивних загороджувальних фільтрів в інфрачервоному діапазоні спектра та створення маскуючих покриттів для зниження теплового випромінювання об'єктів спостереження. В мм та суб-мм діапазонах спектру, як показали дослідження, завдяки високому коефіцієнту пропускання та високій теплопровідності, ці плівки на термолабільних підкладках, можуть бути використані для скидання залишкового тепла до радіатора і тому їх можна використовувати у якості фільтрів, які знижують вплив шуму фону від випромінювання оточуючого середовища в ІЧ області спектру, що приводить до підвищення ефективності приймачів випромінювання у мм та суб-мм ділянках спектру електромагнітного випромінювання.

Стрижак П.Є., Соловйов С.О., Кириєнко П.І., Трипольський А.І.
Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України

КАТАЛІЗАТОРИ АВТОНОМНОГО БЕЗПОЛУМ'ЯНОГО ГЕНЕРАТОРА ТЕПЛА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ РІЗНИХ ОБ'ЄКТІВ, В ТОМУ ЧИСЛІ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Спалювання твердих, рідких та газоподібних палив у каталітичних генераторах – ефективний та екологічно чистий спосіб одержання теплової енергії. Актуальність проблеми створення ефективних каталітичних генераторів тепла з використанням цих процесів обумовлена сучасними тенденціями у розвитку паливно-енергетичного комплексу, які полягають в переході від централізованого теплопостачання до комбінованого, що включає автономні енергетичні установки різної теплової потужності. Основні переваги каталітичного безполум'яного горіння порівняно з факельним полягають в наступному: повнота згоряння палива, що сприяє підвищенню ефективності процесу горіння; зниження температури процесу горіння від 1000-1200°C до 300-700°C, зберігаючи при цьому високі швидкості горіння, які забезпечують повне згоряння паливно-повітряних сумішей без утворення термічних оксидів азоту; зменшення викидів в атмосферу шкідливих газів, зокрема CO та NO_x, як результат зниження температури горіння та більш повного спалювання палива; використання більш дешевих конструкційних матеріалів за рахунок зниження температури процесу, а також можливість скрито використовувати каталітичні генератори тепла в польових умовах, наприклад в окопах та бліндажах. Каталітичне спалювання принципово відрізняється від горіння у полум'ї, оскільки температурний режим процесу згоряння на поверхні твердих каталізаторів легко регулюється і може бути здійснений без випромінювання у видимому діапазоні, що особливо важливо в бойових умовах.

Найбільш розповсюдженими каталізаторами безполум'яного спалювання вуглеводневого палива є композиції на основі металів платинової групи (МППГ), оксидів 3d-металів або їх комбінації, нанесених на інертний носій, який визначає макроструктуру каталізатора.

Ефективними каталізаторами безполум'яного горіння органічних палив, зокрема C₁-C₄ вуглеводнів є нанесені системи, що містять платину з розміром частинок 1-5 нм [1]. Такі каталізатори не мають рівних за активністю, забезпеченням повноти згоряння палива та за термічною стійкістю. Недоліком таких каталізаторів є висока вартість активного компонента та летючість платини за температур вище 800°C, а також можливість отруєння сірчистими сполуками [2]. Як носії каталізаторів широко застосовуються численні кристалічні модифікації оксиду алюмінію, які визначають кінцеві властивості: мікропористість, розподіл пор за розмірами та питомою поверхню [3,4]. В якості модифікуючих добавок каталізаторів безполум'яного спалювання горючих газів використовують

оксиди лантану, церію, магнію, стронцію, що забезпечують високу термічну стабільність, наприклад, марганець-алюмооксидних каталізаторів до 1000 °С.

Слід відмітити, що широкому впровадженню каталітичного спалювання вуглеводневого палива перешкоджає відсутність ефективних каталізаторів, що задовольняють жорстким вимогам: низька температура початку реакції окиснення вуглеводневого палива, висока термічна та хімічна стійкість, продуктивність, селективність за продуктами повного окиснення органічних молекул (до 100 %), низький газодинамічний опір, а також невисока вартість [5,6].

Нами був розроблений ефективний каталізатор для безполум'яного спалювання вуглеводнів, який являє собою блок з системою повздовжніх отворів (каркас каталізатора) із термостійкої кераміки (зокрема синтетичного кордієриту, як матеріалу, що задовольняє всім вимогам до експлуатації вказаних елементів), додатково вкритий шаром оксиду алюмінію, модифікованого рідкоземельними елементами, в порах якого знаходяться наночастинки платини. Додавання сполук рідкісноземельних елементів (ОРЗЕ: оксиди La, Ce, Sm, Pr, окремо або їх комбінації) сприяє отриманню покриттів з високою термічною стійкістю. Крім цього, присутність сполук рідкісноземельних елементів сприяє стабілізації наночастинок платини в матриці вторинного носія, зокрема за рахунок підтримання їх поверхні в частково окисненому стані ($Pt_n^{\delta+}$). На Рис.1 приведена мікрофотографія поверхні каталітично активного покриття каталізатора. Як видно розроблена методика дозволяє приготувати покриття, в якому наночастинки платини стабілізуються в діапазоні 1-5 нм.

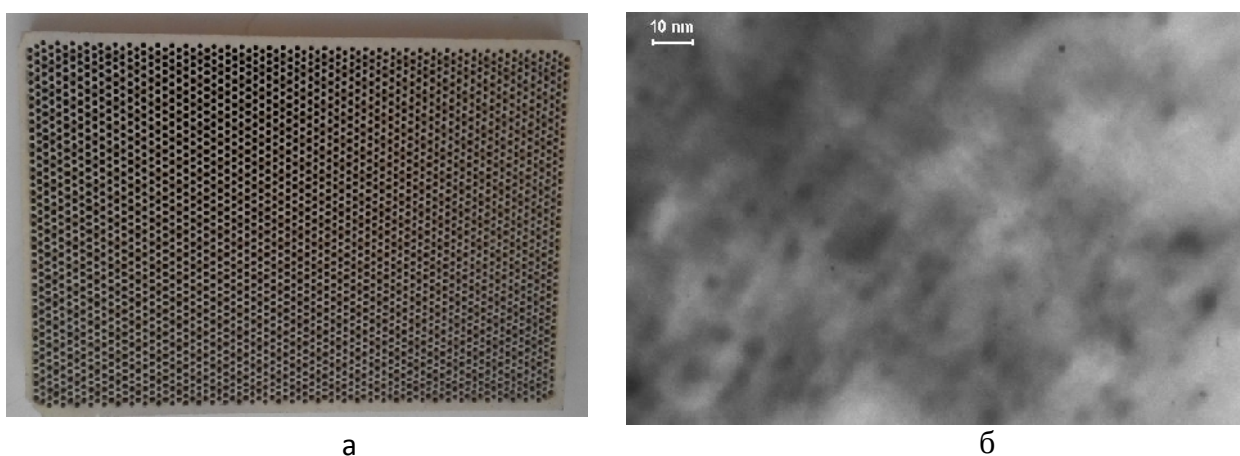


Рис. 1. Каталізатор безполум'яного горіння (а) та мікрофотографія (ПЕМ) каталітично активного покриття - наночастинки платини в матриці з модифікованого оксиду алюмінію(б)

Результати досліджень каталізаторів в процесі безполум'яного спалювання пропан-бутанової суміші на дослідному стенді представлені в таблиці 1 (подача пропан-бутанової суміші - 1,5 л/год).

Таблиця 1.

Результати досліджень каталізаторів

Каталізатор	Вміст продуктів неповного згоряння в газовій суміші після каталізатора, % (через 10 хв. / 5 год. роботи)	
	СО	Вуглеводні (в перерахунку на C_3H_8), %
1 (0,5%Pt/ Al_2O_3 /кордієрит)	не виявлено/ не виявлено	0,005%/0,0045%
2 (0,1%Pt/ Al_2O_3 /кордієрит)	0,002%/0,0007%	0,007%/0,008%
3 (0,1%Pt/ Al_2O_3 +3%ОРЗЕ/кордієрит)	не виявлено/ не виявлено	0,0018%/не виявлено
4 (0,1%Pt/ Al_2O_3 +5%ОРЗЕ/кордієрит)	не виявлено/ не виявлено	0,0015%/не виявлено
5 (0,1%Pt/ Al_2O_3 +10%ОРЗЕ/кордієрит)	не виявлено/ не виявлено	0,009%/не виявлено
4 (0,1%Pt/кордієрит)	0,02%/0,02%	0,01%/0,01%
Блок без каталітичного покриття (горіння в полум'ї)	0,023%/0,028%	0,021%/0,025%

Аналіз результатів випробування розроблених каталізаторів та наведені в таблиці дані свідчать про наступне:

1. Запропонований підхід дозволяє одержати ефективний каталізатор для автономного безполум'яного генератора тепла, який забезпечує стабільне глибоке окиснення (безполум'яне згоряння) вуглеводнів.

2. Запропонований каталізатор забезпечує повне згоряння пропан-бутанової суміші за температури до 500 °С при відсутності в продуктах згоряння СО (концентрація монооксиду вуглецю нижча, ніж допустима для побутових приладів (до 200 м.ч.), або взагалі СО відсутній).

Таким чином, розроблено ефективний та стабільно працюючий каталізатор для автономного генератора тепла шляхом безполум'яного спалювання метану або пропан-бутанової суміші, який може бути використаний для обігрівання житлових об'єктів, наприклад, наметів або бліндажів, для розігрівання та приготування їжі, сушки одягу, взуття та предметів амуніції при відсутності стаціонарних пунктів обігріву в польових, в тому числі і в бойових умовах. Каталітичні генератори тепла з використанням розроблених каталізаторів забезпечують повне і екологічно чисте спалювання метану або пропан-бутанової суміші, процес згоряння палива здійснюється без випромінювання у видимому діапазоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. P Gélín, M. Primet. //Complete oxidation of methane at low temperature over noble metal based catalysts: a review. *Applied Catalysis B: Environmental* 39 (2002) 1–37.
2. K. Persson, P.O. Thevenin, K. Jansson et al. // Preparation of alumina-supported palladium catalysts for complete oxidation of methane. *Applied Catalysis A: General* 249 (2003) 165–174.
3. З.Р. Исмагилов, М.А. Керженцев, С.А. Яшник, Н.В. Шикина. // Катализаторы для эффективного сжигания топлива. *Российские нанотехнологии*, Т.4.№11-12 – 2009, С.32-35.
4. G.S. Bugosh, V.G. Easterling, I.A. Rusakova, M.P. Harold *Applied Catalysis B: Environmental* 165 (2015) 68–78.
5. П.Е. Стрижак, А.И. Трипольский, Г.Р. Космамбетова, О.З. Диденко, Т.Н. Гурник. // Геометрический и электронный подходы к размерным эффектам в гетерогенном катализе. *Кинетика и катализ*, 2011, №1, с.131-142
6. S. M. Orlyk, S. O. Soloviev, A. Yu. Kapran, M. R. Kantserova, P. I. Kyriienko and Ie. V. Gubareni. // *Structure-Functional Design of New Catalysts for Engineering of Productive and Environmental Catalysis Processes. Advances in Engineering Research*. V. 10, 2015, ISBN: 978-1-63482-784-3. Nova Science Publishers.

Трипольський А.І., Абакумов О.О., Столярчук І.Л., Стрижак П.Є.
Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського

АНТИПІРЕННА ОБРОБКА ТКАНИН ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ВОГНЕТРИВКИХ МАТЕРІАЛІВ

Термічні опіки — це один із основних факторів, що впливає на кількість безповоротних втрат серед військових під час збройних конфліктів. Причому, подібно до краш-синдрому, суттєвий ризик для здоров'я та життя постраждалого зберігається протягом багатьох днів, оскільки в кров потрапляють токсичні речовини, що виділились в результаті теплового впливу на живі тканини. Під час операції Британських ВМС біля Фолклендських островів близько 14% британських солдат померло через опіки III та IV степенів. В результаті збройних сутичок між арабами та ізраїльтянами протягом 1973 року близько 10,5% усіх втрат військових Армії Оборони Ізраїлю склали саме втрати через опіки, причому половина від цієї кількості припадала на екіпажі бронемашин та танків.

Запобігти цій проблемі дозволяє використання специфічного класу речовин — антипіренів. Антипірен — це речовина, що блокує займання матеріалу протягом певного часу або цілком нівелює здатність матеріалу до займання. Зважаючи на вищевказані наслідки опіків, розробка антипіренів для одягу зіграє важливу роль у збереженні життя і здоров'я українських військовослужбовців та інших представників силових структур. Причому пріоритетними споживачами антипіренів серед силових структур мають бути екіпажі бронемашин та танків, оскільки ризик отримання опіків є для них найбільшим у порівнянні із представниками інших родів військ.

До текстильних антипіренів висувається ряд загальних вимог:

- обробка тканини не повинна призводити до суттєвого зменшення газообміну через тканину;
- хімічні компоненти не повинні містити токсичних компонентів або алергенів;
- вогнетривкий ефект тканини має зберігатись після контакту із водою або після прання;
- обробка антипіреном не повинна помітно позначуватись на механо-фізичних властивостях тканини;
- антипірен має зменшувати теплообмін через тканину.

Реалії українського сьогодення висувають додаткові вимоги до антипіренів як товарів подвійного призначення:

- відносна дешевизна кінцевого продукту;
- сировинна база має бути розташована на території України або дружніх країн.

В Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського було створено суміш “Фенікс”, хімічною основою якої стали нетоксичні сполуки, що надають тканині тривалі вогнетривкі властивості. Однак повністю задовольнити наведеним вимогам поверхневе антипірене покриття все ж

таки не дозволяє. Вирішити цю проблему можливо за допомогою безпосередньої хімічної модифікації волокон або тканин, з яких буде шитись одяг.



Рис.1 Антипірен “Фенікс”, переданий на волонтерських засадах в добровольчий батальйон “Донбас”

Крім того, хімічно модифікована вогнетривка тканина більш приваблива з точки зору користувача, адже не потрібно витрачати час на обробку тканини, що особливо актуально та важливо в умовах активних бойових дій.

Проте найбільш перспективним шляхом індивідуального вогнезахисту є створення термоізоляційних матеріалів, в яких низька теплопровідність поєднується із антипіренним ефектом.

Демченко В.Г.

Інститут технічної теплофізики НАН України

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПАЛЮВАННЯ ТИМЧАСОВИХ СПОРУД

Нині існує велика кількість підприємств, що спеціалізуються на виробництві печей різних модифікацій. Найбільш поширеними конструкціями довгий час залишаються печі типу «Буржуйка» та «Bullerjan».

Піч «Буржуйка» - проста опалювальна конструкція, що не вимагає спеціального фундаменту. Піч дуже компактна і практична, а паливом для неї може слугувати навіть звичайне сміття. Конструкція «Буржуйки» дозволяє нагрівати воду і готувати їжу.

Відмінними ознаками цієї печі є значна температура димових газів і високі показники шкідливих речовин і, як наслідок, низький ККД і велика витрата палива. Такі чавунні печі ПОВ-57 з 1957 року перебувають на постачанні Збройних Сил України. Це так звана окопна військова піч, яка використовує принцип спалювання твердого палива на колосниковій решітці. При всіх своїх позитивних характеристиках дана конструкція морально застаріла і давно вимагає заміни. (Рис.1). Опалювання приміщення піччю ПОВ-57 здійснюється в основному за рахунок прямого випромінювання теплової енергії, накопичення тепла не відбувається і, після закінчення прямого горіння палива відбувається швидке охолодження корпусу печі, а якщо не закрити вчасно заслінку димаря, то приміщення дуже швидко вихолоджується за рахунок тяги. Окрім того, корпус печі розжарюється до температури горіння, що вимагає дотримання особливих протипожежних заходів. Усі ці умови вимагають постійного нагляду за такою піччю.

Опалювальна піч тривалого горіння «Bullerjan» (Булеріан) - потужний нагрівач повітря, що складається з металевго корпусу з вбудованими в нього трубками, по яких піднімається нагріте повітря і розподіляється по опалюваному приміщенню. В основу печі канадськими інженерами була покладена давно знайома схема сталевго конвекційно-трубчатого повітряного котла повільного горіння (печі-калорифера), що добре зарекомендувала себе. Так з'явилася конструкція, яка показана на рисунку 2.

Конструкція печі не передбачає наявності колосникової решітки. Зола обов'язково повинна знаходитися в топці на нижніх трубах, це подовжує їх термін служби (запобігає прогоранню) і забезпечує нормальну газифікацію палива. До того ж, немає необхідності часто очищати топку від золи, адже паливо вигорає практично повністю. Окрім дров, в якості палива можна використати брикети, буре вугілля, а також відходи деревообробної промисловості. Найкращим паливом для «Bullerjan» є круглі поліна, бажано такої ж довжини як сама піч. Але при спалюванні вугілля піч швидко виходить з ладу.

Печі «Bullerjan», на відміну від печей типу ПОВ-57, мають два режими роботи. Перший режим використовується для початкового розтоплення

«Bullerjan» і нічим не відрізняється від розпалювання класичної печі. У активному режимі відбувається пряме горіння палива при надлишку кисню. При цьому виділяється велика кількість тепла, що сприяє швидкому прогріванню приміщення конвективним нагрівом. Для переведу печі «Bullerjan» в пасивний режим обмежується приплив і відтік повітря, що уповільнює температуру і швидкість горіння палива. У паливі починаються процеси піролізу. Піролізний газ, що виділяється, допаюється в камері догорання, шляхом подання в неї додаткового кисню через форсунки. Таким чином, вдається збільшити час горіння однієї порції завантаженого палива до 8 годин і зменшити корпусу температуру печі до прийняттого рівня.



Рис.1. Опалювальна-варильна піч ПОВ-57, зразка 1957 року



Рис.2. Опалювальна піч Bullerjan, зразка 1975 року



Рис.3. Опалювальна-варильна піч Рекорд, зразка 2014 року

В 2014 році в ІТТФ НАНУ була розроблена, досліджена та апробована принципово нова конструкція транспортабельної опалювальна-варильної печі тривалого горіння «Рекорд» типу: ОВП-1, ОВП-2, та ОВП-3 (рис.3).

Піч Рекорд розроблена для наметів та тимчасових споруд і працює в такій послідовності: розпалювання і активне горіння протягом до однієї години для нагріву приміщення і приготування їжі, потім шляхом регулювання подачі повітря – переведення в економний режим протягом 6...8 годин для підтримання комфортної температури повітря в приміщенні з температурою стінок не більше 80...100°C. Все це досягається разовою закладкою дров або іншого органічного палива в кількості до 10 кг.

Конструкція печі дозволяє зменшити в два рази температуру відхідних димових газів, досягти підвищення ККД, зменшити емісію забруднюючих речовин, суттєво зменшити витрату палива в порівнянні з пічками типу ПОВ-57, Bullerjan та іншими відомими конструкціями. Відмінною особливістю печі Рекорд є новий принцип спалювання палива зі створенням двох зон піролізу і трьох зон горіння, що дозволяє спалювати будь-яке крупнофракційне паливо без механічного та хімічного недопалу. Запропонована технологія спалювання з двома зонами піролізу забезпечує підвищення енергоекологічної ефективності, збільшення жаропродуктивності печі, зниження витрат палива для отримання теплової енергії та значне підвищення ККД.

Відомо, що 95% теплової енергії в твердому органічному паливі виділяється з коксу. Тому нами були застосовані два яруси колосникових решіток різного перетину, розташованих в об'ємі топкової камери. Конструкція корпусу печі виконана з профільованих труб, що забезпечує повітряне охолодження поверхні печі, зменшення ваги печі і максимальну теплопередачу в оточуюче середовище. Впроваджена технологія двох колосникових решіток забезпечує появу двох зон піролізу і трьох зон згорання, прискорює процес підготовки палива до горіння, попереднє його підігрівання, сушку і газифікацію та зменшує аеродинамічний супротив газового тракту і попередній нагрів дуттьового повітря.

Обігрів приміщення здійснюється радіаційним випромінюванням нагрітої поверхні печі та конвективними потоками повітря, що циркулює в каналах її корпусу. Для забезпечення подачі додаткового повітря в зону догорання вихідних газів піч обладнана віддільними каналами, по яких підігріте зовнішнє повітря з приміщення подається в зону догорання. Система подачі забезпечує плавне регулювання об'єму повітря та виключає можливість утворення так званої зворотної тяги. Камера згорання обладнана екраном-відбивачем, який забезпечує іскрогасіння, збільшує температуру в топці та час перебування в ній димових газів.

За допомогою регулювання шиберної заслінки подачі повітря та засувки на виході димових газів змінюється швидкість та інтенсивність згорання палива. Піч «Рекорд» обладнана завантажувальними дверцятами, на яких встановлено оглядове вічко, що дозволяє візуально контролювати процес горіння. Піч може працювати безперервно, згорілий попел падає в висувний зольний ящик, що видаляється без припинення процесу горіння.

При роботі печі візуально не спостерігається диму, а тому, також зменшується дистанція виявлення об'єктів, обладнаних печами Рекорд приладами тепловізійної та спектрометричної розвідки. Отримані в ході проведених експериментальних порівняльних досліджень дані наведені на рисунку 4.

Піч «Рекорд» відповідає вимогам ДСТУ 3075-95 (ГОСТ 9817-95) «Апарати побутові, які працюють на твердому паливі. Загальні технічні умови» та НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Піч може додатково комплектуватися: навісами для сушіння одягу, баком для підігріву води та електричним блоком для генерації електричної енергії постійного струму.

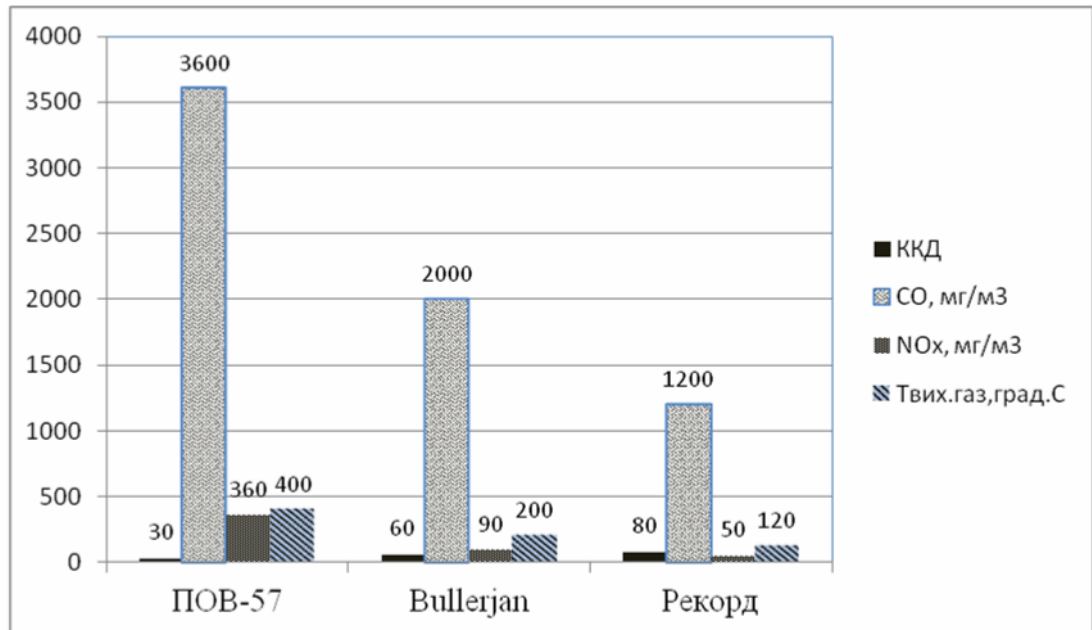


Рис. 4. Тепло-екологічні та ергономічні показники роботи печей

В Інституті технічної теплофізики НАНУ розроблена та апробована конструкція водяного теплообмінника з термоелектричними модулями для генерації електричної енергії за рахунок різниці температур. Отримання електричної енергії відбувається з використанням ефекту Зеебека, що дозволяє забезпечити освітлення приміщення та виконувати зарядку акумуляторів мобільних телефонів, рацій та іншого обладнання. Важливо відмітити, що процес генерації відбувається абсолютно безшумно і без додаткових викидів шкідливих речовин в атмосферу. Технічні характеристики печей «Рекорд» і термоелектричних генераторів наведені в таблиці 1.

За минулий 2014 рік більше 100 печей та 5 водяних термоелектричних генераторів постійного струму передані співробітниками Інституту технічної теплофізики НАНУ як волонтерська допомога Збройним Силам України.

Табл. 1. Технічні характеристики опалювально-варильної печі «Рекорд»

Тип:	ОВП-1	ОВП-2	ОВП-3
Теплова потужність, в залежності від якості палива, кВт	2...4	4...6	6...8
Максимальний об'єм завантаженого палива, дм ³	20	40	60
Електрична потужність, кВт	0,1		

Вихідна напруга, В	12		
Опалювальний об'єм, м ³	До 40	До 60	До 80
Емісія забруднюючих речовин, CO/NO _x , мг/м ³	1200/50		
ККД, %	70-80		
Режим нагріву	Конвекційно-радіаційний		
Вид палива	дрова, кам'яне вугілля, торф, брикети,		
Довжина x Ширина x Висота, мм	415x300x710	525x415x710	750x415x710
Розміри варильної поверхні, мм	300x415	525x415	750x415
Діаметр димоходу, мм	100	115	125
Мінімальна висота димоходу, м	3,0	3,5	4,0
Вага, кг	60	70	90
Гарантія	3 роки		

Висновки

1. Запропонована та випробувана в зоні проведення АТО конструкція нової печі «Рекорд» забезпечує стабільне опалення при подовженому часі горіння та зменшення споживання палива майже вдвічі.
2. Показники роботи печі «Рекорд» відповідають показникам кращих сучасних вітчизняних і зарубіжних аналогів, а значення по ККД, економії палива та екологічності роботи суттєво їх перевершують.
3. Впровадження печей «Рекорд» сприятиме підвищенню живучості військових об'єктів за рахунок зменшення демаскуючих ознак.

Долінський А.А., Шаркова Н.О., Авдєєва Л.Ю.
Інститут технічної теплофізики НАН України

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА СПЕЦІАЛЬНОГО ВИСОКОБІЛКОВОГО ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ І ПЛАСТИЧНИХ ПОТРЕБ ОРГАНІЗМУ ПОРАНЕНИХ В КРИТИЧНИХ СТАНАХ

Розроблення і впровадження сучасних інноваційних технологій для охорони здоров'я з метою забезпечення захищеності життєво важливих інтересів людини і громадянина входить до основ національної безпеки України, забезпечує сталий розвиток суспільства і відповідає національним інтересам. Інститутом технічної теплофізики НАН України розроблена і апробована вітчизняна енергоефективна технологія і обладнання для промислового виробництва повноцінного високобілкового ентерального харчування на основі білкових гідролізатів з ліпідними наноструктурами для забезпечення енергетичних і пластичних потреб організму поранених в критичних станах.

Проблема білково-енергетичної недостатності є однією з головних для хворих з вираженими процесами розпаду білків - хворих в критичних станах, в предопераційному і післяопераційному періодах, при опіках, при пошкодженнях щелепно-лицьової області (травма, операція), порушеннях акту ковтання, розладах свідомості, нейрохірургічних втручаннях і т. ін. В цих випадках необхідно підвищене забезпечення організму білком і енергією. Використання в якості ентерального харчування сумішей, що виготовлені з натуральних продуктів або рекомендуються для дитячого харчування, в даний час вважається недоцільним через їх незбалансованість і неадекватність потребам дорослих. Вже науково доведено, що оптимально підібрана дієта забезпечує підтримку енергетичних потреб організму в критичному стані, а часто, служить самостійним, вагомим лікувальним чинником. Застосування спеціального харчування в комплексній лікувальній терапії справляє позитивний вплив на клінічний перебіг захворювань, дозволяє досягнути нормалізації метаболізму, прискорити період реабілітації. Вже через 24 години без спеціалізованого лікувального харчування повністю вичерпуються запаси в організмі спочатку власних вуглеводів, а потім жирів і білків. Наслідками дефіциту білків можуть бути дисфункції органів, значне уповільнення процесу реабілітації і загоєння ран, зниження опірності організму до інфекцій, анемія. Ці фактори збільшують ризик розвитку септичних і інфекційних ускладнень, негативно впливають на тривалість перебування хворих в стаціонарі, підвищують показники смертості.

В Україні промислове виробництво ентерального харчування відсутнє. Потреби хворих в критичних станах забезпечуються за рахунок продуктів закордонного виробництва, які відрізняються невеликим асортиментом і високою вартістю, а тому є недоступними для переважної більшості цільової групи хворих. Як показують розрахунки, потреба в ньому дуже висока –

тисячі тонн, і при відсутності вітчизняного виробництва, для завезення такого харчування з-за кордону необхідно не менше 800 млн. грн. на рік (за даними 2014 р.). В той же час, в країнах ЄС і США лікувальне харчування вже давно є невід'ємною частиною комплексної терапії при багатьох захворюваннях. Дані світової практики свідчать, що при лікуванні хворих в критичних станах використовуються спеціальні дієти визначеного складу, в т.ч. на основі гідролізованих білків, що складаються з вільних амінокислот і пептидів, які легко засвоюються. Провідними виробниками ентерального харчування в світі є США, Німеччина, Франція, Швейцарія, Росія.

Для забезпечення власних потреб військових шпиталів у якісному і ефективному лікувальному харчуванні поранених в критичних станах необхідна організація вітчизняного виробництва ентерального харчування, що повністю задовольнить добову потребу організму в основних поживних речовинах, вітамінах, макро- та мікроелементах. Важливість і актуальність розробки і впровадження вітчизняних технологій виробництва ентерального харчування і, таким чином, забезпечення поранених, постраждалих в результаті військових дій в зоні АТО якісними, безпечними і доступними лікувальними продуктами в Україні розглядалися на різних рівнях і багатьох Міжнародних наукових форумах, наприклад, у вересні 2014 р. на засіданні круглого столу: “Ентеральне харчування в Україні – шляхи вирішення нагальних проблем”, яке проводилось за участю провідних спеціалістів Української військово-медичної академії, Інституту гігієни і медичної екології ім. А.Н.Марзєєва АМН України, Київської міської лікарні швидкої допомоги, ДП «Укрметртестстандарт» та ін. На засіданні було відзначено нагальну необхідність проведення в Україні системних заходів щодо розвитку вітчизняної індустрії продуктів для ентерального харчування, з урахуванням специфіки етапів лікування та відновлення організму, при забезпеченні оптимального співвідношення “ціна-якість”.

В Україні власного виробництва лікувального харчування для хворих в критичних станах не освоєно через те, що потребує вирішення комплексу наукових, технічних, технологічних та інвестиційних завдань. Інститутом технічної теплофізики НАН України розроблена вітчизняна технологія та нормативна документація для промислового виробництва сухого гідролізованого білка, отриманого методом ферментативного гідролізу харчових білків рослинного та тваринного походження. За амінокислотним складом суміш наближена до «ідеального» білка та містить до 70% фізіологічно активних пептидів та вільних амінокислот з молекулярною масою до 6 кДа, що легко засвоюються без додаткового навантаження на органи і системи організму.

Використання у складі розробленого ентерального харчування ліпідних наноструктур забезпечує збільшення лікувальної ефективності його дії за рахунок:

- транспортування діючої речовини безпосередньо в середину клітин організму;
- зменшення токсичного впливу діючої речовини

- захищеності діючої речовини від впливу несприятливих факторів середовища (технологічних або фізіологічних);
- поступового вивільнення біологічно активних речовин, що пролонгує тривалість їх впливу;
- використання для побудови ліпідних везикул комплексу природних фосфоліпідів, які є природним матеріалом багатьох видів клітин організму.

Висока ефективність використання сухого гідролізованого білка, підтверджена клінічними дослідженнями Військово-медичного клінічного центру Збройних сил України. В результаті застосування нового високобілкового продукту в комплексі лікувальних заходів для хворих в критичних станах: післяопераційних хворих, хворих із вогнепальними, травматичними ураженнями, які потребували довготривалого лікування (тяжкі опіки та складні вогнепальні поранення) встановлена висока клінічна ефективність, нормалізація і покращення загальної і клінічної симптоматики, прискорення загоєння вогнепальних ран та опіків.

Таким чином, розроблення і впровадження нової енергоресурсозберігаючої технології виробництва вітчизняного ентерального харчування на основі гідролізованих білків з використанням новітніх досягнень в галузі тепло- та біотехнологій є актуальним і відповідає інтересам оборони і безпеки України.

Розроблена Інститутом технічної теплофізики НАН України технологія забезпечує виробництво якісного і ефективного лікувального харчування хворих у критичних станах, в т.ч. для поранених військовослужбовців в критичних станах у військових шпиталях. Вживання лікувального харчування нового покоління дозволить зменшити ризик розвитку септичних і інфекційних ускладнень, покращити показники летальності і скоротити терміни стаціонарного лікування.

Впровадження розробленої високоефективної технології і обладнання для виробництва сухої форми високобілкового ентерального харчування на основі білкових гідролізатів з ліпідними наноструктурами дозволить організувати вітчизняне промислове виробництво нового продукту на рівні світових аналогів із застосуванням сучасних інноваційних методів обробки і наноматеріалів.

Гайворонский А.А., Позняков В.Д., Клапатюк А.В.; Костин Ю.Н.
Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины;
ГП «ХКБМ им. А.А. Морозова»

СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЕЙ ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЮ ХОЛОДНЫХ ТРЕЩИН

При изготовлении корпусов современной легкобронированной техники (ЛБТ) применяют высокопрочные комплексно легированные стали при содержании углерода выше 0,25%. Основными легирующими элементами в них являются хром, никель и молибден. Для достижения требуемого уровня специальных служебных свойств сталь дополнительно микролегируют ванадием, алюминием и бором. В зависимости от режима отпуска при термической обработке сталь может иметь среднюю, повышенную или высокую твердость согласно ОСТ 3-1279-86.

Одной из основных проблем при сварке высокопрочных броневых сталей является повышенная опасность образования холодных трещин в сварных соединениях. Связано это с формированием в металле зоны термического влияния (ЗТВ) закалочных структур и высокого уровня локальных структурных напряжений [1-3]. Водород в расплавленном металле шва, который диффундирует в ЗТВ при охлаждении соединения, резко интенсифицирует процесс зарождения и развития холодных трещин [4, 5]. Обычно, чтобы уменьшить вероятность образования холодных трещин металл перед сваркой подогревают. С одной стороны, это позволяет сформировать относительно пластичную структуру закаленного металла, а с другой - увеличить десорбцию водорода из сварного соединения.

В тоже время, для обеспечения требуемого уровня служебных свойств сварных соединений, механические свойства и твердость металла ЗТВ не должны быть ниже уровня основного металла, которые зависят в свою очередь от химического состава стали и условий сварки. В одних условиях, когда металл после сварочного нагрева охлаждается с малой скоростью, может произойти разупрочнение стали, а в других - с увеличением скорости охлаждения металл ЗТВ становится более хрупким и резко возрастает опасность образования холодных трещин в соединениях. Поэтому целью технологических решений по сварке соединений корпусов ЛБТ, изготавливаемых из высокопрочных броневых сталей высокой твердости, должно быть одновременное обеспечение высоких служебных свойств сварных соединений при отсутствии в них холодных трещин.

Настоящая работа заключалась в изучении влияния термических циклов сварки на характер структурных изменений, твердость, статическую прочность и сопротивляемость образованию холодных трещин металла ЗТВ высокопрочной броневой стали типа 71.

Методы исследований. Исследовали образцы стали типа 71 с различным содержанием углерода (табл.1), механические свойства которой после закалки и низкотемпературного отпуска представлены в табл. 2.

Таблица 1- Химический состав исследуемой стали 71

№ п/ п	Массовая доля элементов в процентах, %											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Al	Ti	S	P
1	0,31	1,16	0,74	1,66	2,26	0,30	0,080	0,20	0,040	0,024	0,010	0,016
2	0,36	1,32	0,81	1,65	2,34	0,50	0,062	0,20	0,037	0,025	0,010	0,019

Таблица 2. Механические свойства исследуемой стали 71

№ п/п	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU^{+20} , Дж/см ²	KCU^{-40} , Дж/см ²	НВ, МПа
ТЗ	1470/1660	1750/1960	≥7	≥15	≥68,6	≥29,4	3880 - 4990
1	1426/1434	1673/1680	11,9/12,8	54,1/57,5	109/118	100/108	4150 - 4490
2	1470/1486	1787/1802	10,2/10,7	46,6/49,2	78/86	74\85	4400 - 4490

Характер структурных изменений в металле ЗТВ изучали при имитации термического цикла сварки (ТЦС) на исследовательском комплексе «Gleeble 3800» [6]. Скорость нагрева образцов составляла 210°С/с (нагрев до 1250°С за 6 с), скорость охлаждения в интервале температур 600...500°С ($W_{6/5}$) изменяли в диапазоне от 2,5 до 30,0°С/с. Микроструктуру исследовали методами оптической металлографии.

Механические свойства металла ЗТВ определяли по результатам испытаний стандартных образцов по ГОСТ 6996. Склонность стали к образованию холодных трещин изучали общепринятым методом Имплант [1], а также при сварке технологических проб согласно ОСТ ВЗ-15.010-85.

Результаты исследований и их обсуждение. Сталь в состоянии поставки имеет структуру бейнита (рис.1, а), которая после закалки и низкого отпуска трансформируется в мартенсит (рис.1, б). Наблюдающиеся светлые полосы в структуре, связаны с химической микро неоднородностью (по углероду, сере и фосфору), которая характерна для процесса производства стали методом непрерывной разливки. Термическая обработка не устраняет полосчатость структуры. Под действием ТЦС и в зависимости от скорости охлаждения структура металла изменяется (рис.1, в). Термокинетические диаграммы превращения переохлажденного аустенита в металле ЗТВ сварных соединений стали 71 представлены на рис.2. Температура начала распада аустенита A_{C3} для данного металла составляет 875...880°С. Температура начала мартенситного превращения 350..360°С, а окончания – 150...140°С. Как видно, изменение содержания углерода в стали от 0,31% до 0,36%, существенно влияет на твердость металла в ЗТВ и его механические

свойства (табл.3). При этом температурный диапазон мартенситного превращения практически не изменяется.

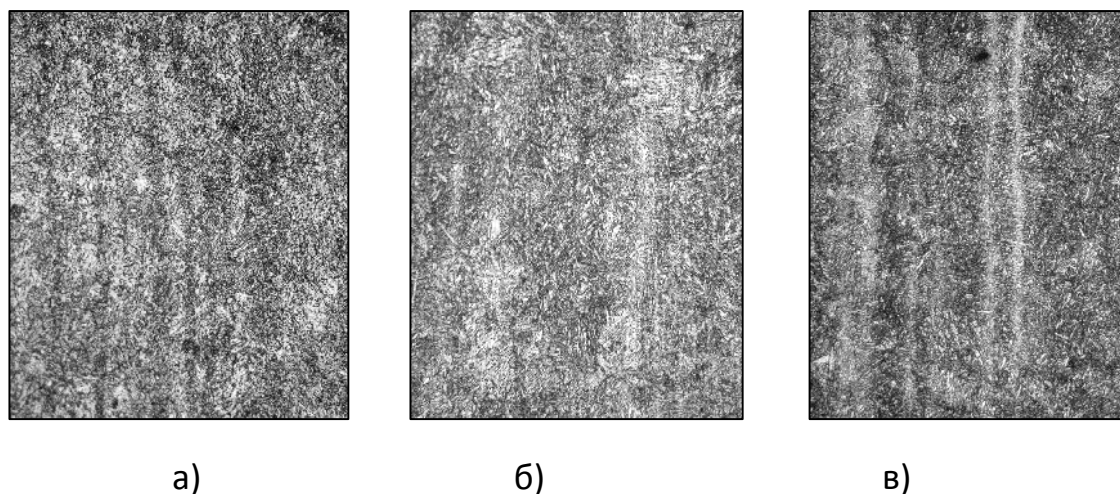


Рис.1. Структура стали 71 (C = 0,31%) в состоянии поставки (а), термической обработки (б) и после сварки в ЗТВ (в), x500.

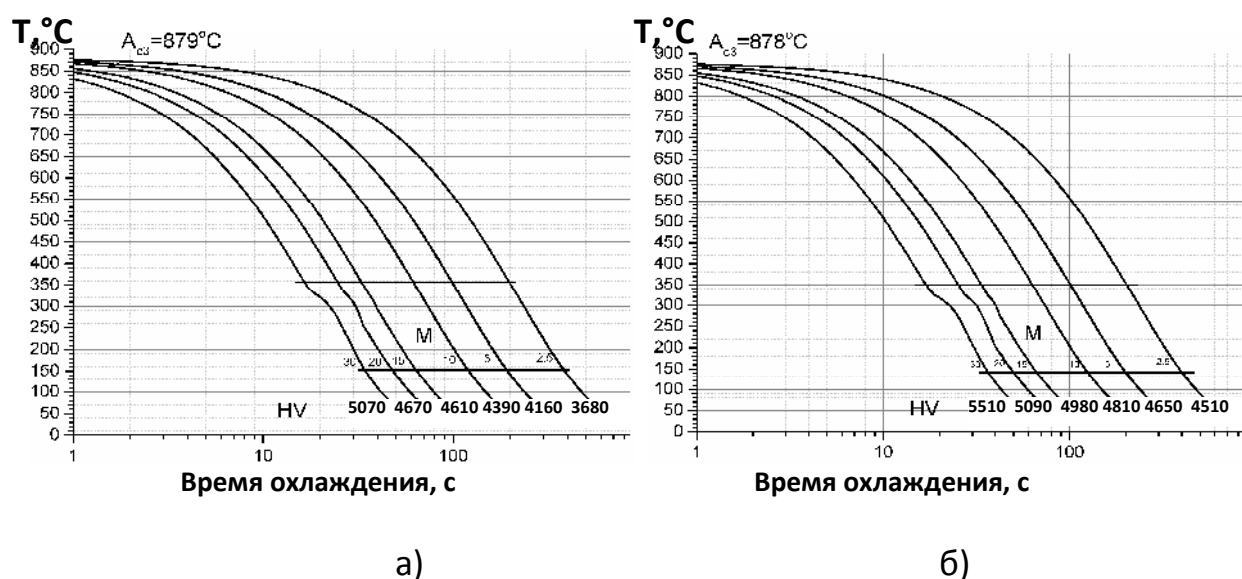


Рис.2. Диаграмма распада переохлажденного аустенита в металле ЗТВ соединений стали 71 при дуговой сварке: а) 0,31%С, б) 36%С.

Таблица 3. Механические свойства металла ЗТВ стали 71.

$W_{6/5}, ^\circ\text{C}/\text{с}$	C, %	$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\Psi, \%$	$\text{HV}_{10}, \text{МПа}$
2,5	0,31	1060	1250	14,7	58,6	3680
	0,36	1240	1460	12,8	55,8	4510
10	0,31	1200	1410	13,0	57,0	4390
	0,36	1395	1615	12,1	53,6	4810
20	0,31	1330	1540	12,8	54,8	4670
15	0,36	1445	1705	11,2	48,3	4980
30	0,31	1534	1684	11,7	48,8	5070
	0,36	1607	1896	10,4	46,8	5510

Повышение в 1,5 раза твердости закаленной в процессе сварки структуры металла ЗТВ связано с повышением уровня дисперсности пакетов мартенсита (рис.3).

h_M , мкм

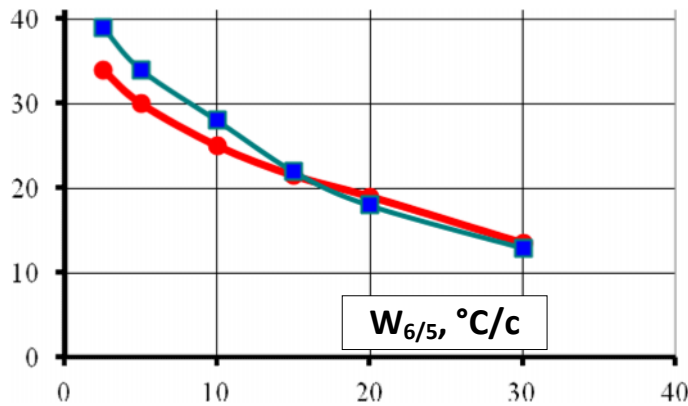


Рис.3. Размер пакетов мартенсита (h_M) в структуре металла ЗТВ стали 71:
 ● - 0,31%С и ■ – 0,36%С.

В результате исследований структуры металла ЗТВ установлено, что для стали с содержанием углерода 0,31% оптимальные служебные свойства формируются при скорости охлаждения $W_{6/5} \geq 20^\circ\text{C/с}$, а при 0,36% $\geq 10^\circ\text{C/с}$.

Исходя из этого, при сварке корпусов ЛБТ, когда может быть применена сталь как с

высоким содержанием угле-рода, так и с низким, должны быть выбраны режимы сварки, которые бы обеспе-чили скорость охлаждения в в ЗТВ не ниже 20°C/с . С другой стороны очевидно, что при увеличении скорости охлаждения будет также повышаться уровень локальных структурных напряжений, а способность структуры металла к пластическому деформированию снижаться. В комплексе с повышенным содержанием водорода это создает предпосылки к тому, что сварные соединения будут иметь гарантировано низкую стойкость к образованию холодных трещин.

Оценку склонности стали 71 к образованию холодных трещин проводили с использованием механизированной сварки в смеси газов (80% Ar + 20% CO₂) проволоками марок Св-08Х20Н9Г7Т и Св-08ГСМТ диаметром 1,2 мм. Содержание $[H]_{\text{диф}}$, которое оценивали методом «карандашной пробы», в наплавленном металле при использовании проволоки Св-08ГСМТ в состоянии поставки, составляет 4,2 мл/100г. Специальная термическая обработка проволоки при температуре 240°C , и ее последующая механическая очистка, позволила уменьшить содержание $[H]_{\text{диф}}$ в наплавленном металле до 1,1 см³/100г. При сварке проволокой Св-08Х20Н9Г7Т выделения водорода из наплавленного металла практически не наблюдалось, что объясняется его большой растворимостью в металле с аустенитной структурой.

Результаты исследований показали, что с увеличением $[H]_{\text{диф}}$ от 1,1 до 4,2 мл/100г при сварке проволокой Св-08ГСМТ сопротивляемость металла ЗТВ образованию холодных трещин снижается практически в 2 раза (рис.4). Существенно повысить стойкость сварных соединений против образования холодных трещин при данном варианте сварки возможно лишь при

применении предварительного подогрева металла до 200°C. С использованием высоколегированной проволоки Св-08Х20Н9Г7Т, разрушения образцов не наблюдалось даже при нагрузке, обеспечивающей напряжение растяжения в образцах величиной 500 МПа.

$\sigma_{кр}$, МПа

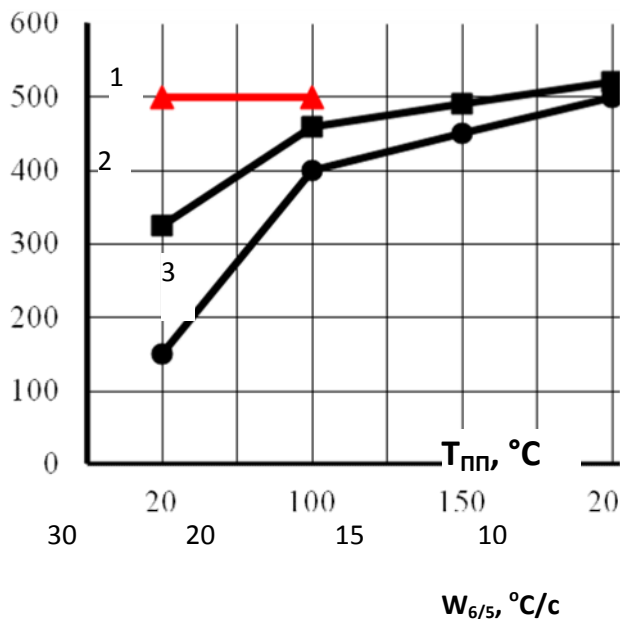
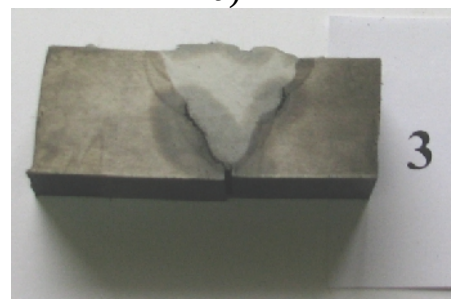


Рис.4. Сопrotивляемость стали 71 образованию холодных трещин при сварке проволоками Св-08Х20Н9Г7Т (1) и Св-10ГСМТ (2, 3) по методу Имплант: 2 - 1,1 ; 3 - $[H]_{диф} = 4,2$ мл/100г.



а)



б)

Рис.5. Шлифы технологических проб стали 71 при сварке проволоками Св-08Х20Н9Г7Т (а) и Св-10ГСМТ (б).

Выводы.

1. Установлено, что при сварке стали 71 в металле ЗТВ формируется мартенситная структура. Изменение содержания углерода в стали существенно влияет на твердость и механические свойства металла. При этом, оптимальные служебные свойства металла ЗТВ формируются при скорости охлаждения $W_{6/5} \geq 20^\circ\text{C/с}$.

2. Для предотвращения образования холодных трещин в сварных соединениях стали 71 необходимо использовать высоколегированные сварочные материалы типа Св-08Х20Н9Г7Т, или же при применении низколегированной проволоки типа Св-10ГСМТ применять предварительный подогрев до температуры 200°C.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. – М.: Машиностроение, 1981. – 247с.
2. Стеренбоген Ю.А. Некоторые факторы, определяющие стойкость металла ЗТВ мартенситных сталей против образования холодных трещин // Автомат. сварка. – 1986. - №6. – С.5-8.

3. Структурные превращения в ЗТВ и сопротивляемость сварных соединений высокопрочных мартенситных сталей замедленному разрушению / В.Ф.Мусияченко, В.Г.Гордонный, А.А.Гайворонский, Ю.М.Лебедев, В.Н.Летучий// Автомат. сварка. – 1992. - №4. – С.3-6.
4. Hydrogen embrittlement property of a 1700 MPa class ultrahigh strength tempered martensitic steel / S. Li, E. Akiyama, K. Yuuji, K. Tsuzaki, N. Uno, B. Zhang // Science and Technology of Advanced Materials.- 11 (2010), pp. 1–6.
5. Wongpanya P., Boellinghaus Th., Lothongkum G. // Heat treatment procedures for hydrogen assisted cold cracking avoidance in S 1100 QL steel root welds Welding in the World. - 52 (2008), pp. 671–678.
6. Григоренко Г.М., Костин В.А., Орловский В.Ю. Современные возможности моделирования превращения аустенита в сварных швах низколегированных сталей // Автомат. сварка. - 2008. - №3. - С. 31-34.

Ахонін С.В., Березос В.А., Пікулін О.М., Северин А.Ю.; Антонюк С.Л.
ІЕЗ ім.Є.О.Патона НАНУ;
ДП «АНТОНОВ»

ВІТЧИЗНЯНИЙ ВИСОКОМІЦНИЙ ТИТАНОВИЙ СПЛАВ Т110 ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ БРОНЕЗАХИСТУ

В якості варіантів захисту різного призначення в даний час широко використовуються елементи конструкцій, що виготовляються зі сталі, алюмінію, титану, композиційних Al-Ti броне матеріалів, композиційних матеріалів на основі керамічних і полімерних сполук. Разом з перевагами, кожен з них, має і ряд недоліків. Серед них можна виділити високу питому вагу сталевих елементів, низький поріг пробиття для алюмінієвих елементів.

Титанові сплави є конструкційним матеріалом, який має багато унікальних властивостей, серед яких, в даному випадку, потрібно насамперед виділити високі значення питомої міцності. У США та Сполученому королівстві Великобританії і Північній Ірландії останні 10-15 років широко використовується сплав Ti-6Al-4V з рівнем міцності 1000-1200 МПа для виготовлення окремих броньових елементів як легких броньованих машин (у тому числі бронетранспортерів), так і танків (M1 Abrams і Challenger 2). Останні дослідження показують, що на деяких титанових сплавах при застосуванні спеціальних технологій отримання та обробки можна отримати міцність 1600-1800 МПа, і, в порівнянні зі сталевими виробами аналогічної міцності, виготовлені з титану мають фактично вдвічі меншу вагу. Це робить високоміцні титанові сплави незамінними для виробництва захисних елементів для цілого ряду виробів, насамперед бронезилетів і елементів бронезахисту.

В ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАНУ розроблено вітчизняний високоміцний титановий сплав Т110. Особливості титанового сплаву Т110 - висока питома міцність, по якій він не поступається відомому високоміцному сплаву ВТ22 [1], корозійна стійкість, притаманна всім титановим сплавам низька теплопровідність, а також висока технологічність дозволяють застосувати його в якості матеріалу захисного призначення.

Однією з найбільш важливих вимог до зливків титанових сплавів є висока однорідність за хімічним складом при їх отриманні. Серед сучасних способів спеціальної електрометалургії електронно-променевої плавки (ЕПП) є найбільш ефективним методом вакуумної металургії для отримання сплавів, у тому числі тугоплавких і високореакційних, з рівномірним хімічним складом, наднизьким вмістом газів, летких домішок і неметалевих включень [2]. Метал зливків електронно-променевої плавки характеризується високим рівнем пластичності і циклічної міцності, роботи поширення тріщини, корозійної стійкості, чистоти обробки поверхні і деякими іншими спеціальними властивостями.

На виробничих потужностях ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України розроблена технологія отримання зливків титанового сплаву Т110

діаметрами від 100 мм до 400 мм і зливків-слябів перетином 150x540 мм довжиною до 3000 мм.

За розробленою технологією в ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАНУ були отримані зливки високоміцного титанового сплаву Т110 (рис.1).



Рис. 1 Зовнішній вигляд зливка з титанового сплаву Т110

Дослідження вмісту легуючих елементів зливків сплаву Т110 показало їх рівномірний розподіл як по довжині, так і по поперечному перерізі зливка (таблиця 1.).

Таблиця 1. Розподіл елементів по довжині зливка титанового сплаву Т110, отриманого методом ЕПП

Сплав	Частина зливка	Вміст, % мас.							
		Al	Mo	V	Nb	Fe	Zr	O	N
Т-110	Верхня	5,52	1,01	1,41	4,91	1,61	0,35	0,09	0,02
	Середня	5,30	1,12	1,49	5,26	1,60	0,31	-	-
	Нижня	5,43	1,12	1,39	4,78	1,69	0,34	-	-
ТУ		5,0-6,0	1,0-1,5	1,2-2,0	4,5-5,5	1,5-2,0	0,3-0,5	<0,15	<0,04

Міцність високоміцних титанових сплавів визначається не тільки ступенем легування, але і параметрами обробки тиском, подальшої термічної або термомеханічної обробки. Однак з підвищенням міцності сплаву, як правило, знижується його пластичність, що є істотним недоліком матеріалу при виготовленні з нього конструкцій, що працюють на вібрацію, повторну статику, вигин, ударні навантаження.

З метою вивчення якості отриманого металу, із зливків титанового сплаву Т110 методом гарячої деформації були виготовлені пластини товщиною ~ 3,2-3,3 мм і площею 150x150 мм². Заготовки було прокатано в (α+β)-області. Вирізані пластини (зразки № 1-3) відпалювали або піддавали термічній обробці в двофазній (α+β)-області при температурах $t = 750-850^{\circ}\text{C}$. Особливості термічної обробки зразків № 1-3 описані в табл. 2. У цій же таблиці представлені результати механічних випробувань матеріалу зразків, після різних видів термічної обробки.

Таблиця 2. Стан зразків сплаву Т110

№ зразка	Вид термічної обробки	Механические свойства				
		σ_B , МПа	σ_{02} , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²
1	Відпал 750 °С, $\tau = 1$ год, охолодження з піччю	1100	1060	21	50	35-39
2	Гартування 800 °С, $\tau = 1$ год., в воду, старіння 600 °С, $\tau = 3$ год., охолодження на повітрі	1220	1115	19	60	28-29
3	Вакуумний відпал 850 °С, $\tau = 1$ год	1050	992	20	53	56-58

Випробування на стійкість зразків в умовах динамічного імпульсного навантаження проводили з використанням спеціалізованого металевого знаряддя індентором вагою 7,9-8,1 грам, діаметром 9 мм при швидкості від ~ 402 до ~ 500 м/с. Відстані між центрами відбитків становили 38-48 мм. Результати випробувань зразків представлені в табл. 3.

Як можна відзначити з табл. 3 зразки № 1 та № 2 (після відпалу 750°С і після гартування 800°С, відповідно) краще протидіяли ударним навантаженням, ніж зразок № 3, який піддавався вакуумному відпалу при 850°С. Таким чином, проведені дослідження свідчать про переваги термообробки зразків по режимам № 1 і 2, які дозволяють отримати більш високі показники міцності матеріалу, а також більший опір ударному імпульсно-динамічному навантаженню.

Таблиця 3. Результати випробувань стійкості до динамічних навантажень

№ зразка	Зразок, термічна обробка	Номер відбитку	Швидкість навантаження, м/с	Кут зустрічі, град.	Стан зразка після випробувань
1	Лист Т110 150х150х3,3 Термічна обробка: відпал 750°С, $\tau = 1$ год, охолодження з піччю	1	458,0	90	Вм'ятину глибиною 0,4 мм. Тріщини довжиною 5-10 мм навколо місця попадання індентора.
		2	402,5	90	Вм'ятину глибиною 0,3 мм. Тріщин немає.
		3	456,9	90	Вм'ятину глибиною 0,7 мм. Дві тріщини довжиною 40 і 25 мм.
		4	500,1	30	Вм'ятину глибиною 0,6 мм. Тріщина довжиною 45 мм.

2	Лист Т110 150х150х3,2 Термічна обробка: гартування 800°C, $\tau = 1$ год, в воду, старіння 600°C, $\tau = 3$ год, охолодження на повітрі	1	426,1	90	Вм'ятину глибиною 0,4 мм, дві перпендикулярні тріщини довжиною 20 мм
		2	450,1	90	Вм'ятину глибиною 0,5 мм, дві перпендикулярні тріщини довжиною 37 і 13 мм. Вигин пластини.
		3	429,6	90	Вм'ятину глибиною 0,5 мм, тріщина довжиною 15 мм.
		4	467,2	30	Вм'ятину глибиною 0,5 мм, дві тріщини довжиною 25 і 20 мм.
3	Лист Т110 150х150х3,2 Термічна обробка: вакуумний відпал 850°C, $\tau = 1$ год	1	421,6	90	Вм'ятину глибиною 0,4 мм. Тріщини довжиною 2-3 мм кожна навколо місця попадання індентора.
		2	417,3	90	Вм'ятину глибиною 0,5 мм. Зразок розколовся на 2 частини, індентор розколовся на дрібні шматки.

Надалі проводилися залікові випробування, для чого виготовляли зразки розміром 300х300 мм. Дослідження проводили як на основному металі, так і на зварних з'єднаннях. Пластини зварювали за технологією електронно-променевого зварювання, що забезпечує отримання зварних з'єднань рівномірних основному металу при задовільних характеристиках пластичності [3]. Термічну обробку зразків виконували з урахуванням попередніх досліджень по режимом, що забезпечує отримання нерекристалізованої або частково рекристалізованої структури.

Залікові випробування проводилися з використанням індентора вагою 7,9-8,1 грам і діаметром 9 мм, а також індентора вагою 15,6 грам і діаметром 10,9 мм при швидкостях 410-450 м/с. Таким чином, енергія імпульсно-ударного впливу на перешкоду підвищувалася практично в 2-а рази. Щоб забезпечити необхідну стійкість матеріалу в цих умовах збільшували його товщину. При товщині зразків 4 мм були виконані умови поставленого завдання. На рис. 2 показані зразки основного металу і зварних з'єднань після випробувань індентора 9 і 15,6 грам.

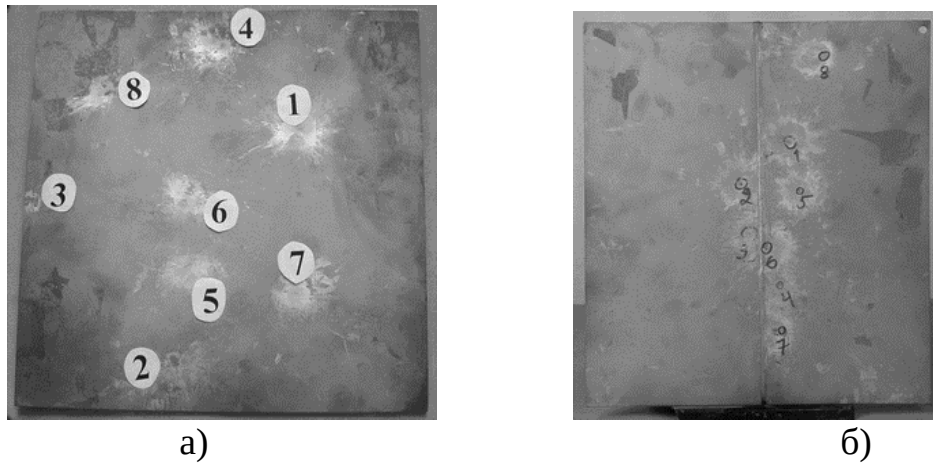


Рис. 2. Зразки після випробувань основного металу (а) і зварного з'єднання (б) в умовах імпульсно-ударного навантаження індентора вагою 7,9-8,1 грам, діаметром 9 мм, і 15,6 грам, діаметром 10,9 мм .

Натурні випробування, проводилися на окремому екземплярі конструкції, виготовленому з промислової технології. Випробування полягали у визначенні працездатності конструкції в умовах статичних і динамічних навантажень. Загальний вигляд конструкції після випробувань показаний на рис. 3.

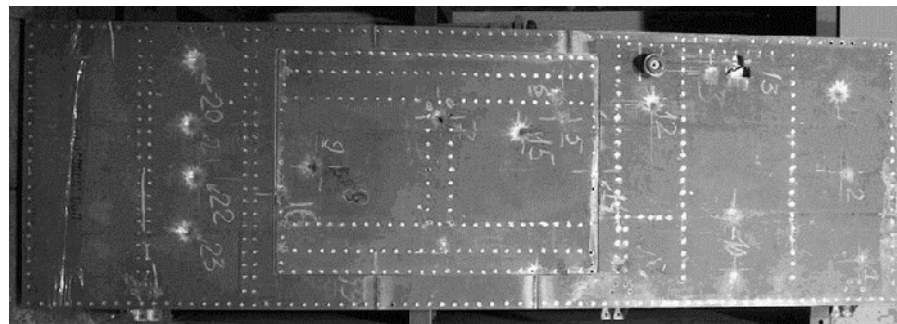


Рис. 3. Конструкція після випробувань в умовах статичного і динамічного імпульсно-ударного навантаження тараном і індентора вагою 7,9-8,1 грам, діаметром 9 мм, і 15,6 грам, діаметром 10,9 мм.

Результат проведеної роботи дозволив розробити і запропонувати варіант конструктивно-технологічного рішення, що забезпечив необхідну стійкість матеріалів і конструкції в умовах високо імпульсних ударних навантажень.

Список використаної літератури.

1. С. Л. Антонюк, А. Г. Моляр, А. Н. Калинюк, В. Н. Замков. Титановые сплавы для авиационной промышленности Украины // Современная электрометаллургия. – 2003. - №1. – с. 10-14.
2. Электронно-лучевая плавка титана / Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Ахонин С.В., Жук Г.В. –Киев: Наукова думка, 2006. –250с.

3. Сопротивление усталости сварных соединений опытного титанового сплава Т110 / С. Л. Антонюк, В. Н. Король, А. Г. Моляр, В. Н. Замков, В. Ф. Топольский // Автоматическая сварка, №2, 2004. с. 28-31.

Крот П.В., Бобирь С.В., Приходько І.Ю.; Жарков І.П.; Ханнолайнен В.Т.; Дихановський В.М.

Інститут чорної металургії НАНУ,

Інститут Фізики НАНУ,

ДП «КБАО»,

Секція прикладних проблем Президії НАНУ

ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ КРІОГЕННОЇ ОБРОБКИ СТВОЛІВ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО І СТРІЛЕЦЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

За даними виробників, зразки вітчизняного артилерійського озброєння мають схожі характеристики живучості із російськими, а також ЄС і США. Це не більше 6000 пострілів для автоматичних 30 мм гармат, 4000 - для крупнокаліберних 12,7 мм кулеметів і біля 10 000 - для дрібнокаліберного 5,45-7,62 мм озброєння. Живучість стволів напряду пов'язана із інтервалами стрільби, які необхідні для охолодження металу, щоб уникнути температурних деформацій, термоциклічних тріщин у каналі ствола та швидкого зношування калібру, який відбувається в т.ч. за рахунок хімічної ерозії. Збільшення ресурсу досягають шляхом конструктивного збільшення жорсткості стволів і тепловіддачі, захисних покриттів на поверхні каналу стволів, регламентуванням темпу та інтервалів стрільби.

В умовах ведення війни та здійснення переозброєння ЗСУ необхідно застосовувати найбільш прогресивні технології і обладнання для виготовлення стволів артилерійського та стрілецького озброєння. Легування гарматних сталей є одним з дієвих методів підвищення експлуатаційних властивостей стволів, але легування хромом, нікелем, молібденом та іншими елементами призводить до наявності у структурі чималої доли (до 15%) залишкового аустеніту поряд із бажаною мартенситною фазовою складовою після проведення високотемпературного загартування. Щоб досягти необхідної мікроструктури застосовують енергоємний високий відпуск при +590...+620°C. Процес термообробки може бути досить тривалим, щоб не створювати внутрішніх напружень, особливо для гарматних стволів. Але досягти повного перетворення залишкового аустеніту у мартенсит не вдається. Окрім того, хоча після відпуску досягають потрібної ударної в'язкості, але знижується твердість і відповідно зносостійкість.

Дослідження процесів зношування стволів стрілецької зброї виконували такі вчені, як Чернов Д.К., Благонравов А.А., Слухоцький В.Є., Дроздов Н.Ф. та інші. Існують певні складнощі прогнозування комплексної дії термомеханічних напружень, абразивного зношування і додатково хімічної ерозії, що виникають під час експлуатації артилерійських стволів. Тому сучасні дослідження стволів артилерійського і стрілецького озброєння зосереджені на створенні методів розрахунку і виміру температури і внутрішніх напружень, динамічних явищ і зміни геометрії стволів від час експлуатації [1,2,3]. Відомі спроби застосування сучасних методів модифікації поверхні каналу ствола з метою збільшення зносостійкості і загального ресурсу [4,5,6,7].

У даному дослідженні пропонується покращити властивості стволів із легованих марок сталей за допомогою кріогенної обробки у діапазоні низьких і наднизьких (кріогенних) температур до -196°C . Для повного перетворення залишкового аустеніту у мартенсит точка M_k кінця мартенситного перетворення має бути нижче нуля, що залежить від хімічного складу легованої сталі. При цьому спостерігається гомогенізація мікроструктури (твердості) і виділення дрібних карбідів заліза і легуючих елементів, що значно покращує зносостійкість виробів у порівнянні із стандартною термообробкою при високих температурах. Тривалість кріогенної обробки може бути до 24 годин і більше, в залежності від геометрії виробів. Найбільш ефективним є не окреме застосування кріогенної обробки, а включення її у загальний процес термічної обробки, щоб запобігти стабілізації аустеніту. Подальший низькотемпературний відпуск усуває внутрішні напруження, що виникли при охолодженні за рахунок відмінності фізичних властивостей аустеніту і мартенситу, особливо у сталях з великою кількістю залишкового аустеніту після загартування [8,9].

До останнього часу в умовах серійного виробництва стволів стрілецької зброї застосовували більш дешеві низьколеговані марки сталей із вмістом вуглецю до 0.5%, у яких точка кінця мартенситного перетворення вище 0°C . Вплив обробки холодом на нелегованих сталях спостерігається лише, якщо вміст вуглецю складає понад 0.65-0.70% (включаючи цементовані поверхні). Перехід з високовуглецевих до легованих сталей покращує обробку поверхні і експлуатаційні властивості стволів [10]. Тому у легованих гарматних сталях, незважаючи на зменшений до 0.3-0.4% вміст вуглецю, точка M_k кінця повного перетворення залишкового аустеніту у мартенсит значно нижче нуля, тому кріогенна обробка стає дієвою.

Кріогенна обробка стволів зброї найбільшого розповсюдження набула у Північній Америці, зокрема обробка стволів снайперських гвинтівок фірмою Cryoplus Inc. та низкою інших. Відома фірма Binelli застосовує кріогенну обробку стволів елітної зброї у європейських країнах і США. Кріогенну технологію почали випробувати на зразках автоматичної зброї у Росії і впроваджують технологію на Іжевському заводі [11]. У відкритих англомовних джерелах приклади застосування кріогенних технологій для стволів калібру від 30 мм і понад 100 мм та довжиною 2500-6000 мм не виявлено. У публікаціях з теорії проектування і виготовлення артилерійського озброєння, проаналізованих за період з початку 1930-х років, застосування обробки холодом не передбачалося, хоча ця технологія була в той час відома у машинобудуванні.

Слід зауважити, що ефект зносостійкості, досягнутий у дослідженнях з модифікації поверхневого шару каналу ствола, суттєво зменшується під час експлуатації. В той же час кріогенна обробка має дію на весь об'єм ствола і не залежить від часу експлуатації. Розігрів стволів навіть до $+600^{\circ}\text{C}$ не призводить до зворотної рекристалізації мартенситу, але суттєво шкодить тонкому шару покриття. Тому закордонні виробники стрілецької зброї поступово відходять від технології хромування із чітким розподілом за

властивостями двох видів металу і відповідними внутрішніми тепловими напруженнями і тріщинами, що виникають від дії надвисоких температур и тиску.

Інститут чорної металургії НАН України, як основний виконавець проекту, виконує загальне управління дослідженнями, розробку режимів термічної обробки, що базуються на попередніх дослідженнях прокатних валків із схожих легованих сталей, які працюють під дією термоциклічних напружень, а також розробках режимів термообробки легованих конструкційних сталей [12,13,14]. Технологія кріогенної обробки передбачає теоретичні і експериментальні дослідження термічних процесів і фазових перетворень у стволах із певною геометрією, застосування модифікованих кінцево-елементних моделей, щоб забезпечити поступове, рівномірне по об'єму перетворення залишкового аустеніту і випадіння карбідів при температурах рідкого азоту до -196°C . Задача ускладнюється тим, що теплофізичні характеристики сталей суттєво змінюються по мірі фазових перетворень і змін температури.

Інститут фізики НАН України відомий численними розробками кріогенних пристроїв для наукових досліджень, в тому числі кріогенні установки, які були спільно запроектовані, виготовлені і захищені патентами України і не поступається закордонним аналогам за технічними показниками. Це кріостат із програмно-регульованою подачею азоту без тиску у закритий об'єм для обробки інструментів та виробів загальною масою до 40 кг [15] та пристрій для подачі рідкого азоту під тиском по гнучкому термоізольованому трубопроводу у кріогенну камеру великого об'єму [16]. Розробка кріогенної камери з автоматизованої системою керування включає аналіз потрібного об'єму рідкого азоту і проектування автоматизованої системи його подачі у камеру, щоб забезпечити рівномірний розподіл температури по перерізу і довжині стволів без суттєвих градієнтів.

Секція прикладних проблем Президії НАН України протягом 2014-2015 років сприяла пошуковим дослідженням зразків гарматної сталі спільно із Державним підприємством КБ «Артилерійське озброєння» – ДП «КБАО» (м. Київ), яке виступає партнером проекту.

Дослідженнями експериментально підтверджено підвищення зносостійкості гарматної сталі на 17% в умовах сухого тертя і контактному тиску, близьких до реальних умов експлуатації. Значно зменшена (майже відсутня) неоднорідність твердості поверхні, що зменшує ризик виникнення термомеханічних тріщин під час експлуатації стволів. Дослідження мікроструктури зразків після кріогенної обробки доводять наявність фазових перетворень залишкового аустеніту у мартенсит і випадіння дрібних карбідів під дією наднизьких температур рідкого азоту.

Загалом впровадження обробки глибоким холодом дозволяє покращити такі показники артилерійського і стрілецького озброєння:

- збільшення ресурсу експлуатації стволів щонайменше на 20%;
- збільшена на 3-4 HRC твердість та її однорідність по каналу ствола;

- зменшення зносу і ризику виникнення термомеханічних тріщин;
- краща на 20-30% купчастість влучань за рахунок стабільності геометрії;
- більш інтенсивні режими стрільби за рахунок кращого відведення тепла;
- кращі антикорозійні якості поверхні стволів (легше чищення від нагару).

Стволи артилерійського озброєння різного калібру виготовляють декілька підприємств в Україні. Всі вони можуть бути враховані, як потенційні замовники технології і обладнання з криогенної обробки. За період 2015–2016 років планується випробувати цю технологію у виробництві стволів 30 мм автоматичних гармат і довести її ефективність на полігонних іспитах. Окрім того, леговані сталі дослідженого класу використовують у двигунах літаків та інших термонавантажених вузлах оборонної техніки, що можуть бути також оброблені глибоким холодом (*deep cryogenic treatment*).

Відома залишкова дія глибокого холоду на зміну електричних і магнітних властивостей кольорових металів, що застосовуються у електричних приладах. Тому очікується більш широке застосування розробленого обладнання і нових технологій для певних матеріалів оборонної і цивільної техніки.

Перелік посилань

1. Писаренко В.Г. Аналіз напружено-деформованого і теплового стану трибосистеми „ствол-патрон” // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2012. - №4. – С. 114-117.
2. Мартыненко А.В. Компьютерное моделирование динамики и напряженно-деформированного состояния элементов объектов бронетанковой техники, подвергающихся воздействию гидрогазодинамических нагрузок / А.В. Мартыненко, А.Ю. Танченко и др. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – №29. – С.83-100.
3. Русіло П.О. Обґрунтування тактико-технічних характеристик для розроблення перспективних зразків і подальшої модернізації вітчизняних танків / П.О. Русіло, Р.Г. Будяну, О.М. Калінін, В.В. Костюк, Ю.В. Варванець / Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Машинознавство та САПР. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2014. – № 29 (1072). – С.138-147.
4. Сунгатулин А.Р. Структура и износостойкость стали 38ХНЗМФА, модифицированной пучками ионов (Cr+V)+ / А.Р. Сунгатулин, В.П. Сергеев, М.В. Федорищева и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2012. - №2. – том 321.
5. Розоринов Г.Н. Применение лазерных технологий для повышения срока службы изделия КБА-3 / Г.Н. Розоринов, В.Ю. Хаскин, С.В. Лазаренко // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – 2013. - №3. – С.144-152.

6. Кириченко В.Г. Влияние ударно-волновой обработки на поверхность стали 38ХНЗМФА / В.Г. Кириченко, Т.А. Коваленко, В.Н. Леонов // «Вестник харьковского университета» Серия «Ядра, частицы, поля», вып. 1/45. - 2010. - №887. – С. 88-93.
7. Шелягин В.Д. Разработка технологических приемов лазерного упрочнения поверхностных слоев деталей из стали 38ХНЗМФА / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин и др. // Вісник двигунобудування. – 2008. – №2(19). – С. 94 – 97.
8. Воробьев В.Г. Термическая обработка стали при температуре ниже нуля. – М.: Изд. Оборонпром. – 1954. – 306 с.
9. Петросян П.П. Термическая обработка стали холодом. – М.: Машгиз. - 1957. – 125 с.
10. Современные высокоточные стволы. <http://master-gun.com/vysokaya-tochnost/sovremennnye-vysokotochnye-stvoly>
11. Как повысить конкурентоспособность ижевского оружия на мировом рынке? <http://d-kvadrat.ru/dk/info/16749.html>
12. Приходько И.Ю. Актуальные области использования криогенных технологий в прокатном производстве / И.Ю. Приходько, П.В. Крот // Металлургические процессы и оборудование. – 2009. – №1. – С. 10-16.
13. Крот П.В. Повышение износостойкости инструментальных сталей методом криогенной закалки / П.В. Крот, С.В. Бобырь, И.П. Жарков и др. // Металлургические процессы и оборудование. – 2013. - №4. – С. 88-98.
14. Бобырь С.В. Особенности структурного состояния и свойств сталей 15ХСТ и 20ХФА в условиях циклического температурного воздействия / С.В. Бобырь, Е.Г. Демина // Материалы 7-й международной конференции «Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий» - Кацивели, АР Крым, 24-28 сентября 2012 г.
15. Патент України №84214. МПК (2013.01) G05D 23/30 (2006.01). Азотний кріостат для широкодіапазонної термообробки матеріалів. Жарков І.П., Дордієнко О.М., Крот П.В., Паламарчук С.П., та інші. Заявка u201305483, 29.04.2013, Дата публ. 10.10.2013, Бюл. №19.
16. Патент України №84215. МПК (2013.01) B21B 43/00. Пристрій для охолодження прокатного листа і валків. Жарков І.П., Крот П.В. и др. Заявка u201305484, 29.04.2013, Дата публ. 10.10.2013, Бюл. №19.

Вишняков Л.Р., Нешпор О.В., Мазна О.В.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

КЕРАМІКО-ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИЦІЙНІ БРОНЕЕЛЕМЕНТИ З ПІДВИЩЕНОЮ ЗАХИСНОЮ ТА ВАГОВОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ

Забезпечення діяльності і успішне виконання професійних обов'язків силових структур України в сучасних умовах залежить від ефективності інженерно-технічних засобів як індивідуального, так і колективного захисту. Дослідження останнього десятиріччя показують, що перспективними для використання в засобах захисту від дії високоенергетичних динамічних навантажень є комбіновані матеріали, які складаються з шарів кераміки та полімерних композитів.

Світовий досвід створення бронезахисних матеріалів і конструкцій свідчить про декілька шляхів реалізації високої стійкості до динамічних навантажень при збереженні вагових переваг (особливо в індивідуальних засобах захисту – бронезилетах, щитах, накладках, тощо). Ці шляхи пов'язані по-перше, із застосуванням пластин із реакційно спеченого карбїду кремнію або гарячепресованого карбїду бору (більш легкого ніж карбїд кремнію, але більш коштовного).

Як ударостійку кераміку використовують, головним чином, карбїд кремнію, карбїд бору, оксид алюмінію, а також нітрид кремнію, диборид титану. Порівняльні характеристики найбільш поширених керамічних матеріалів, що використовують як основу керамічної броні наведена в таблиці 1 [1, 2].

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика ударостійких керамічних матеріалів.

Характеристика	Матеріал		
	B ₄ C	SiC	Al ₂ O ₃
Питома вага, г/см ³	2,5	3,1	3,9
Густина, кг/м ²	18,4	24,3	25,9
Модуль пружності, ГПа	440	350	320-350
Міцність при розтягу, ГПа	0,35	0,17	0,3
Міцність при стисканні, ГПа	≤3	≤2	≤3
Балістична границя швидкості, м/с	823	663	771
Коефіцієнт балістичної границі	1,0	0,65	0,87

За показниками вартості, можливістю використання сировини вітчизняного виробництва, питомою вагою та високими захисними властивостями найбільш прийнятною для України є кераміка з карбїду кремнію. Проте необхідність використання для цієї кераміки технології гарячого пресування у високоцільному графітовому оснащенні суттєво обмежує можливості формування великогабаритних пластин і виробів

складної форми із карбіду кремнію. Найбільш широке застосування серед методів ущільнення карбідокремнієвих матеріалів разом з методом шлікерного лиття заготовок, який є дуже ефективним для крупногабаритних виробів, знайшов метод реакційного спікання карбіду кремнію. Цей метод, що виявився більш технологічним та продуктивним, ніж гаряче пресування, отримав широке застосування в технології карбідокремнієвої кераміки. Саме реакційним спіканням здійснюється промислове виготовлення виробів на основі SiC. Вартість таких виробів в 2-3 рази менше вартості виробів з карбіду бору, крім того, важливим є те, що сировина (порошки карбіду кремнію) виробляються в Україні на Запорізькому абразивному комбінаті.

Важливу роль при проектуванні, створенні технології і налагодженні в Україні виробництва броньових кераміко-полімерних конструкцій належить НАН України. Так, в ІПМ НАН України вперше створено в Україні виробничу дільницю з випуску кераміко-полімерних броньових плит мозаїчної структури з використанням методу реакційного спікання кераміки з карбіду кремнію.

Було встановлено, що основними фазовими складовими мікроструктури кераміки є зерна карбіду кремнію (розміром $\sim 10\text{-}30\text{ мкм}$), які утворюють каркас, і вільний кремній (рис.1 а).

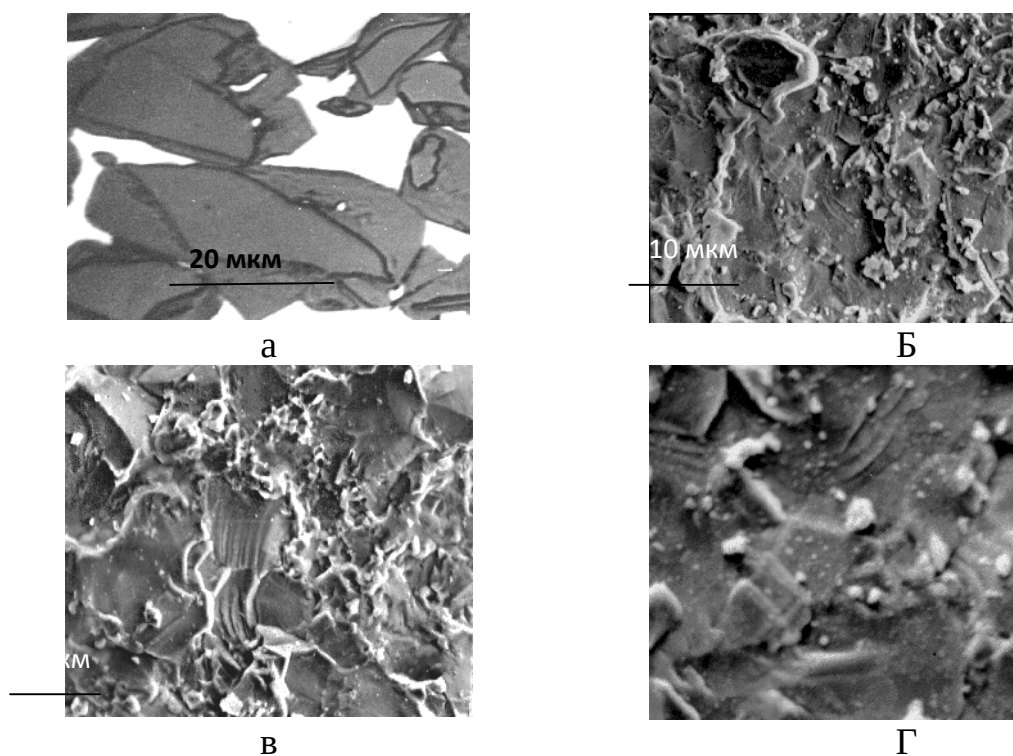


Рисунок 1. Мікроструктура кераміки із реакційно спеченого карбіду кремнію: а – характерна мікроструктура кераміки; б- поверхня зламу;

в- руйнування сколюванням зерен крупнозернистої складової і руйнування по границям зерен дрібнозернистої складової; г- краплеподібні осадки на поверхнях сколу зерен

Мікроструктура поверхні руйнування в зоні ураження (рис. 1б, в, г) показує, що руйнування кераміки під дією високоенергетичного імпульсного навантаження відбувається як шляхом сколювання зерен (транскристалітний злам), так і по границям зерен. Наявність фази вільного кремнію на границях зерен, округлих осадків вторинного карбіду кремнію в зернах карбіду і утворення в структурі кераміки дрібнодисперсних зерен SiC створюють покращені умови фрагментації та диспергації керамічного шару кераміко-полімерного комбінованого матеріалу, які сприяють покращенню дисипації енергії індентора.

Дослідження впливу густини на балістичну стійкість кераміки з реакційно - спеченого карбіду кремнію показали, що оптимальною для достатнього рівня балістичної стійкості є питома вага кераміки 3,03-3,1 г/см³, якій відповідає вміст вільного кремнію 10-15 % [2]. Технологія отримання самозв'язаного карбіду кремнію була оптимізована для отримання кераміки з вмістом вільного кремнію 10-15 %, що відповідає покращеному поглинанню енергії бронебійного індентора через механізм фрагментації і диспергування керамічного шару.

Важливу роль в комбінованому кераміко-полімерному матеріалі відіграє полімерно-композитний шар – так званий підпор, головне призначення якого дисипувати залишкову (після руйнування керамічного шару) енергію індентора за рахунок певних механізмів розшарування та руйнування армуючої фази, а також здійснювати антитравматичний ефект завдяки механізму в'язкого руйнування полімерно-волокнувого шару матеріалу. Найбільш широко застосовують полімерні композиційні матеріали на основі арамідних тканин. Вони за показниками міцності, ударної стійкості та низької питомої ваги мають одні з кращих захисних властивостей. Разом з тим композити на основі склотканини, також широко використовують в техніці як ударостійкі матеріали. Вони вирізняються поєднанням високих механічних характеристик та низької вартості скляних волокон, хоча уступають за питомою вагою [3, 4]. З урахуванням економічного аспекту для України привабливим є застосування в якості армуючих волокон синтетичних (параарамідних) ниток і тканин, (що поширені в світі, а для України вони надто коштовні), – альтернативних ним скловолокон і склотканин, що можуть вироблятися в необхідному асортименті нашою промисловістю. Такий же підхід здійснюється для полімерних матриць композитів, тобто використовуються полімерні матеріали, які не є дефіцитними, а саме – епоксидні, поліуретанові смоли і гібридні матеріали на їх основі [5].

Результати досліджень ударної стійкості під час балістичних випробувань показали, що підвищення здатності полімерного композиту до дисипації механічної енергії можливо досягти шляхом використання градієнтних полімерних матеріалів при поєднанні шарів з різними видами матриць, або шляхом синтезу гетерофазних полімерних систем з відомих полімерів.

Такі матеріали враховують особливості і механізми руйнування полімерних композитів з різними матрицями: витягування та фібрилярне руйнування волокон в композитах з поліуретановими матрицями та адгезійний характер руйнування для матеріалів на основі епоксидної матриці (рис. 2).

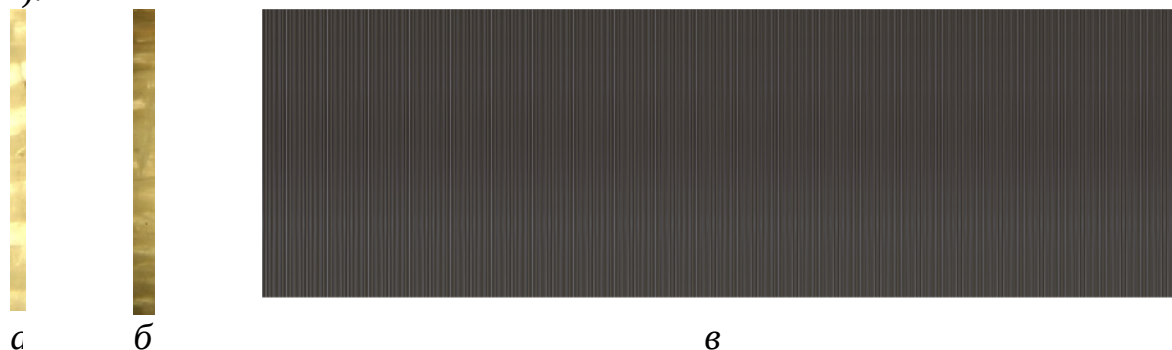


Рисунок 2 – Полімерний композиційний матеріал після випробувань:

**а) з епоксидною матрицею; б) з поліуретановою матрицею;
в) з поліепоксіуретановою матрицею**

Таким чином, на основі аналізу цих результатів було запропоновано рекомендувати для полімерно-волоконних підпорів градієнтні полімерні композити, які отримують шляхом використання різних видів зв'язуючого - термореактивного та термопластичного на основі скловолокон з більшою адаптацією до швидкісного інтенсивного навантаження[6].

Враховуючи процеси дисипації енергії індентора в комбінованих захисних матеріалах була розроблена структура комбінованого кераміко-полімерного матеріалу [7] та створена дослідно-промислова технологія отримання захисних виробів з них.

Результати балістичних випробувань кераміко-полімерних плит, виготовлених за розробленою технологією при швидкості бронебійного індентора 830-860 м/с показали високу балістичну стійкість (рис.3) і при цьому мали переваги за питомою вагою захисних елементів (в 2,15-2,8 раз) порівняно зі сталеву рівностійкою бронею.

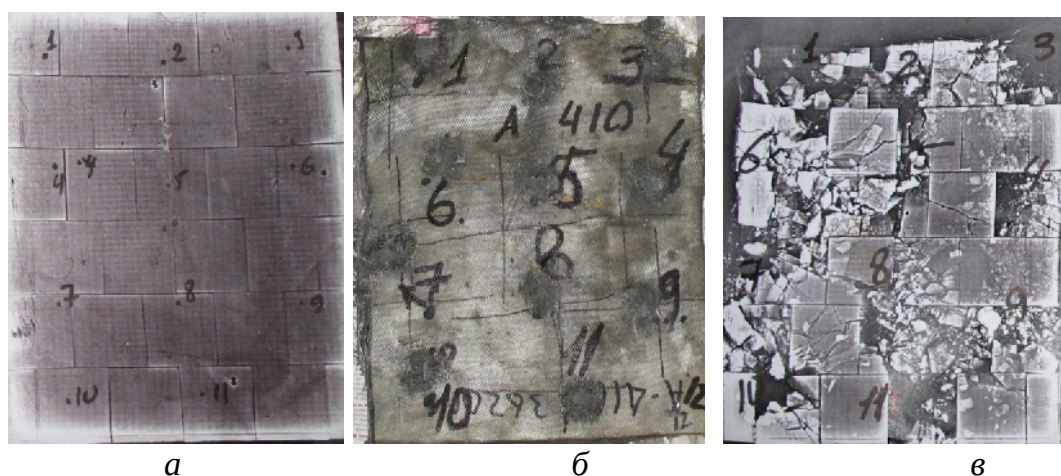


Рис. 4 - Вигляд комбінованого матеріалу до (а) і після випробувань (б, в) бронебійним індентором при швидкості 830-860 м/с (рентгенівська дефектоскопія).

У зв'язку з необхідністю організації в Україні серійного виробництва бронезахисних виробів за нашою ініціативою на виробничих площах Науково-технічного центру «Композиційні матеріали» при Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України з 2001 року пущена і функціонує виробнича дільниця з виготовлення кераміко-полімерних захисних блоків і інших виробів бронезахисного призначення.

Бронезахисними кераміко-полімерними виробами, що виготовляються на дільниці, комплектують бронежилети відповідних груп захисту. Продукція дільниці також може передаватися в організації, що виготовляють броньовану техніку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вишняков Л.Р., Мазна О.В., Нешпор О.В. и др. Дослідження конструктивно-технологічних факторів для розробки високоенергостійких бронеелементів на основі кераміки.// Проблемы прочности – 2004. – №6.– С. 128-135.
2. Вишняков Л.Р., Нешпор О.В., Мазна О.В. Ударостійка кераміка з реакційно спеченого карбіду кремнію на підпорах із органопластику// Вісник інженерної академії України-2009.-№.2 - С. – 186-189.
3. Перепелкин К.Е Полимерные волокнистые композиты, их основные виды, принципы получения и свойства//Химические волокна. – 2005.-№4. – С.7-22
4. Нешпор А.В., Вишняков Л.Р., Мазная А.В Ударопрочные слоистые полимерные композиционные материалы //Технологические системы. -2009.-№ 3.-С. -61-66.
5. Вишняков Л.Р., Нешпор О.В., Мазна О.В., Сінайський Б.М. Вплив складу епоксидного зв'язуючого на фізико механічні властивості склопластиків та їх ударну стійкість при швидкісному ударному навантаженні //Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні - 2010.- №1. – С.-66-71.
6. Патент України №108668 МПК F41H1/02, F41H5/04 «Броньована панель» /Вишняков Л.Р., Мазна О.В., Нешпор О.В., Чижаньков Є.Ю. опубл. 25.05.2015 Бюл. № 10.
7. Патент Украины № 72152 МКІ F41H1/00, F41H5/00 Броневая панель /Вишняков Л.Р., Нешпор А.В., Алексюк О.Н и др. опубл. 25.03.2008 Бюл. № 6.

Вишневецький Л.Г., Вишняков Л.Р., Хохлова Н.М., Лемешко В.Л.
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

МЕТАЛЕВОТРИКОТАЖНИЙ ПРОТИНОЖОВИЙ ОДЯГ ПРАВООХОРОНЦІВ

В наш час важливе значення для поліпшення стану безпеки при виконанні виробничих і службових обов'язків у відповідності з концепцією загальнодержавної цільової програми на 2012-2016 роки набувають розроблення та впровадження інноваційних технологій при створенні нових видів засобів індивідуального захисту з використанням сучасних матеріалів у сфері охорони людини і праці. Текстильні засоби захисту стійкі до розрізання такі, як рукавички, захисні нарукавники, джемпера, тощо виготовляли із високоміцних, але переважно з товстих погано деформуємих ниток, з яких виходять жорсткі і незручні в експлуатації вироби. Тому метою науково-технічних робіт останніх десятиліть було і залишається створення високоміцних, стійких до розрізу волокон, ниток, тканин, трикотажних матеріалів і предметів одягу з них, які поряд з підвищеними стійкістю до розрізу, тертя і розриву, були комфортними у використанні. Вибір традиційної текстильної технології, такої, як в'язання для технічних потреб викликає великий інтерес, зважаючи на можливість виготовлення волокнових композиційних матеріалів з різних видів волокон, виробів складної форми, здатних до деформації. Слід звернути на те, що в'язання є швидким та економічно вигідним виробництвом. На відміну від інших текстильних виробів в'язані полотна мають здатність розтягуватися в різних напрямках завдяки можливості петель змінювати форму та розміри. Здатність до деформації, яка притаманна трикотажним структурам, використовують для надання необхідної форми виробам, а також для того, щоб отримати необхідні механічні характеристики матеріалу [1].

Для виготовлення захисного одягу широко використовують параарамідні волокна. Стійкість до розрізу трикотажних полотен з параарамідних волокон може бути підвищена шляхом збільшення лінійної густини окремих волокон і залежить від ступеня крутки нитки [2]. Досі стійкі до розрізання матеріали виготовляли з пряжі з коефіцієнтом крутки $\sqrt{\text{крутки}}$ на 1 см. Відомо що в якості захисного одягу використовують, головним чином, різного виду технічний текстиль, який виготовляють із міцних і зносостійких синтетичних волокон, наприклад, параарамідних (Kevlar, Twaron, Русар, ін.), а також сучасні матеріали (Dyneema, Spectra Vectram і ін.) [3].

Проте, незважаючи на високу міцність таких волокон, вони не мають достатнього опору до контактної дії гострих предметів (ножи, скло, гострі кромки матеріалів). Такий опір мають металеві дроти, тому включення саме металевих волокон в комбіновані джгути в комбінації із синтетичними нитками, а також необхідний певний профіль в результаті виходу металевих дротів на робочу поверхню може дати потрібний захисний ефект.

Співробітниками нашого інституту декілька років тому був розроблений антипорізний протиножовий трикотажний матеріал з високоміцних хімічних ниток та нагартованих металевих дротів, які входять у комплексний джгут, з якого утворена структура трикотажного переплетіння, у якому металеві дроти вільно обвиті поверх хімічних ниток з утворенням на робочій поверхні полотна додаткового захисного рельєфу із виступаючих металевих спіральних петель.

В цьому полотні в якості металевих дротів використовують високоміцну сталь, тугоплавкі метали, або будь які їх сплави. Діаметр дротів становить 20-60 мкм, а їх кількість в джгуті 3-6 шт. Розривна міцність дротів 200-300 кг/мм².

В якості текстильних ниток в комплексному джгуті використовують поліамідні, поліефірні або арамідні нитки, які мають сумарну лінійну щільність 29-150 текс. Металеві дроти в захисному полотні обвивають текстильні нитки-джгута з частотою 1-15 на 10 мм довжини джута. Захисне полотно має структуру кулірного трикотажу, наприклад, ластик 1×1, фанг, або напівфанг.

На рисунку 1 зображений загальний вид протиножового захисного полотна.

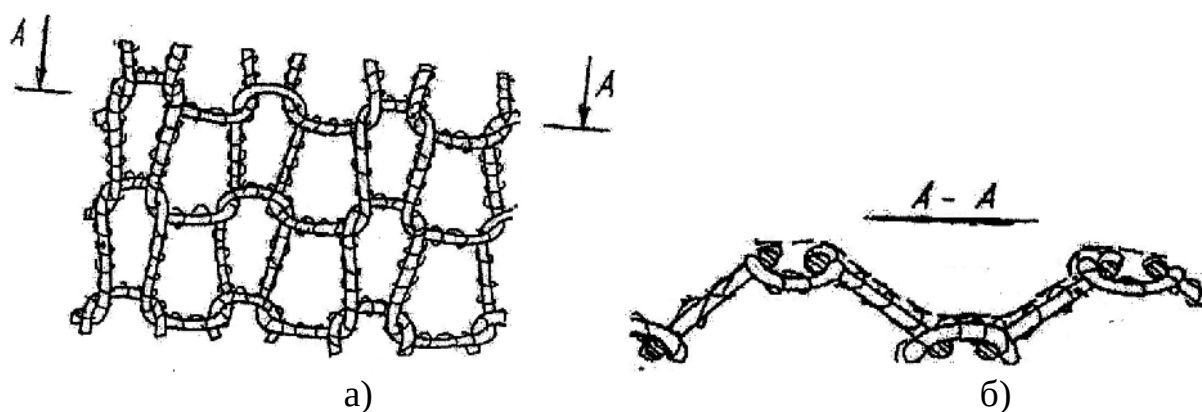


Рисунок 1 – Загальний вид протиножового захисного полотна.

Технологічні параметри полотна

Заправка в'язання для виготовлення:

- рукавиць, шарфів, джемперів є одна нитка поліамідна та 3 проволоки діаметром 32-35 мкм;
- костюмів та шолом-масок - одна поліамідна нитка, 3 проволоки діаметром 32-35 мкм та одна проволока діаметром 43-45 мкм.

Поверхнева густина полотна:

для виготовлення рукавиць, шарфів, джемперів	850±85 г/м.
щільність в'язання вічко/10 см:	
число вічкових стовпчиків	(40±2)×2
число вічкових рядів	90±5
- для виготовлення костюмів, шолом-масок	1010± 100 г/м ²
щільність в'язання, вічко/10 см:	
число вічкових стовпчиків	(40±2)×2

число вічкових рядів

90±5

Розробка антипорізного протиножового захисного полотна захищена патентом №72151, який зареєстрований в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10 квітня 2007 р.

Була розроблена промислова технологія по виготовленню антипорізних протиножових полотен. Для цього були модернізовані в'язальні напіваавтомати, розроблена схема заправки ниток.

Структура отриманого трикотажного полотна показана на рисунку 2.

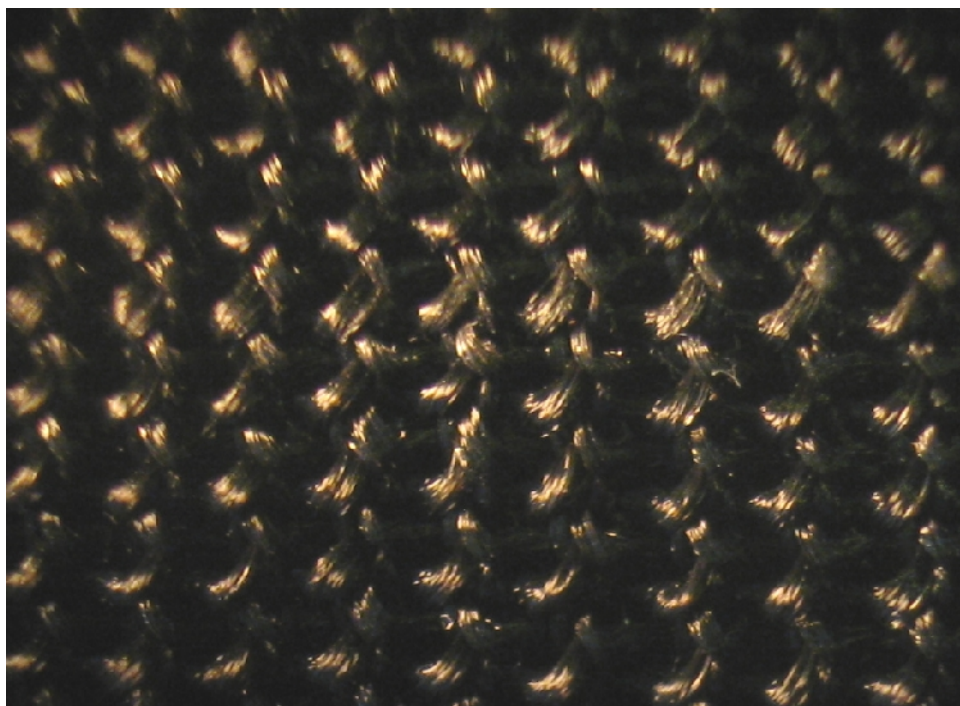


Рисунок 2 - Структура трикотажного полотна переплетіння ластик 1x1 для захисного одягу

Розроблений антипорізний матеріал міцний, гнучкий, гігроскопічний та щільно прилягає до вигнутої поверхні.

З цього полотна виготовляють засоби індивідуального захисту від ріжучого фактору холодної зброї:

- рукавиці нормальні з площею захисту 5 дм² та масою 0,25 кг;
- рукавиці подовжені з площею захисту руки та передпліччя 10 дм² масою 0,5 кг;
- джемпер з короткими рукавами з площею захисту 50 дм² масою 0,8 кг;
- джемпер з довгими рукавами з площею захисту 60 дм² масою 1,5 кг;
- куртка з капюшоном з площею захисту 60 дм² масою 1,5 кг;
- захистний шарф з площею захисту 30 дм² масою 0,4 кг;
- шлем-маска з площею захисту 24 дм² масою 0,3 кг;
- штурмовий костюм (комбінезон, куртка) для захисту від порізів скла, розміри 52-56 масою 5,5 кг.

Всі вироби успішно пройшли іспити в різноманітних підрозділах МВС України та Санкт-Петербурга, СБУ України, а також під водою, демонструвались на різноманітних міжнародних виставках.

Механічні характеристики трикотажних полотен з металевими волокнами

Склад полотна	Характеристика полотна	Напрямок навантаження	Розривне навантаження, Н	Відносне подовження ϵ_B , %
Поліамідна нитка 93,5 текс і металевий дріт Ø 30 мкм	Переплетіння кулірна гладь: 1 п/а нитка і 3 металевих дроти	вздовж петельних стовпчиків	728	167
		вздовж петельних рядів	584	236
Поліамідна нитка 29 текс і металевий дріт Ø 30 мкм	Переплетіння кулірна гладь: 2 поліамідні нитки і 3 металевих дроти	вздовж петельних стовпчиків	338	146
		вздовж петельних рядів	394	221
Поліамідна нитка 93,5 текс і металевий дріт Ø30 мкм	Переплетіння ластик 1x1: 1 п/а нитка і 3 металевих дроти	вздовж петельних стовпчиків	1758	238
		вздовж петельних рядів	840	278
Поліамідна нитка 93,5 текс і металевий дріт Ø 30 мкм і 43 мкм	Переплетіння ластик 1x1: 1 п/а нитка і 3 металевих дроти Ø 30 мкм і 1 металевий Ø 43	вздовж петельних стовпчиків	1572	338
		вздовж петельних рядів	1036	410
Поліамідна нитка 93,5 текс і металевий дріт Ø30 мкм, сталевий (Х18Н ЮТ) дріт Ø100 мкм	Переплетіння ластик 1x1: 1 п/а нитка і 1 металевий дріт ,2 сталевих дроти	вздовж петельних стовпчиків	2072	118
		вздовж петельних рядів	434	350



Висновки

1. Досліджені склад і структура композиційних трикотажних матеріалів з вмістом металевих волокон. Встановлено, що комбіновані матеріали, які складаються з металевих мікродротів, об'єднаних із синтетичними волокнами шляхом трикотажних переплетень типу ластик є перспективними для використання в засобах захисту від дії холодної зброї.
2. Розроблені різноманітні засоби активного захисту правоохоронців від ріжущого фактору холодної зброї та гострих предметів (ножі, скло, металева фольга, гострі металеві кромки) та промислова технологія їх виготовлення.
3. В інституті проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України організовані промислові дільниці та налагоджено виробництво цих засобів захисту.

Перелік посилань

1. Баженов В.И. Материаловедение трикотажно-швейного производства - М: Легкая индустрия, 1071. - 304с.
2. Naveen V. Padaki, R.Alagirusany, B.S.Sugun knitted preforms for composites applications//J. of Industrial Textiles. – 2006,-V.35 – P. 295-321.
3. Столяров О.Н., Труевцев А.В. Механические свойства кулирного трикотажа из арамидных нитей// Технология текстильной промышленности. - 2009. -№2(314).-С.68-70
4. Патент України №72151 “Захисне полотно” /Вишняков Л.Р., Вишневський Л.Г., Коханий В.О., Хохлова Н.М./ зареєстрований в Державному реєстрі патентів 10.04.2007р.

Сергєєв В.П., Щербицька О.В., Кліпов В.Д., Уварова І.В.

Інститут проблем матеріалознавства НАН України

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ НАНОСТРУКТУРНІ АКТИВОВАНІ ВУГЛЕЦЕВІ ВОЛОКНИСТІ МАТЕРІАЛИ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Сучасна людина вимушена існувати в умовах ендо- та екзотоксикозу, спричинених як масштабним забрудненням навколишнього середовища екотоксикантами різної природи, так і ендогенними факторами, пов'язаними із загальними захворюваннями та усілякими травмами. Метод сорбційної терапії дозволяє ефективно вирішувати проблему виведення шкідливих та токсичних речовин із організму. Оскільки сорбційні методи лікування полярні по відношенню до традиційних, заснованих на введенні ліків, саме сорбційні матеріали складають основу та визначають ефективність і доцільність цих методів. Інтенсивний розвиток наноструктурного матеріалознавства спонукав до нових підходів і досліджень у царині технологій виготовлення та застосування сорбентів, і в т.ч. вуглецевих волокнистих матеріалів медичного призначення. Особливості структури модифікацій нановуглецю (нановолокна, графени, фулерени та ін.), що полягають у поєднанні нанорозмірних параметрів діаметрів і ширини графенових шарів та мікронних довжин, зумовлюють їх унікальні властивості та відкривають широкі перспективи для їхнього застосування у різних галузях фармакології та медицини.

Активований вуглецевий волокнистий наноструктурний матеріал (АВВНМ), розроблений в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, отримано методом керованого ступеневого піролізу вуглеводнів (гідратцелюлози), який дозволяє одержувати вуглецевий наноструктурний матеріал із регульованою пористістю та заданою наноструктурою [1]. Встановлено, що, за формою елементів структури та їх розташуванням у просторі АВВНМ, згідно з класифікацією, належить до групи гранулярно-фібрилярних, композитних, анізотропних та волокнистих наноструктурних систем. Матеріал складається з активованих вуглецевих волокон (діаметром $5-7 \cdot 10^{-6}$ м), кожне з яких, у свою чергу, містить переважно поперечно-шаруваті (38,8 мас.%), конусно-шаруваті (26,4 мас.%) та скручені у сувій (19,8 мас.%) вуглецеві нановолокна циліндричної форми, орієнтовані вздовж головного напрямку (рис. 1), а також графітові нанопакети (7,4 мас.%) та, у залишковій кількості, нанотрубки й наноцибулини. Завдяки особливостям структури нановолокнам властиві високі міцність і гнучкість та жаростійкість, а вуглецеві нанотрубки, окрім того, можуть демонструвати електропровідність та магнітні властивості й виступати у ролі капілярів. Зазначені характеристики можуть бути корисними у випадку відповідного функціонального використання нановуглецевих матеріалів.

АВВНМ має розвинуту систему мікро-, мезо- та макропор (рис. 2), сумарний об'єм пор по бензолу – $0,8-1,2 \text{ см}^3/\text{г}$, питому поверхню – до

2800 м²/г, міцність по основі від 25–50 до 150–200 Н на полоску 5×10⁻² м, при сумарному об'ємі пор 1,2 см³/г та 0,8 см³/г відповідно (що відповідає медико-технічним вимогам). Характеристичний розмір мікро-, мезо- та макропор становить 0,6<х<1,5 нм, 1,5<х<200 нм та х<300 нм відповідно.

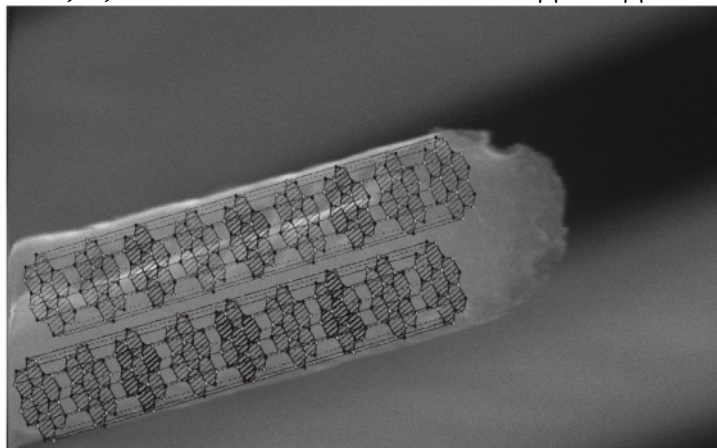


Рис. 1. Схематична модель моноволокна

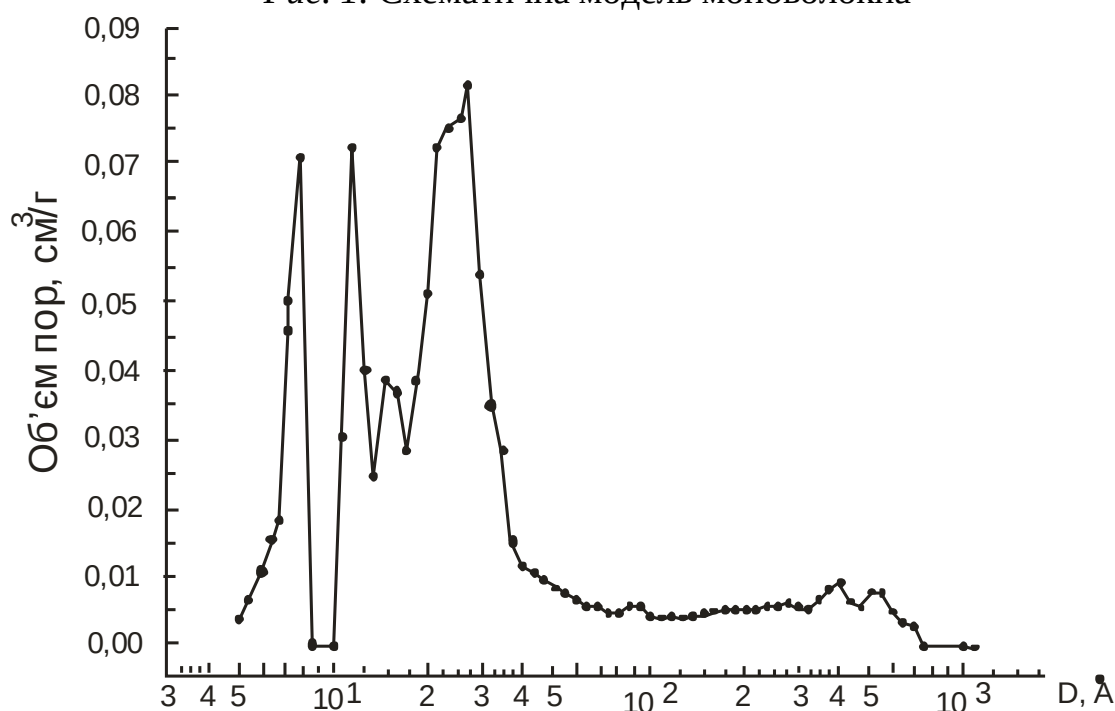


Рис. 2. Крива розподілу пор в АВВНМ

Головною вимогою до вуглецевих наноструктурних матеріалів медичного призначення є поєднання їхніх фізико-хімічних, механічних, структурних та інших властивостей із біосумісністю. Токсичність вуглецевих наноматеріалів залежить від ступеню хімічної чистоти та може бути зумовлена домішками, що, в свою чергу, впливає на поведінку матеріалу при контакті з біологічним середовищем. Елементний склад АВВНМ представлений переважно вуглецем (96,32–97,74 %), а також киснем (0,8 %), воднем (0,6 %), мінеральними домішками (1,0–2,5 %), що свідчить про його достатньо високу хімічну чистоту. За результатами досліджень мінеральної домішки (рис. 3) встановлено, що значна частка хімічних елементів останньої сконцентрована в нечисленних кулеподібних включеннях на поверхні вуглецевого волокна, розташування яких носить мозаїчний характер.

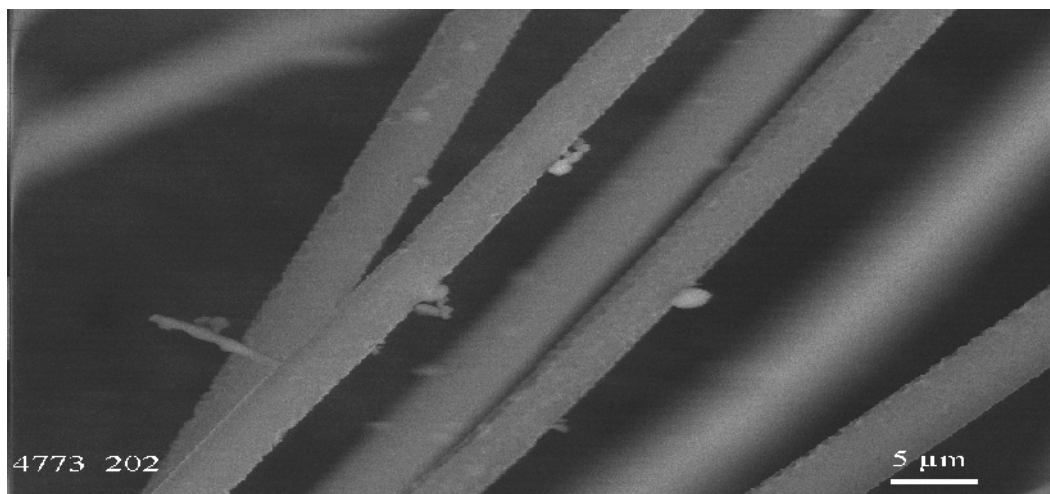


Рис. 3. Електронне зображення моноволокна АВВМ

Біологічні дослідження проведено з урахуванням зразків та стандартів, які використовуються в токсикологічному тестуванні (рекомендації ISO 10993 «Біологічне оцінювання медичних виробів», 2004 р.). В експериментах на лабораторних тваринах не встановлено загальної токсичної, тератогенної, ембріотоксичної, алергізуючої та сенсibiliзуючої дій наноструктурного матеріалу. Достовірне подовження життя тварин при 50, 80 та 100 % смертності на 26, 32 та 21 % відповідно при тривалому вживанні АВМ свідчить про відсутність його негативного впливу на життєвий цикл піддослідних. Тож, за результатами фізико-хімічних та токсикологічних випробувань, розроблений наноструктурний вуглецевий матеріал може вважатися біосумісним.

Інтегральним тестом для адсорбентів медичного призначення, за яким можливі їх порівняння та визначення доцільності використання, є сорбція маркерних речовин ендо- та екзогенного походження. Велика зовнішня геометрична поверхня та малий діаметр моноволокон активованих вуглецевих волокон (АВВ) знижують зовнішнє та внутрішнє дифузійне гальмування процесу адсорбції, забезпечуючи його високу швидкість та високі кінетичні показники у порівнянні з іншими адсорбентами (див. таблицю). Наявність кисневмісних (фенольних, карбонільних, карбоксильних та ін.) функціональних груп на поверхні надає іонообмінні властивості матеріалу та спричиняє значну хемосорбційну активність на межі розподілу сорбент-біологічна рідина. Підвищені адсорбційні характеристики АВМ щодо низько-, середньо- та високомолекулярних сполук різного походження зумовили його використання в якості ентеро- та аплікаційних сорбентів.

Таблиця

Сорбція речовин різної молекулярної маси адсорбентами

Речовини і висхідна концентрація	Молекулярна маса, ум. од.	Залишкові концентрації при контакті з адсорбентом протягом 60 хв	
		СКН	АВВ
Креатинін 4,5мг/мл	113	0,60	0,02
Медінал 6мг/мл	160	0,43	0,02
Сечова кислота 15мг/мл	168	0,35	0,013
Вітамін В ₁₂ 1000мкг/мл	1300	0,00	0,00
Інулін 7,5мг/мл	5060	0,43	0,00
Альбумін 2,5мг/мл	60000	1,00	2,30
γ-глобулін 2,5мг/мл	120000	-	0,75
Ендотоксин E.Coli 39мкг/мл	40·10 ³	24,10	1,00

Використання АВВНМ в якості ентеросорбентів. Разом із медичними співвиконавцями встановлено доцільність використання ентеросорбентів на основі АВВНМ при лікуванні гострих і хронічних захворювань органів травлення та внутрішньої секреції, токсикозів різної генези, алкоголізму та наркоманії, алергічних станів, серцево-судинних захворювань, при корекції гіперхолестеринемії, усуненні ускладнень хіміопроменевої терапії раку, а також для ліквідації наслідків дії на організм радіонуклідів, отруйних речовин, важких та токсичних металів, органічних сполук тощо. Слід, крім того, зазначити, що у хворих на медикаментозну алергію існують певні обмеження щодо ліків. У такому випадку ентеросорбція стає єдиним лікарським засобом, що заміщує базисну, а іноді й антигістамінну терапію.

Цілеспрямованому використанню активних вуглів часом заважає неспецифічність дії, яка може бути усунена за допомогою модифікації їх поверхні. Розроблено методи іммобілізації біологічно активних речовин (фероцину, кверцетину, альгілату кальцію, ферментів) з метою створення наноструктурного матеріалу спрямованої дії. За показниками безпечності та біосумісності модифіковані ентеросорбенти не викликають побічної дії та є практично нетоксичними. Важливими є й збереження вуглеволокнутою матрицею високої детоксикаційної спроможності та набуття модифікованими препаратами нових лікувально-профілактичних властивостей. Проведене скринінгове оцінювання специфічності дії комплексних препаратів у дослідах *in vitro* та *in vivo* довели їх виражену фармакологічну спрямованість. Так, іммобілізація кверцетину надає високу антирадикальну дію препарату, що, в свою чергу, забезпечує суттєве зниження рівня вільних радикалів і продуктів переокисного окиснення ліпідів та підвищує потенціал антиоксидантної системи захисту організму. Комплексний препарат із фероцином демонструє високі радіозахисні властивості (на 30 добу досліджу помічено зниження вмісту цезію-137 та стронцію-85 в організмі дослідних

тварин відповідно на 91,5% і 46,2 % у порівнянні з контрольною групою). Може бути застосованим у сферах радіаційної медицини, охорони здоров'я та гігієни як лікувально-профілактичний, так і швидкодопоміжний засіб.

Використання АВВНМ для лікування ран. Сорбційні характеристики та біосумісність АВВНМ зумовлені великою активованою поліфункціональною поверхнею, особливостями його мікроструктури та фізико-хімічними властивостями, надають унікальні експлуатаційні характеристики перев'язувальним аплікаційним матеріалам на основі АВВНМ. Їм властиві висока адсорбційна ємність, достатня міцність та еластичність і змінювана адгезивність за рахунок текстильної структури АВВНМ, а також виражена гемостатична дія, причому показники капілярності та гігроскопічності в 3–3,5 разу перевищують аналогічні показники для марлі. АВВНМ забезпечує прилягання до рани будь-якої конфігурації і не виявляє місцевоподразнюючої та алергічної дій. Аплікації застосовуються для лікування чистих та ускладнених ран, опіків різного ступеню та етіології, трофічних виразок, профілактики ранової інфекції в хірургії, травматології, стоматології та ін. Імобілізація протеолітичних ферментів, антисептиків та антибіотиків дозволяє суттєво підвищити ефективність лікування за рахунок усунення моновекторності дії (антимікробної, протеолітичної, сорбційної тощо), що є недоліком традиційних пов'язок. За результатами експериментально-клінічних досліджень використання АВВНМ справляє суттєвий терапевтичний ефект на перебіг ранового процесу, запобігає розвитку метаболічних порушень та синдрому ендогенної інтоксикації, сприяє відновленню функціональної активності власних систем детоксикації організму, скорочує строки загоєння ран.

Висновки. АВВНМ є багатоцільовим матеріалом медичного призначення з поліпшеними характеристиками. Він за показниками біосумісності та корозії є одним із кращих і відповідає фізико-механічним та біологічним вимогам до медичних виробів. Суттєвими перевагами сорбційних методів терапії з використанням АВВНМ є простота, доступність, ефективність та безпечність. Можуть застосовуватися як монотерапія, так і в комплексі з традиційними методами лікування ендо- та екзотоксикозів.

Слід також зазначити, що доведено й ефективність АВВНМ при застосуванні у фільтрах статичної та динамічної дій для очищення води, вентиляційних та газоочисних системах АЕС. Натурні випробування довели високі захисні та експлуатаційні характеристики створюваних із використанням АВВНМ захисного покриття, екранів, спецодягу, респіраторів та ін. Їх можна використовувати в повсякденних та надзвичайних умовах.

Література:

1. Щербицька О.В., Гарбуз В.В., Клінов В.Д. та ін. // Наноструктурное материаловедение. – 2010. – № 4. – С. 39–44.

Кліпов В. Д.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

ВОГНЕСТІЙКА ТАРА З КОМПОЗИЦІЙНИХ БАЗАЛЬТОВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СКЛАДІВ ЗБРОЇ

У цей час економіка й обороноздатність України здійснює перехід з нестабільного стану в новий стійкий стан. Успішний результат і мінімальний строк цього перехідного процесу може бути реалізований при обов'язковому виконанні основних стратегічних напрямків для його стабілізації:

- максимального збереження всіх військово-технічних ресурсів і матеріальних запасів;
- швидке здійснення гарантованих дій при збереженні мінімального виправданого ризику.

На даний час однією з основних стратегій може бути обрана стратегія «Максимального збереження матеріальних ресурсів» у вирішенні проблеми зберігання боєприпасів, як найбільш великої в кількісному відношенні, так і найбільш важливої з погляду питань безпеки. Під терміном «збереження» мається на увазі зниження витрат при виробництві, експлуатації й безаварійному зберіганні боєприпасів.

Боєприпаси як вироби, що зберігаються, є складовою частиною практично будь-якої системи озброєння. З поглядів багатьох фахівців у системі побудови Збройних Сил будь-якої держави витрати на боєприпаси становлять приблизно 60 % загальної вартості всього військового майна. У військові частини постріли надходять у транспортній тарі або «укупорке» (ящиках, контейнерах, пеналах, упаковках та інше), тому протягом життєвого циклу боєприпасів в умовах тривалого їх зберігання виникає необхідність підтримки в бойовій постійній готовності не тільки боєприпасів, але й тари зі збереженням її бойових і тактико-технічних характеристик.

Аналізуючи матеріальні ресурси у вигляді об'єктів озброєння та військової техніки, можна прийти до висновку, що одними із основних матеріальних ресурсів, що вимагають збереження в Україні, є запаси боєприпасів, проблема збереження яких може бути визначена як пріоритетна з наступних причин:

- гострою необхідністю у боєприпасах, що обумовлена будь-якими змінами в імовірному геополітичному сценарії бойових конфліктів;
- необхідністю збереження їх як найбільш дорогих і дефіцитних ресурсів, які становлять інтерес у вигляді продукції з високим попитом на світовому ринку озброєнь;
- великою кількістю боєприпасів і необхідністю безаварійного тривалого зберігання питомо-небезпечних ресурсів.

Під найбільш питомо-небезпечними ресурсами маються на увазі ті, у яких економічні, технологічні та аварійні витрати у випадку деградації, втрати або розкрадання яких набагато перевищують їхню реальну вартість.

Використання такого критерію відбору дозволяє віднести до питомо-небезпечних такі ресурси як: радіоактивні матеріали і їхні відходи, вибухові, отруйні речовини та різні види боєприпасів на їхній основі, а також стрілецьку зброю.

Коректність останньої причини з усією очевидністю підтверджується як значними економічними та екологічними втратами, які були понесені у результаті техногенних аварій на складах й арсеналах у Росії, Україні, Вірменії та інших країнах СНД, а також і періодичністю цих катастроф.

Однак слід зазначити, що, незважаючи на нагальність та очевидну важливість, проблема тривалого зберігання боєприпасів не стала однієї з провідних у загальних науково-технічних напрямках розвитку озброєння і військової техніки. Незначний інтерес до стратегічних розробок в галузі тривалого зберігання боєприпасів з боку державних і суспільних інститутів у багатьох країнах підтверджується практично повною відсутністю спеціалізованих у цій галузі наукових установ, спеціальної літератури, підготовлених кадрів і т.п..

Хоча спроби її рішення у світі відомі, але при аналізі їх можна констатувати, що вони виявилися набором фрагментарним не скоординованих оптимальним образом прийомів конструювання без врахування специфіки технологічних операцій при виготовленні композиційних матеріалів на різних полімерних матрицях та багатофакторних умов експлуатації тари.

Важливість проблеми зберігання боєприпасів добре ілюструється тим, що благополучні в ресурсному та енергетичному відношенні країни, інтенсивно займаються пошуками нових способів та умов зберігання.

Слід зазначити, що тара для боєприпасів, як об'єкт дослідження цікавий з погляду аналітичного вивчення і практичного пошуку нових матеріалів, технологій виготовлення, а також методів її зберігання. Щоб забезпечити тривале зберігання боєприпасів протягом їхнього гарантійного строку експлуатації необхідно 3-4 рази замінити існуючу тару із традиційних матеріалів, виконуючи при цьому великий обсяг ремонтно-профілактичних робіт, а це здебільшого ручна праця.

Реальна потреба в тарі для боєприпасів, що склалася, на даний час в Україні становить 4-6 млн. одиниць тари на рік. Кількість тари, що може бути перепаковано в середньому становить 500 тис. одиниць тари в рік. Для виконання цієї великомасштабної роботи необхідно близько 18000 м³ першокласної сортової деревини. Потужності існуючих сучасних виробництв по виготовленню дерев'яної тари не перевищують 30 000 тис. одиниць тари на рік, а дефіцит коштовної ділової деревини в Україні, загалом, ставить під сумнів можливість забезпечення необхідної потреби загалом. Однак, потреба в тарі може й зрости у зв'язку з подіями останнього часу в Росії й Україні, пов'язані з катастрофічними аваріями на арсеналах зі зберігання боєприпасів. Вищевказане свідчить про гостру необхідність оперативного рішення проблеми безпечного зберігання боєприпасів на наявних площадках відкритого збереження, що може бути вирішена трьома методами:

- за рахунок створення нової важкозаймистої тари із підвищеним в 3-5 разів ресурсом експлуатації на відкритих майданчиках складів озброєння;
- за рахунок регулярних планових переупакувань боєприпасів зі старої дерев'яної тари, яка вийшла з ладу в нову;
- за рахунок будівництва нових капітальних сховищ із системами пожежогасіння й кондиціонування повітря.

Перший метод є найбільш раціональним і економічно оптимальним за рахунок незначних капітальних витрат і поточних витрат у період тривалого зберігання боєприпасів на відкритих майданчиках баз й арсеналів.

У результаті всебічного аналізу загальної проблеми безпечного відкритого наземного зберігання боєприпасів у тарі, у разі переходу на використання нетрадиційних матеріалів у вигляді армованих композитів в системі «матеріал-конструкція» розробка тари зводиться до двох завдань:

- матеріалознавчої - створення вогнестійких важкозаймистих конструкційних композиційних матеріалів на основі базальтоволокнистих матеріалів і багатофункціональних реактопластичних матриць;
- конструкторської - створення науково-технічних основ проектування силових несучих просторових оболонкових конструкцій на основі реактопластичних матеріалів.

При постановці та вирішенні матеріалознавчого завдання - створення композиційного базальтоволокнистого матеріалу була проведена комплексна оцінка та вивчення наявних у світі композиційних матеріалів на різних полімерних матрицях, яка показала, що для рішення проблеми по заміні деревини у тарі для тривалого зберігання боєприпасів найбільш придатними є реактопласти. У порівнянні з термопластами вони мають більше високу температуростійкість до 250 °С, низьку горючість, високі фізико-механічні властивості, а тривалість їхньої експлуатації становить не менш 50 років на відкритому повітрі. Полімерні негорючі армовані покриття, нанесені на зовнішні поверхні створеного композита, можуть підвищити ресурс експлуатації його додатково ще на 25-30 років.

При розробці нового композиційного матеріалу враховувалася наявність: - необмеженої сировинної бази - базальтів в Україні для виробництва армуючих матеріалів; - вітчизняних виробників полімерних матриць; - спеціалізованих виробництв та устаткування по одержанню базальтоволокнистої продукції різноманітного асортименту; - деревообробних підприємств, у яких є базові технологічні лінії, які можуть бути адаптовані до виготовлення композиційних базальтоволокнистих деталей-заготовок методом прямого пресування та технологічні майданчики для остаточного збирання тари; - технологічних можливостей щодо виготовлення з відходів виробництва тари для боєприпасів продукції різного призначення для забезпечення потреб будівництва і народного господарства.

Перспективний композиційний матеріал для виробництва тари являє собою тришаровий армований композит на реактопластичній матриці, який одержано за один технологічний цикл пресування, що складається у зовнішніх шарах з тканин із армуєчих базальтових матеріалів, а середній шар

представлений у вигляді волокнистого скляного полотна. Дана тришарова структура композиту дозволяє знизити його вартість та додатково захистити армуючі волокна від впливу агресивного навколишнього середовища.

Основні фізико-механічні й інші характеристики створеного реактопластичного композиту у порівнянні із традиційними матеріалами наведені у таблиці .

Таблиця – Порівняльні фізико-механічні та інші характеристики реактопластичного композиту у порівнянні із традиційними матеріалами

Найменування показника	Одиниця виміру	Деревина	Метал	Термопласт	Армований реактопласт
Питома вага	г/см ³	0,5-0,6	7,2-7,8	1,1-1,2	1,2-1,5
Міцність на розтягнення	МПа	6-9	70-125	36-38	30-38
Міцність на вигин	МПа	60-73	85-150	50-100	90-120
Ударна в'язкість по Шарпі на зразках без надрізу	кДж/м ²	1,2-1,8	40-60	10-20	18-20
Горючість		+	-	+	-

Монолітний тришаровий матеріал-конструкція дозволяє зберегти свої експлуатаційні характеристики в умовах знакозмінних і ударнодинамічних навантажень в умовах зовнішнього навколишнього середовища.

Застосування нового композиційного базальтоволокнистого матеріалу, замість деревини у тарі для зберігання боєприпасів, дозволяє при зниженні товщини стінок тари зберегти її вагово-геометричні, фізико-механічні та експлуатаційні характеристики в цілому, а також підвищити її вогнестійкість, водостійкість, біостійкість, стійкість до впливу дезактивуючи розчинів, впливу морського соляного туману та підвищити до 50 років термін її експлуатації на відкритих майданчиках зберігання.

При постановці конструкторського завдання були проаналізовані наявні композитні конструкції тари для боєприпасів, що дозволило сформулювати основні науково-технічні принципи конструювання силових просторових оболонкових конструкцій на основі реактопластичних матеріалів при проектуванні тари для боєприпасів і створити ряд конструкцій наведених на рисунку .



Рисунок 1. Перспективні зразки композиційної базальтоволокнутої тари для зберігання та транспортування боєприпасів

Нова тара з композиційних матеріалів дозволить: - скоротити кількість застосовуваних типорозмірів штатної тари й виключити із застосування дефіцитну ділову деревину; - збільшити строк експлуатації тари не менш 30 років, - підвищити надійність зберігання боєприпасів, - виключити аварійні ситуації і їх екологічні й економічні наслідки, - значно зменшити обсяг і вартість ремонтно-профілактичних робіт на складах, скоротити обсяги вантажно-розвантажувальних робіт з переупаковки [1].

У випадку зміни ставлення до проблеми тривалого безаварійного зберігання боєприпасів, можна досягти реальних переваг у наступному:

- у зниженні витрат дефіцитних матеріалів (деревини, металу), що використовуються у процесі зберігання матеріальних цінностей, що може бути досягнуто, в основному, за рахунок зміни існуючих і створення нових методів і способів зберігання, а також при повній відмові від традиційної дерев'яної тари для боєприпасів;

- у зниженні витрат, пов'язаних з експлуатацією, може бути досягнуто при сполученні процесів зберігання із процесами виробництва додаткових продуктів конверсійного призначення для потреб народного господарства;

- у зниженні або виключенні матеріальних і людських втрат при аварійних ситуаціях, що виникають при позаштатних ситуаціях, стихійних лихах і т.п. при тривалому зберіганні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сергєєв В.П., Кліпов В.Д. Базальтові волокнисті матеріали та композити на їх основі – матеріали ХХІ століття. Новые материалы и инструменты: Сб.докладов Междун.науч-технич. Семинар., 01-03 декабря 2005 г., г.Киев.–Киев: АТМ Украины.–2005.–С.20-37

Куріхін В. С., Баглюк Г.А.

Інститут проблем матеріалознавства НАН України

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ АРТИЛЕРІЙСКИХ ГІЛЬЗ ДІАМЕТРОМ 160 ММ

Сучасний стан оборонної промисловості України (зокрема - підприємств з виготовленню боєприпасів) має потребу у відновленні та модернізації виробничих потужностей. Значною проблемою є виготовлення снарядів для мінометів і танків калібром 160 мм. Такі снаряди мають комплектуючі частини, а саме - піддони (гільзи), при виробництві яких ряд технологічних проблем обмежують можливості їх масового виготовлення в умовах існуючого вітчизняного виробництва.

Відомі технології виготовлення артилерійських піддонів (гільз) [1-3] мають значні недоліки: багатоопераційні і трудомісткі операції, які вимагають спеціального пресового устаткування з великим робочим зусиллям.

Метою даної роботи було удосконалення технології виготовлення артилерійських гільз калібром 160 мм, що дозволить підвищити продуктивність і скоротити час підготовки серійного виробництва.

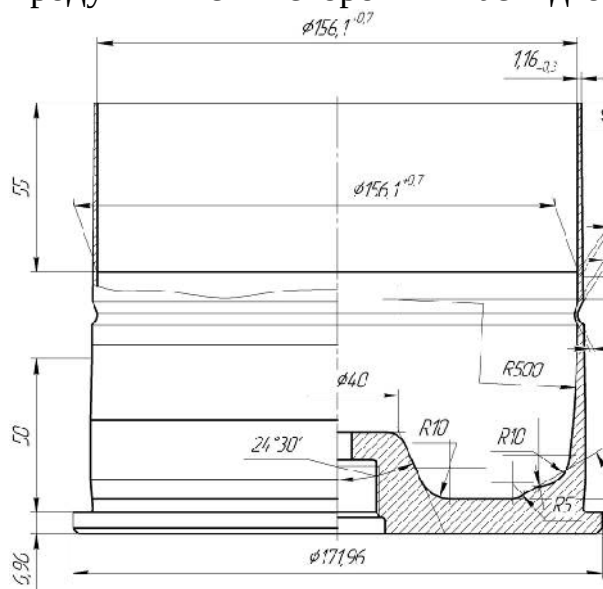


Рис. 1. Ескіз гільзи калібру 160 мм

Ескіз гільзи калібру 160 мм приведений на рис. 1. Для виготовлення даного виробу була розроблена і введена у виробництво технологічна схема процесу виготовлення гільз, яка дозволяє підвищити продуктивність виробництва із застосуванням стандартного пресового устаткування з максимальним використанням стандартного пресового устаткування з максимальним зусиллям до 8 МН та широко розповсюджених токарних верстатів типу 16K20.

Технологічна схема процесу включає наступні операції. Із листової сталі марки 11ЮА товщиною 24,5 мм шляхом вирубки в штампі одержують заготовки діаметром 180 мм. Вирублені заготовки нагрівають до 950-1000 °С та піддають гарячому видавлюванню в штампі за схемою, представленою на рис. 2,а. Заготовка 4, встановлена в матриці 1 на опорі 2. Зусилля видавлювання P_d прикладається пуансоном 3. Після гарячого видавлювання одержуємо заготовку (рис. 2, б) для наступної операції гарячого витягування із потоншенням.

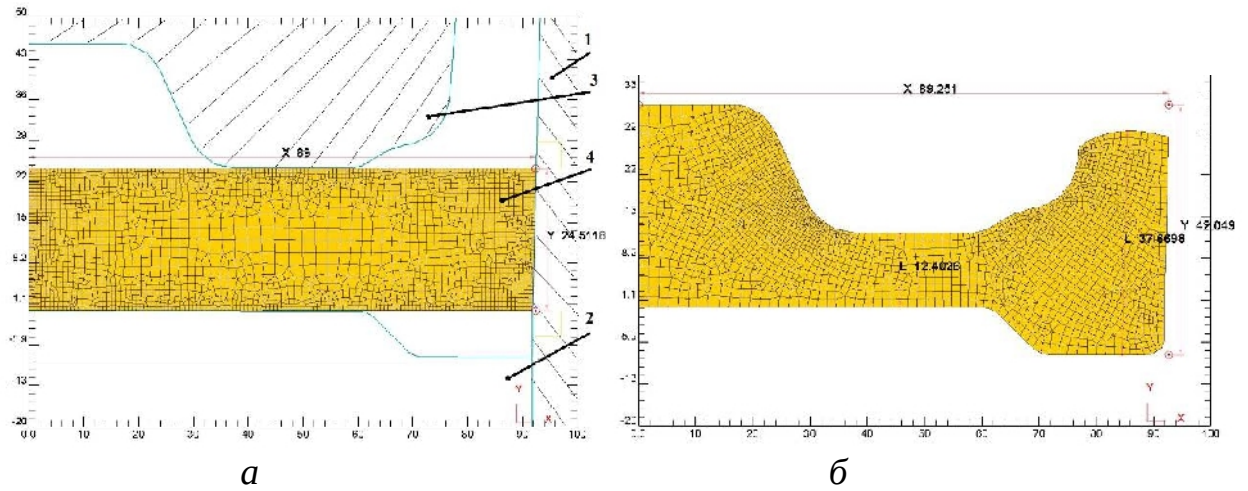


Рис. 2. Технологічна схема (а) та ескіз заготовки (б) після першого видавлювання

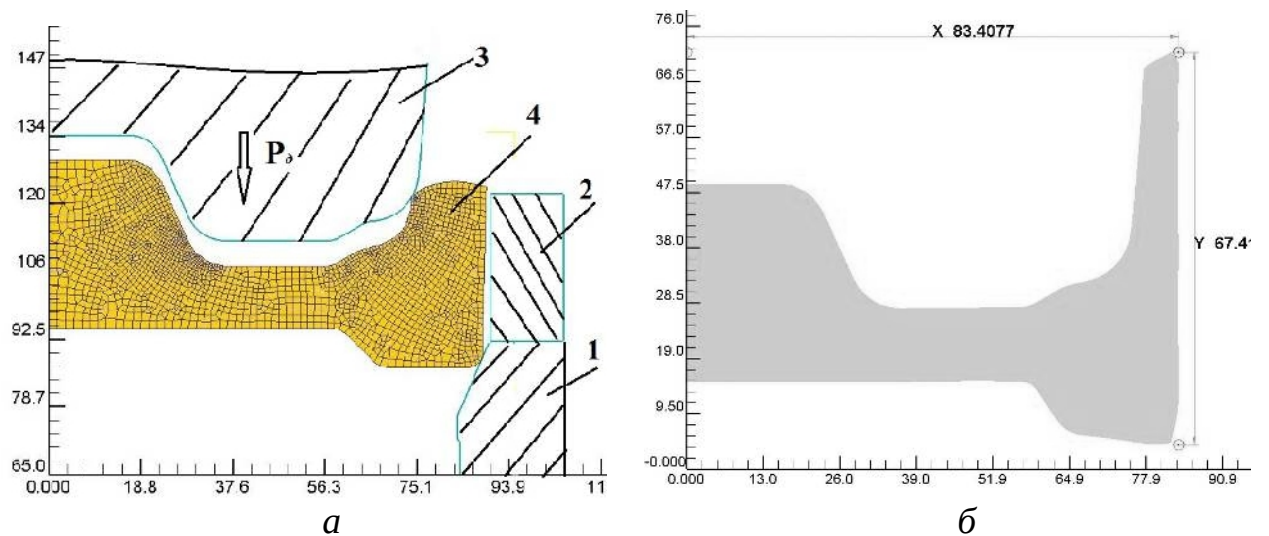


Рис. 3. Технологічна схема процесу гарячої витяжки з потоншенням (а) та ескіз деформованої заготовки (б)

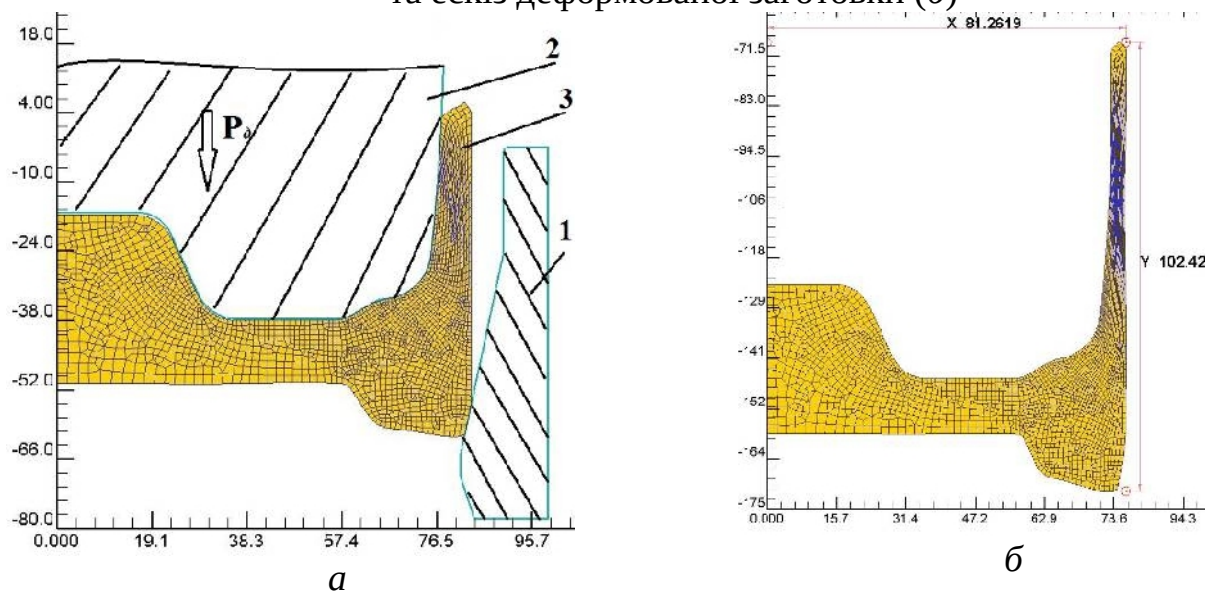


Рис. 4. Технологічна схема процесу холодної витяжки редукуванням (а) та ескіз деформованої заготовки (б)

Отримана після 1-го переходу заготовка піддається локальному нагріву до 600°C по зовнішній стороні стінки шляхом індукційного нагрівання, з наступним витягуванням з потоншенням стінки (рис. 3) та наступною холодною витяжкою з редукуванням (рис. 4).

Після витяжки з редукування виконується операція осаджування бурта плоским пуансоном 3 (рис. 5) з локальним нагрівом заготовки до температури $650-700^{\circ}\text{C}$.

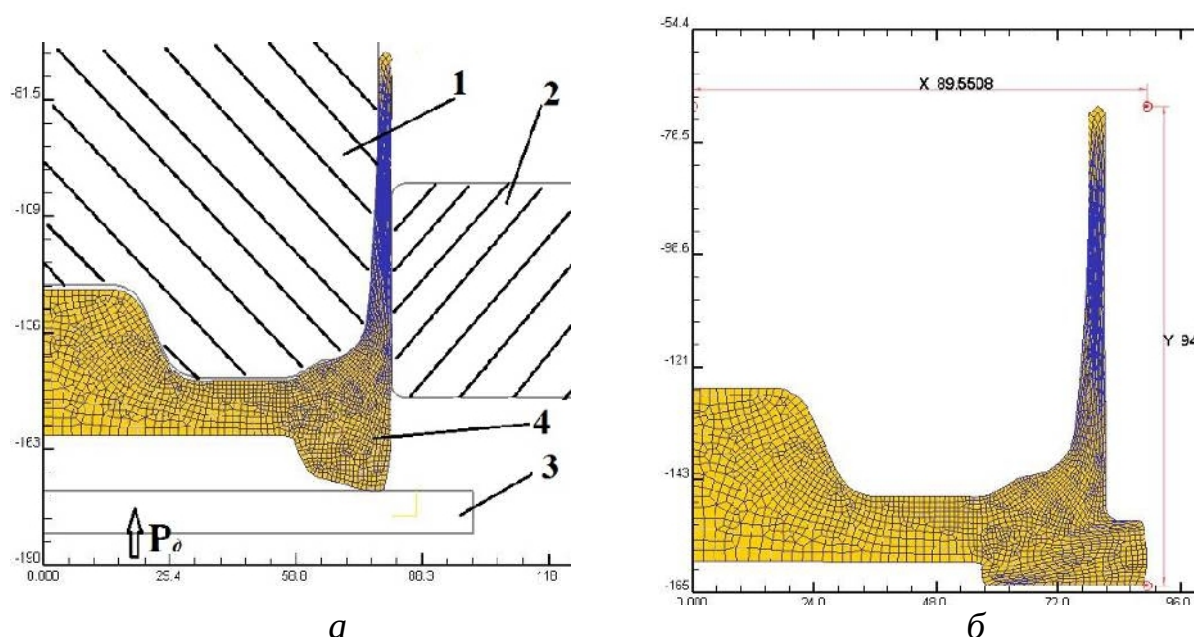


Рис. 5. Технологічна схема осаджування бурта (а) та ескіз деформованої заготовки (б).

Завершуючими механічними операціями з технологічної схеми виготовлення гільзи є токарна обробка отвору під капсуль, операція ротаційного видавлювання (рис. 6), на який здійснюється потоншення стінки з перемінною товщиною по висоті виробу, та торцювка заготовки в розмір і накатка рифта.



а



б

Рис. 6. Ротаційне видавлювання на токарному верстаті 16K20 (а), заготовка до (ліворуч) та після (праворуч) викатування (б)

Розроблена технологія прийнята до впровадження в ПАТ «Завод «Ленінська кузня» (м. Київ). На експериментальній ділянці заводу була виготовлена дослідна партія гільз (рис. 7), які пройшли повний комплекс випробувань та показали повну відповідність до щодо технічних вимог.

Суттєвою перевагою розробленої технології у порівнянні з відомими [1, 2], є значне зменшення кількості технологічних переходів і проміжних відпалів, що дозволяє значно підвищити продуктивність та зменшити собівартість процесу виготовлення крупнокаліберних гільз.



а



б



в

Рис. 6. Вихідна заготовка під видавлювання (а), заготовки після першого видавлювання (б) та готова гільза $\varnothing 160$ мм (в)

Література

1. Сафарянц А.Р. Технология патронно-гильзового производства. Учебное пособие для техникумов. – ЦИИИ Информации, 1975. – 208 с.
2. Пуцин П.П. Орудийные гильзы. – М: Оборонгиз, 1941. – С. 214.
3. Калюжный А. В. Применение метода конечных элементов при расчетах процессов изготовления гильз для артиллерийских и стрелковых боеприпасов // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2009. – № 2. – С. 31-43.

Стеля О.Б., Потапенко Л.І., Сіренко І.П., Стеля І.О, Івченко В.М., Козак П.М.,
Лапчук В.П.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС БАЛІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ПОЛІГОНУ

Програмно-апаратний комплекс балістичного забезпечення артилерійського полігону базується на програмному забезпеченні розрахунку задач зовнішньої балістики. Програмне забезпечення комплексу використовує математичну модель, що відповідає стандарту НАТО STANAG4355.

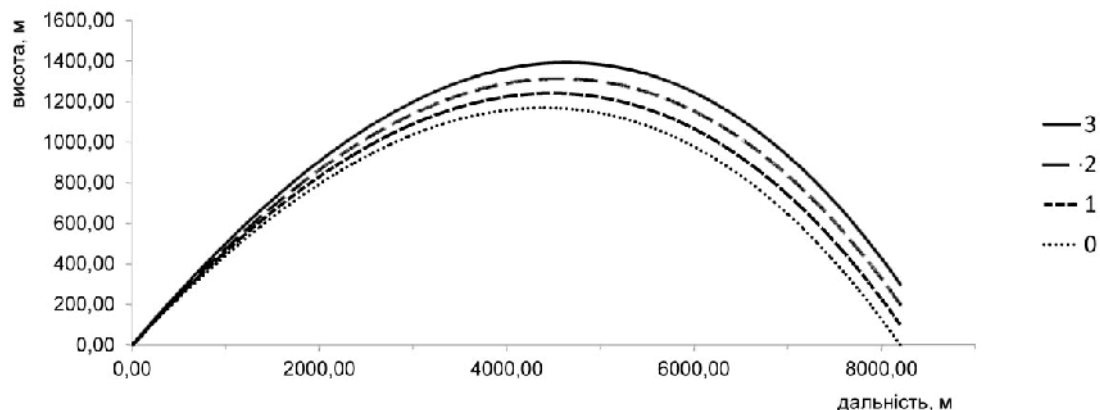
На даний момент розробка дозволяє доповнювати існуючі та будувати нові таблиці стрільби для 122 мм гаубиці Д30. Розраховуються всі параметри траєкторії осколково-фугасного снаряда для різних дальностей стрільби і зарядів. Як приклад у таб. 1 наведено порівняння розрахунків за розробленою комп'ютерною програмою і дані з таблиці стрільби для гаубиці Д30. Отримані дані свідчать, що розробка дозволяє розраховувати параметри прицілювання з необхідною точністю.

При проведенні чисельних розрахунків необхідно знаходити такий кут прицілювання, при якому місце падіння снаряду буде на заданій відстані від точки стрільби при заданій висоті місцезнаходження цілі над площиною стрільби. При цьому час польоту снаряда є також невідомою величиною.

Таблиця. Порівняння даних з таблиці стрільби гаубиці Д30 та розрахованих даних

Дальність	Табличні		Обчислені	
	Приціл, тис.	Час польоту, сек.	Приціл, тис.	Час польоту, сек
6000	266	20	266.6	20
6400	291	22	291.9	21.7
6600	305	22	305	22.6
6800	318	23	318.4	23.5
7000	332	24	332.3	24.4
7400	361	26	361.4	26.4
7600	376	27	376.7	27.3
7800	392	28	392.7	28.4
8000	409	29	409.3	29.4
8400	444	32	445	31.7
8600	463	33	464.5	32.9
8800	483	34	485	34
9000	504	35	507	35.5
9400	555	38	556	38.5
9600	586	40	585.2	40.2
9800	624	42	624.2	42.4

Траєкторії снаряда для різних висот місцезнаходження цілі, одержані шляхом моделювання наведені на рисунку (0 – 0 м, 1 – 100 м, 2 – 200 м, 3 – 300 м).



В апаратній частині комплексу використовується, крім стандартних засобів (приладів топогеодезичної прив'язки, метеостанції, артилерійської балістичної станції, засобів зв'язку та передачі даних) вимірювач початкової швидкості снарядів.

Оптичний вимірювач початкової швидкості снарядів побудований за принципом вимірювання часу проходження снарядом мірного шляху. Відсутність радіо та лазерного випромінювання забезпечує прихованість позицій. У фокальній площині вхідного об'єктива встановлено фотоприймач – двосекційний фотодіод, спеціальна діафрагма поля зору та світлофільтр. Алгоритм обробки даних забезпечує нечутливість приладу до зміни зовнішньої освітленості та виділення тільки сигналу прольоту снаряда. Мікропроцесорний блок обробки побудовано на базі 32-бітного мікроконтролера *STM32F407VGT6* з ядром *ARM Cortex-M4F* і 1 Мб пам'яті програм та 193 Кб ОЗУ з тактовою частотою 168 МГц. Дані вимірювань виводяться на дисплей та передаються в мережу. Діапазон вимірюваної швидкості: 100 – 1500 м/сек на відстані 0,1–10 м від зрізу ствола, точність вимірювань – не гірше 0,1%. Час вимірювання – 0,1 сек. .

Дана розробка призначена для уточнення існуючих таблиць стрільби артилерійських гармат та побудови нових, для нових партій снарядів та нових зарядів.

Література

Стеля О.Б., Потапенко Л.І., Сіренко І.П. Комп'ютерне моделювання траєкторії руху центра мас тіла, кинутого під кутом до горизонту. // Журн. обчисл. та прикл. матем. – 2014. №3. – С. 87–94.

Мірошніченко С.І.; Заболотний М.А., Куліш М.П.; Асламова Л.І.; Дмитренко О.П.; Куліч Є.В.

НВО Телеоптік;

Київський національний університет імені Тараса Шевченка;

Зав.НДЛ “Радіометричні методи дослідження”, Директор ННЦ РБ;

Київський національний університет імені Тараса Шевченка;

Науковий співробітник НДЛ “Радіометричні методи дослідження”

РЕНГЕНОГРАФІЧНИЙ ТОМОГРАФ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ МЕТАЛЕВИХ І ПОЛІМЕР – КОМПОЗИТНИХ ВИРОБІВ

Мета розробки - використання методів неруйнівного рентгенографічного контролю контролю виробів і їх деталей з матеріалів арамідного волокна (кевлара), вуглецевого композиційного матеріалу, армованого алюмінію, сталі або титану з урахуванням їх функціональних і конструкційних особливостей для виявлення та класифікації експлуатаційних дефектів виробів з метою оптимізації шляхів їх можливого усунення та прогнозування впливу дефектів на експлуатаційні характеристики виробів.

Використання рентгенівського томографа передбачається для неруйнівного контролю суцільності й однорідності матеріалу виробу та існуючих з'єднань, у тому числі виявлення сторонніх включень, пор, розшарувань, тріщин, корозійного пошкодження, неприпустимих витонченостей; має дозволити визначати координати локалізації дефектів і оцінювати їх еквівалентні розміри.

Як відомо, рентгенівська томографія - метод пошарового дослідження структури неоднорідних об'єктів в рентген. випромінюванні, заснований на залежності лінійного коефіцієнту поглинання (μ) в рентгенівському діапазоні від складу і щільності речовини; один з методів томографії з використанням числового моделювання, добре зарекомендувала себе при дослідженні біологічних об'єктів.

Класична схема рентгенографічного методу, наведена на Рис. 1. При фіксованому положенні джерела випромінювання **S** на реєструє середовищі утворюється тіньове зображення, що є сумою проєкцій всіх верств об'єкта **O**, через які проходить пучок. Якщо в процесі зйомки синхронно переміщати джерело і реєструючу середу так, щоб пучок проходив в процесі експозиції тільки через один і той же ділянку об'єкта в шарі **F**, то зображення **I** цієї ділянки вийде найбільш чітким.

Останнім часом, в рамках рентгенівської томографії був розроблений метод, що базується на використанні рухомих джерел рентгенівського випромінювання і застосуванні чисельних методів обробки даних, одержуваних томографіческим скануванням. Схема такої томографічної установки представлена на Рис. 2.

Пучок рентгенівського випромінювання від джерела **S**, сформований коліматором **K**, просвічує об'єкт **O**, після чого реєструється детектором **D**. При синхронному переміщенні джерела і детектора вздовж заданого напрямку здійснюється послідовне сканування всіх ділянок об'єкта, причому

зв'язок зареєстрованої детектором інтенсивності випромінювання I з лінійним коефіцієнтом поглинання (μ) середовища об'єкта має вигляд інтегрального рівняння:

$$I(x) = I_0 \cdot \exp \left[- \int_l \mu(x, l) dl \right]$$

де I_0 - інтенсивність падаючого пучка, dl - елемент шляху поглинання вздовж променя l , відповідного напрямку сканування. 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 (Рис. 3). Для відновлення розподілу m , а отже, щільності і складу речовини за обсягом об'єкта використовують спеціальні алгоритми обробки даних на ЕОМ.

Апробація рентгенівської томографії для визначення їх можливостей при дефектоскопії вуглепластикових напівфабрикатів і вуглець-вуглецевих деталей проводилося на спеціально виготовлених зразках - плитах розміром 220×220 мм і товщиною 8 мм.

Штучні дефекти типу розшарувань імітувалися шляхом закладення відповідних пошкоджень в плити-зразків в процесі їх виготовлення - вкладишів з фольги товщиною 0,2 мм. Матеріал фольги – корозійно стійка сталь, форма вкладиша - трикутник з основою 80 мм і висотою 200 мм. Вкладиші закладалися в середину плити - зразка. З метою легшого видалення вкладишів з плити, вони покривалися антиадгезійним матеріалом і закладалися так, щоб частина вкладиша виступала за кромку плити-зразка.

Використовувалася така класифікація зареєстрованих дефектів: 1. Явний дефект - дефект, для виявлення якого в технічних вимогах (ТВ) передбачені відповідні правила, методи і засоби контролю. 2. Прихований дефект - дефект, для виявлення якого в ТВ не передбачені відповідні правила, методи і засоби контролю. 3. Критичний дефект - дефект, при наявності якого використання продукції за призначенням практично неможливо або виключено з міркування безпеки. 5) Значний дефект – дефект, що суттєво впливає на використання продукції за призначенням або її довговічність, 4 Малозначний дефект - дефект, що не обумовлює істотного впливу на використання продукції за призначенням або її довговічність. Щодо усунення: 1) переборні -дефекти, виправлення яких технічно можливо і економічно доцільно. 2) непереборний - дефекти, виправленні яких технічно неможливо і економічно недоцільно.

Класифікація дефектів виробу (віднесення їх до розряду критичних, значних, малозначних, усунених або непереборних) залежить від функціональних, конструкційних і експлуатаційних його характеристик.

Найбільш небезпечними є мікроскопічні дефекти - різного роду порушення суцільності або однорідності матеріала. Вони - основна причина зниження міцності деталі і її руйнування. Зі збільшенням розмірів деталі

ймовірність наявності дефектів зростає, тому реальне зниження міцності на великогабаритних деталях проявляється більш помітно (масштабний фактор).

Практика використання методів неруйнівного контролю для дефектоскопії виробів з вуглецевих полімерних композиційних матеріалів або титану показує, що наявність дефектів суттєво впливає на характеристики виробів. Наявність в титані дефектів (раковин) з концентрацією 1% межа текучості від 300 МПа змінюється 230 МПа.

Практика використання рентгенівського томографа доводить, що виявлення, класифікація і усунення (зміна характеристик дефектів) є актуальним завданням, вирішення якої визначається конкретними характеристиками виробів, умов їх використання та і в істотній мірі залежить від чутливості і роздільної здатності реєструючих шарів (реєструючих систем).

Таким чином, рентгенографічною дефектоскопії (як і рентгенівська томографія) на конкретних прикладах продемонструвала свою ефективність при виявленні експлуатаційних дефектів виробів за умови їх рентгенівської прозорості та використанні високоякісних реєструють рентгенографічних систем.

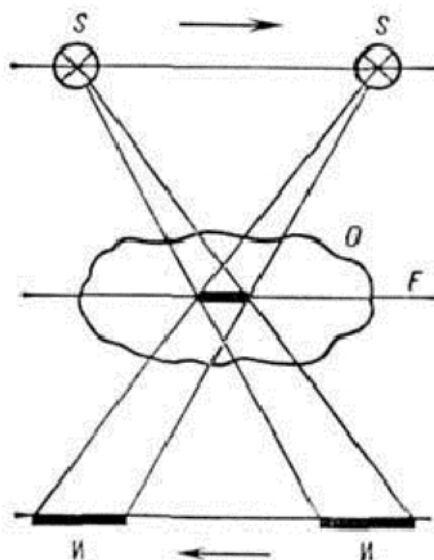


Рис. 1. Классическая схема рентгеновской томографии.

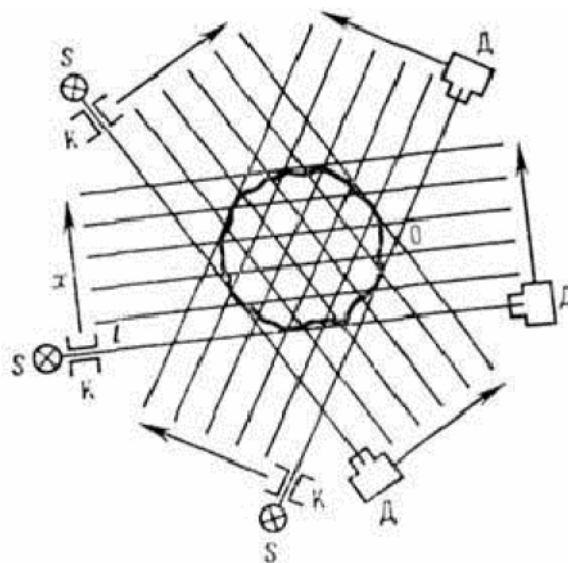


Рис.2 Схема скануючого томографа.

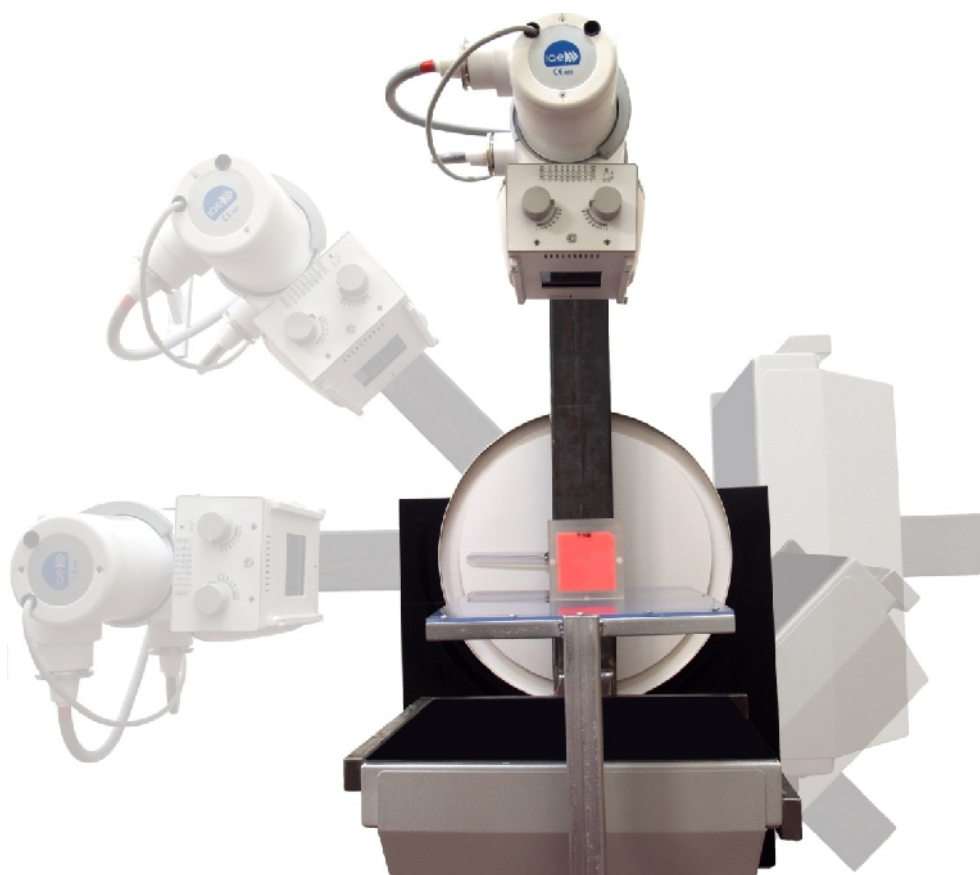


Рис.3.Зображення створеного скануючого рентгенівського томографа.

Лобода П.І.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КОМПОЗИЦІЙНА БРОНЯ ІЗ НАДТВЕРДИХ НАДМІЦНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ – ЗАХИСТ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ ЛЮДИНИ ТА ТЕХНІКИ

На основі системних фундаментальних досліджень з матеріалознавства щодо механізмів зародження та росту евтектичних сплавів квазібінарних тугоплавких сполук (борид-боридних, оксид-оксидних, карбід-карбідних, карбід-боридних) створено новий клас керамічних армованих матеріалів, які за властивостями міцності, твердості та в'язкості руйнування (рис.1) переважають всі відомі на сьогоднішній день інструментальні матеріали та матеріали броні.

В НТУУ «КПІ» розроблені технічно і економічно прийнятні для промислової реалізації технології виготовлення порошків із армованих керамічних матеріалів, які за мікроструктурою представляють собою матрицю із однієї тугоплавкої сполуки армованої монокристалічними волокнами діаметром 0,2- 0,3 мкм та довжиною 50-500 мкм іншої тугоплавкої сполуки, що забезпечують в три рази вищі характеристики міцності керамічних сегментів броні в порівнянні з традиційними із найбільш легкого карбіду бору. При цьому твердість армованих матеріалів на 30% вищі за твердість неармованих.

Спільно з ІЕЗ ім.Є.О.Патона розроблено технологію виробництва металокерамічних матеріалів з матрицею із титану армовану керамічними волокнами із бориду титану, що мають міцність 890 МПа під час розтягування та пластичність більше 15 %.

Виготовлені зразки композиційної броні, що складається із металокерамічних пластин розміром 250x300 мм із титану армованого керамічними волокнами та керамічних сегментів із карбіду бору армованого волокнами із дибориду титану. Вага пластини композиційної броні складала 3,5 кг . Балістичними випробуваннями доказано, що композиційна броня витримує з відстані 5-10 м постріл із СВД патроном БС32 з кулею із твердого сплаву, що летить зі швидкістю 860 м/с.. Таким чином показано, що композиційна броня за рахунок кращого співвідношення ваги та механічних характеристик армованих матеріалів є новою і перспективною для захисту людини та техніки.

Окрім того, із металокерамічних армованих матеріалів з матрицею із титану та волокнами із бориду титану можуть виготовлятися ножі, гострота леза яких складає 0,2 – 1 мкм і визначається розміром боридних волокон. Оскільки твердість боридних волокон перевищує в 1,3 рази твердість карбіду вольфраму, що є основою для найбільш стійкого до зношування лезв'язного інструменту, то можна рекомендувати металокерамічний титановий сплав для виробництва ножів для різання таких абразивних матеріалів як папір, гума, пластмаси та б.ін . Під час різання м'яка матриця із

титану зношується і відбувається оголення твердих волокон із бориду титану, що забезпечує ефект самозаточування.

НТУУ «КПІ» в змозі вирішити проблему виробництва броні на основі нового покоління надміцної надтвердої армованої кераміки різноманітного застосування не нижче 6 класу захисту, яка є високотехнологічною і високоліквідною продукцією в нинішніх умовах

Як металокерамічні так і армовані керамічні матеріали, так і вихідні порошки із армованих керамічних матеріалів можуть широко застосовуватись відомими світовими виробниками, як складові конструкційних елементів броні нового покоління, так і в якості виробів що працюють в умовах інтенсивного зношування та динамічних навантажень при температурах до 2000 °С.

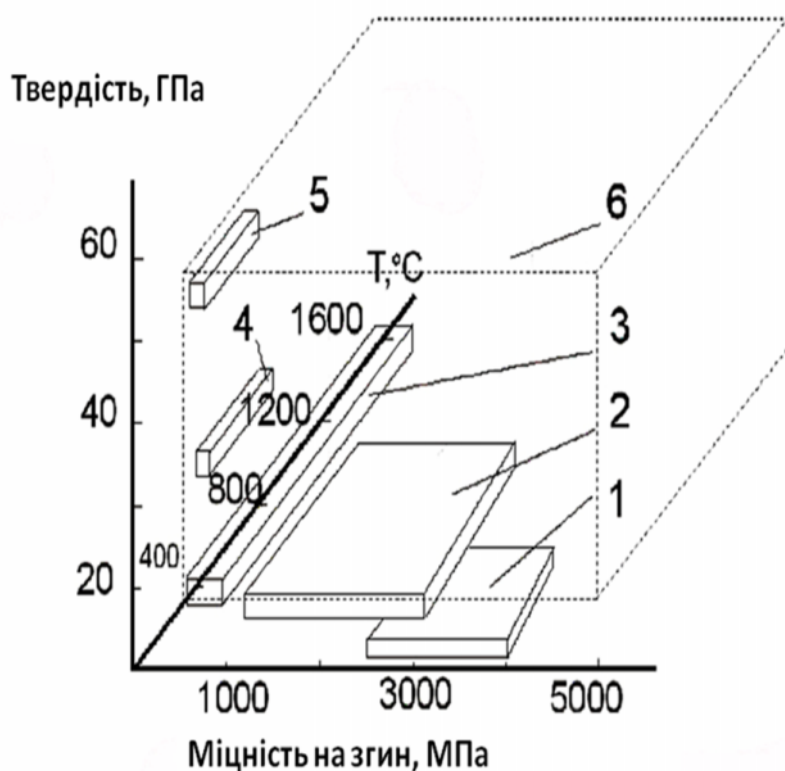


Рис. 1. Співвідношення фізико-механічних властивостей нового класу армованих композитів і матеріалів сучасної керамічної броні та металообробного інструменту.

- 1 – броньові, штампові та швидкорізальні сталі;
- 2 – тверді сплави;
- 3 – кераміка, сучасна керамічна броня;
- 4 – на сонові нітриду бору;
- 5 – алмазні інструментальні матеріали;
- 6 – армовані керамічні композити.

Васильєв А. Ю., Ткачук М. М., Танченко А. Ю., Мартиненко О. В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІЙСЬКОВИХ ГУСЕНИЧНИХ І КОЛІСНИХ МАШИН НА ЕТАПІ ПРОЕКТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ситуація на світовому і вітчизняному ринках науково-технічних розробок в області створення, виготовлення і дослідження елементів бронетанкової техніки. Аналіз публікацій, матеріалів виставок, Internet-матеріалів, а також практики бойових дій у східних областях України дозволяє провести експрес-аналіз стану як ринку озброєнь та військової техніки в цілому, так і його науково-дослідницького сегменту з акцентом на вітчизняних розробників, виробників і постачальників. При цьому можна виділити наступні закономірності:

1. Характерні особливості ринку науково-технічних розробок в області створення, виготовлення і дослідження об'єктів бронетанкової техніки обумовлюються сучасними тенденціями її розвитку, а саме зсувом акцентів в оснащенні озброєних сил, різким підвищенням тактико-технічних характеристик створюваних зразків техніки і зниженням термінів їх проектування, дослідження і виготовлення.

2. Спостерігається збільшення в цілому інтересу до легкої бронетанкової техніки при його збереженні до важкої бронетанкової техніки.

3. Відбувається зростання інтересу до модернізації бронетанкової техніки, що перебуває на озброєнні багатьох країн світу.

4. Для ринку науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт характерне, з одного боку, збільшення інтеграції проектно-дослідницьких робіт і виробничої кооперації в міжнародних масштабах, а також обмежені можливості провідних західних фірм (в тому числі з країн НАТО) допускати передачу в Україну передових технічних рішень, – з іншого.

5. Відбулося різке зменшення закупівель військової техніки Збройними Силами України, яке останнім часом потрібно наростити настільки ж різко.

6. Основні центри науково-дослідних робіт Радянського Союзу залишилися в Росії. Там же – основні банки науково-технічної інформації, даних експериментальних досліджень і полігонних випробувань, а також - лабораторні бази і спецобладнання. При цьому доступ до них був істотно обмежений, а в сьогоденних умовах – неможливий.

Відмічені особливості дають підставу зробити висновок про те, що в області науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) з тематики розробки і модернізації бронетанкової техніки, у першу чергу – військових гусеничних і колісних машин (ВГКМ) склалася якісно нова ситуація, в якій виникає необхідність зробити акценти на наступні напрями робіт:

- Рішуча **відмова** від старих форм і методів проведення НДДКР, для яких характерні висока витратність, низька оперативність і слабе застосування сучасних комп'ютерних технологій.
- Впровадження, причому в найкоротші терміни, найбільш **передових** технологій проектування, дослідження і виготовлення в практику роботи підприємств ОПК. Важливо при цьому дотримувати можливість **безконфліктного** обміну даними у взаємоузгоджених форматах даних.
- Активне проведення **моніторингу** стану досліджень у фірмах та країнах-конкурентах і отримання консультативної інформації зі всіх доступних питань.
- Активний моніторинг і **прогнозування** тематики досліджень, які представляють або представлятимуть інтерес для потенційних замовників і споживачів, у першу чергу ЗСУ.
- Концентрація зусиль на **ключових** напрямках досліджень.

Постановка задачі. На теперішній час забезпечення тактико-технічних характеристик (ТТХ) військових гусеничних і колісних машин здійснюється на етапі розробки на основі аналізу проектних досліджень фізико-механічних процесів і станів, які реалізуються в елементах машин у процесі експлуатації та бойового застосування. Це зумовлено тими обставинами, що від складових ВГКМ вимагається не тільки виконання певних функцій, але й висока міцність і надійність. При цьому на елементи машин діють у процесі експлуатації та бойового застосування різноманітні силові, теплові, хімічні впливи. Основною тенденцією останнім часом є якраз як інтенсифікація режимів бойового застосування, що призводить до зростання рівня окремих чинників ураження, так і розширення множини чинників, які діють у сукупності на один і той же елемент ВГКМ. Відповідно, виникає потреба у створенні нових, більш досконалих, адекватних і точних математичних і числових моделей виникаючих у елементах ВГКМ фізико-механічних процесів і станів, оскільки комп'ютерне моделювання дає змогу більш оперативно та економно обґрунтувати проектно-технологічні параметри їхніх елементів, що забезпечують потрібний рівень тактико-технічних характеристик.

Дослідженням різноманітних фізико-механічних процесів і станів в елементах ВГКМ присвячено багато досліджень [1-3]. Разом із тим у цих дослідженнях аналізуються переважно окремі зовнішні та внутрішні чинники. У той же час, як відзначалося вище, ці чинники діють у сукупності. Тому їх потрібно враховувати у створюваних математичних і числових моделях якраз у сукупній дії. Отже, постає проблема розробки таких моделей, які природним чином інтегрують різні чинники, параметри, структури та розподіли. Основною вимогою до цих моделей є можливість їхньої варіативності та керованості із одночасним збереженням цілісності, безконфліктності, а також взаємовпливу різних чинників.

Метод розв'язання задачі. Для розв'язання поставленої задачі доцільно застосовувати як основу метод узагальненого параметричного

модельовання [4]. За його використання кожен компонент цілісної моделі розглядається як узагальнений варійований параметр. Це дає змогу формально застосувати усі операції традиційного параметричного аналізу, проте враховуючи кожен раз специфіку тієї чи іншої задачі.

Отже, увівши у розгляд масив узагальнених параметрів $P = \{p_i\}$, можна поставити у загальному вигляді задачу параметричного синтезу:

$$I(p) \rightarrow \min; \quad (1) \quad L(p, u, f, t) = 0; \quad (2)$$

$$H_j \leq [H_j]; \quad (3) \quad T_k \geq [T_k]; \quad (4)$$

де I – деяка цільова функція, L – оператор початково-крайової задачі, що описує фізико-механічний процес або стан об'єкту у вигляді просторово-часового розподілу; $H_j, [H_j]$ – відповідно певні характеристики процесів і станів, а також граничні їхні величини (що визначають допустимий рівень тих чи інших характеристик), $j = 1, \dots, N_H$; $T_k, [T_k]$ – поточні та ті, що вимагається досягнути, рівні компонент тактико-технічних характеристик ВГКМ, $k = 1, \dots, N_T$.

Співвідношеннями, що пов'язують між собою усі досліджувані величини, є система рівнянь (2). Розглянемо деякі форми цих співвідношень для частинних задач.

1. Контактна взаємодія елементів ВГКМ. У даному випадку маємо взаємозв'язані процеси руху того чи іншого елемента машини чи озброєння, з одного боку, його контактну взаємодію з іншими елементами, – з другого боку, а також напружено-деформований стан контактуючих тіл, – з третього боку. Це, наприклад, рух кульових поршнів радіальної гідروпередачі ГОП-900 танкової трансмісії [5] у взаємодії зі статорним кільцем та блоком циліндрів; рух снаряда та взаємодія із стінками гарматного ствола; взаємодія елементів кочення погону башти танка чи легкоброньованої машини із його напрямними елементами у процесі здійснення пострілів, наведення на ціль чи руху на місцевості.

Отже, оператор L у даному випадку розпадається на співвідношення

$$L_1(p_R, v_R, f_R, t) = 0; \quad (5) \quad L_2(f_R, q) = 0; \quad (6) \quad L_3(u, q_t, t) = 0. \quad (7)$$

Тут v_R – узагальнені координати, що описують рух досліджуваного елемента, що залежать від масиву параметрів p_R (наприклад, тиск на елемент), а f_R – відповідні зусилля, які виникають при цьому. Ці зусилля трансформуються у контактні напруження q , які викликають напружено-деформований стан, що описується розподілом переміщень u точок досліджуваного тіла, компонентів тензора деформацій $\varepsilon = \varepsilon(u)$ та напружень $\sigma = \sigma(u)$.

2. Взаємодія ударно-хвильового навантаження із бронекорпусом

легкоброньованої машини. Пов'язані між собою процеси обтікання ударною хвилею бронекорпусу легкоброньованої машини та його напружено-деформований стан описуються системою рівнянь

$$L_4(p_V, v_V, u, \Gamma, q, t) = 0; \quad (8) \quad L_5(q_V, u) = 0. \quad (9)$$

Тут L_4 – оператор газодинамічного процесу; L_5 – оператор для опису напружено-деформованого стану бронекорпусу легкоброньованої машини. При цьому бронекорпус задається формою його обводу Γ . На нього набігає ударна хвиля із параметрами p_V (швидкість, напрям, величина надлишкового тиску у фронті тощо). Відповідно v_V – змінні, що описують газодинамічний потік V (швидкість, тиск, температура), а q_V – відповідне силове навантаження від потоку на бронекорпус. Переміщення u точок бронекорпусу, з одного боку, описують напружено-деформований стан бронекорпусу, а, з іншого, – відповідають за зміну геометрії обводу бронекорпусу.

3. Вплив реактивних зусиль віддачі на міцність бронекорпусів. Маємо у цьому випадку опис процесу пострілу з параметрами p_S і змінними v_S

$$L_6(p_S, v_S, q_S, t) = 0 \quad (10)$$

та динамічного напружено-деформованого стану бронекорпусу

$$L_7(q_S, u, t) = 0. \quad (11)$$

У цьому випадку реактивні зусилля віддачі викликають напружено-деформований стан, що, як і вище, характеризується вектором переміщень точок бронекорпусу u .

4. Взаємодія кінетичного боєприпаси із бронеперешкодою. У даному випадку потрібно дослідити рівняння зовнішньої балістики

$$L_8(p_B, v_B, q_B, t) = 0 \quad (12)$$

та співвідношення для опису процесу взаємодії боєприпаси із бронеперешкодою:

$$L_9(q_B, u, t) = 0. \quad (13)$$

Тут p_B – параметри зовнішньої балістики (точка пострілу, початкова швидкість та кути кидання тощо), v_B – змінні, що описують положення снаряда у просторі, q_B – кінематичні та силові характеристики системи «снаряд – броня» у момент зустрічі; u , як і вище, – змінні, що описують напружено-деформований стан системи тіл «снаряд – бронеперешкода».

Висновки. Запропонований у роботі підхід до визначення тактико-технічних характеристик військових гусенично-колісних машин на етапі проектних досліджень дає змогу високооперативно, з високою точністю та помірними витратами проводити проектні дослідження та обґрунтовувати проектно-технологічні параметри, які забезпечують задані тактико-технічні характеристики об'єктів бронетанкової техніки. При цьому цей підхід поєднує методологічну універсальність та можливість адаптації за рахунок відповідної модифікації операторного опису процесів і станів. Важливим моментом є те, що на даний час для розв'язання задач аналізу (2), (5-13) є можливим застосування потужних програмних комплексів, які реалізують, наприклад, метод скінченних елементів. Крім того, для варіативного опису геометричних форм добре пристосовані сучасні CAD-системи типу Creo, SolidWorks, Catia, Inventor, тощо. Отже, об'єднання цих інструментів на запропонованій методологічній базі надає можливість розробляти параметричні числові моделі, які можуть бути напряду застосовані для проектного забезпечення ТТХ перспективних вітчизняних військових гусеничних і колісних машин.

Література.

1. Чепков И.Б. Классификация защитных устройств динамического типа / И.Б. Чепков // Артиллер. и стрелковое вооружение. – 2004. – № 3. – С. 24-28.
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. Конечно-элементные модели элементов сложных механических систем: технология автоматизированной генерации и параметризованного описания / Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, А.Д. Чепурной [и др.] // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2006. – № 1. – С. 57–79.
5. Объемная гидropередача с шариковыми поршнями ГОП–900: характеристики и технический уровень / Г.А. Аврунин, И.В. Кабаненко, В.В. Хавиль [и др.] // Механіка та машинобудування. – 2004.– №1. – С. 14-21.

Фесенко М.А., Самарай В.П., Фесенко Е.В., Ямшинский М.М.
Национальный технический университет Украины «КПИ»

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ СВОЙСТВАМИ

В машиностроении, приборостроении, автомобилестроении, авиастроении, судостроении, военно-оборонной и других отраслях промышленности наиболее распространенным способом получения металлических изделий и заготовок является метод литья.

Сущность данного метода заключается в том, что расплавленный и перегретый сплав заданного химического состава заливается в литейную форму, внутренняя полость которой с максимальной степенью приближения воспроизводит конфигурацию и размеры будущей детали (изделия) (рис.1).



Рисунок 1 – Заливки жидкого металла в полость формы, для изготовления детали «Колесо»

Распространенность процесса литья обуславливается универсальностью, позволяющей получать отливки из сплавов практического любого состава (сталей, чугунов, алюминиевых, медных, титановых и др. сплавов), в том числе из труднодеформируемых, массой от нескольких граммов до сотен тонн, разной сложности и конфигурации (рис.2) при минимальных затратах энергии, материалов и труда.

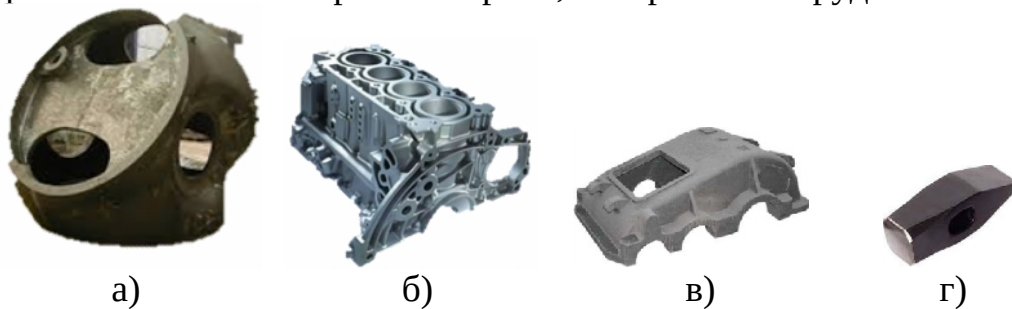


Рисунок 2 – Отливки разной массы и конфигурации: корпус ветрогенератора (а), корпус двигателя автомобиля (б), крышка редуктора (в), молот (г)

Основными критериями конкурентоспособности продукции литья на рынке сегодня являются высокое качество и низкая себестоимость.

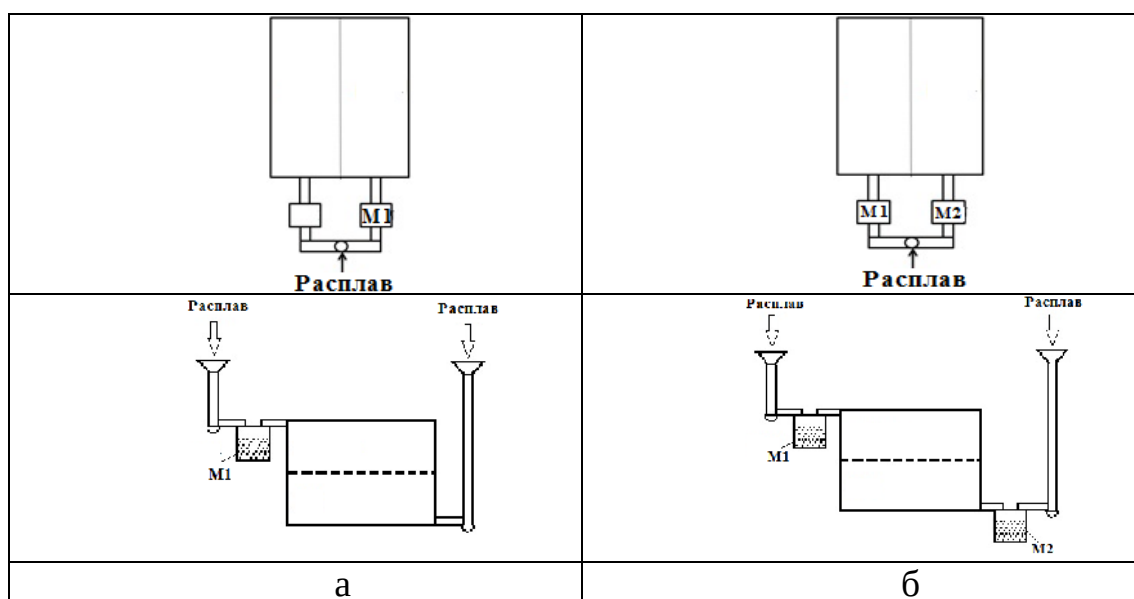
Успешно решить данную задачу возможно за счет изготовления литых деталей с дифференцированными структурой и свойствами (биметаллических, армированных, комбинированных, поверхностно или объемно локально легированных, прошедших поверхностную термическую обработку и т.д.).

Необходимость установки двух плавильных агрегатов для выплавки разных сплавов, строгая синхронизация процессов выплавки и разливки этих сплавов, а также использование дополнительного оборудования являются существенными недостатками технологических процессов получения отливок с дифференцированной структурой и свойствами, используемых в литейном производстве.

В данной работе предложены новые ресурсосберегающие технологии получения литых деталей с дифференцированной структурой и свойствами из одного исходного расплава, устраняющие перечисленные недостатки. К ним относятся:

- заливка исходного жидкого сплава в полость литейной формы, на стенки которой предварительно наносилась краска с мелкодисперсными модифицирующими или легирующими компонентами (добавками);

- заливка исходного расплава, выплавленного в одном плавильном агрегате в литейную форму через каналы литниковой системы, разделяющей расплав на два потока, один из которых подвергается внутриформенной обработке (модифицированию, легированию и т. п.) в реакционной камере литниковой системы специальной добавкой (присадкой), после чего заполняет одну часть полости формы, в то время, как второй поток заполняет другую часть полости формы, без внутриформенной обработки (рис.3, а). Возможно также дифференцированное модифицирование (легирование) обоих потоков заливаемого расплава исходного чугуна разными по функциональному назначению и воздействию на расплав добавками в двух реакционных камерах, входящих в состав каналов общей литниковой системы или отдельных литниковых систем (рис.3, б).



M1, M2 – реакционная камера с модификаторами (легирующими добавками) разного химического состава

Рисунок 3 – Технологические схемы получения литых деталей с дифференцированной структурой и свойствами из одного исходного жидкого сплава

Обработка расплава внутри литейной формы модифицирующими или легирующими добавками приводит к изменению структуры и свойств металла в полости формы по сравнению с исходным заливаемым расплавом, что позволяет получить дифференцированные свойства в отдельных зонах или частях литой детали.

Реализация предложенных и разработанных технологических процессов была подтверждена многочисленными исследованиями с использованием методов физического и имитационного (компьютерного) моделирования, а также натурными экспериментами при изготовлении опытных и производственных отливок – «Пресс-форма для кевларовой каски» из алюминиевого сплава АК7 и высокопрочного чугуна, отливки «Нож» из высокопрочного чугуна и двухслойной отливки «Бронеплита» толщиной 10 мм с сочетанием слоев твердый износостойкий чугун и вязкий высокопрочный чугун.

В результате исследований и отработки технологий выявлены закономерности влияния температурно-скоростных режимов заливки расплава и конструктивно-технологических приемов для предотвращения гидродинамического перемешивания жидких сплавов заполняющих полость литейной формы.

Предложенные технологии защищены патентами Украины [1-5] и позволяют значительно упростить процесс изготовления отливок с дифференцированными свойствами, сократить расход дефицитных и дорогостоящих легирующих элементов, снизить себестоимость литья, а также исключают необходимость установки в литейном цехе дополнительного оборудования.

Разработчики ожидают, что новые технологии дифференциации структуры и свойств в локальных зонах или слоях детали перспективны к внедрению на промышленных предприятиях, для изготовления отливок, работающих в условиях повышенного износа и других нагрузок.

Литература

1. Патент №27681 U 2007 07328, B22D27/00. Спосіб виготовлення виливків з диференційованими властивостями / Фесенко М.А., Косячков В.О. Фесенко А.М. – Заявл. 02.07.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл.№18, 2007.
2. Патент № 32662 U 2008 00343, B22 D27/00. Спосіб виготовлення виливків з диференційованими структурою і властивостями // Фесенко А. М., Фесенко М. А., Косячков В. О. Заявл. 10.01.2008, опубл. 26.05.2008. Бюл. № 10, 2008 р.
3. Патент № 41383 U 2008 11908, B22 D27/00. Спосіб виготовлення виливків з диференційованими структурою і властивостями // Фесенко А. М., Фесенко М. А., Косячков В. О., Ємельяненко К. В. Заявл. 07.10.2008, опубл. 25.05.2009. Бюл. № 10, 2009 р.
4. Патент № 42477 U 2009 00188, B22D 27/00. Спосіб виготовлення виливків з диференційованими структурою і властивостями // Фесенко А. М.,

Фесенко М. А., Косячков В. О., Ємельяненко К. В. Заявл. 12.01.2009, опубл. 10.07.2009. Бюл. № 13, 2009 р.

5. Патент № 42795 U 2009 00009, B22D 27/00. Спосіб виготовлення виливків з диференційованими структурою і властивостями // Фесенко М. А., Фесенко А. М., Косячков В. О., Ємельяненко К. В. Заявл. 05.01.2009, опубл. 27.07.2009. Бюл. № 14, 2009 р.

Баев С.А., Самарай В. П., Фесенко М.А., Ямшинский М.М., Гнатуш В. А., Платонов Е.А.

ПрАТ “Вішнівський ливарно-ковальський завод”;

Національний технічний університет України «КПІ»

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАЛИ ДЛЯ БРОНЕЖИЛЕТОВ И СТАЛЬНЫХ БРОНЕПЛИТ

На сегодняшний день очень актуальны вопросы и задачи изготовления отечественных броневых сталей для бронежилетов и броневых листов для защиты военной техники и защитных сооружений. Для того чтобы начать их производить в Украине необходимо было проанализировать современные достижения мировых производителей, обобщить данные анализа, предложить свои способы подготовки и плавки шихты, а также предложить способы изготовления броневых сталей методами литья, что намного сложнее, чем изготавливать броневые листы термомеханическими или прокатными способами.

В результате проведенной работы, анализа зарубежных бронесталей, многочисленных исследований и опытов, оптимизации на Пр.АТ “Вішнівський ливарно-ковальський завод” в производственных условиях литейного цеха внедрена новая плавно-литейная технология и изготовлены ЛИТЫМ СПОСОБОМ бронепластины (бронеплиты) толщиной 7,6 мм, весом 5,4 кг и размером 300*35 из броневой стали.

Изготовленные пластины были испытаны охотничьими, боевыми, бронебойными, кумулятивными пулями из автоматов АК с расстояния до 10 (десяти) метров. Пластины выдержали испытания от всех пуль, в том числе выдержали попадания кумулятивных пуль 7,62 мм с расстояния до 10 (десяти) метров, которые способны сбоку пробивать корпус БТР и БМП насквозь. В результате попаданий кумулятивных пуль целостных разрушений пластин не выявлено. Произошло локальное точечное расплавление поверхностного слоя брони не глубже, чем на 1 мм.

На заводе испытаны бронестали с различными свойствами твердости, прочности и вязкости. В настоящий момент свойства бронепластин оптимизируются. В производство запущена рабочая партия бронепластин для заказчиков. Изготовленные образцы бронепластин и результаты испытаний будут представлены на выставке.

Монахов Є.А., Чумак В.В., Пономарьов О.І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИЙ СИНХРОННИЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ СИСТЕМ АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ АРМІЙСЬКИХ УКРІПЛЕНИХ ПУНКТИВ

Збройні сили України потребують систем, що можуть забезпечити безперебійне живлення критичних потреб підрозділів, що функціонують в умовах наближених до бойових, та під час проведення бойових операцій. Ці системи можуть використовувати в якості джерела механічної енергії двигун як зовнішнього, так і внутрішнього згорання, силу падаючої води або енергію вітру.

Головні вимоги до них [1,2] :

- низькі габаритні розміри та вага;
- висока безвідмовність роботи;
- висока стійкість до зовнішніх впливів (вода, вітер, пил, перепади температур та повітряного тиску, удари та вібрації тощо);
- легкість в експлуатації та можливість ремонту у похідно - польових умовах;
- легкість при зчленуванні з джерелом механічної енергії;
- стабільність вихідної напруги в потрібному діапазоні навантажень.

Всім цим вимогам відповідають магнітоелектричні генератори зі збудженням від постійних магнітів та системою стабілізації вихідної напруги методом магнітного шунтування [3], котрі мають наступні переваги в порівнянні з генераторами з традиційним електромагнітним збудженням:

- відсутність витрат на збудження, кілець, щіток і проблем з ними пов'язаних (іскріння та дуговий вогонь);
- можливість виконання як фланцевого, так і на лапах, дозволяє здійснювати під'єднання джерела механічної енергії незалежно від розміщення його осі обертання;
- простота конструкції дає можливість використовувати у якості основи статор від серійного асинхронного електродвигуна відповідної потужності.

На рисунку 1 представлена принципова схема системи збудження магнітоелектричного генератора.

Вона складається зі постійних рідкоземельних магнітів 1 (NdFeB, SmCo₅ та інші), полюсних наконечників 2, ярмо ротора 3, на якому закріплені ці магніти та торцевих 4б або аксіальних 4а магнітних шунтів. При цьому стабілізація вихідної напруги проходить завдяки зміні магнітного опору шунта. При низькому магнітному опорі шунта частина магнітного потоку відтягується від головного потоку у шунт, а при його збільшенні повертається у головний потік, підвищуючи тим самим вихідну напругу.

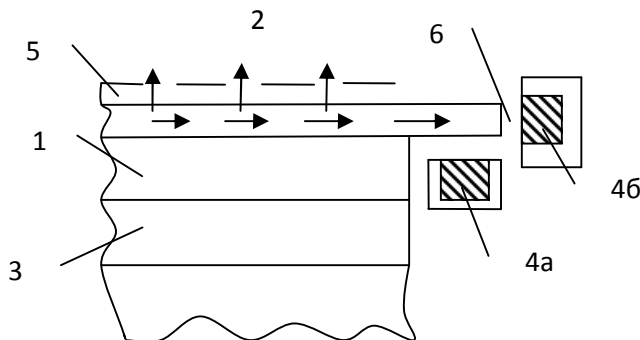


Рис. 1 Принципова схема системи збудження

1- магніти, 2 - полюсні наконечники, 3- ядро (тіло) ротора,
4а – аксіальний та 4б- торцевий магнітні шунти, 5- робочий
зазор, 6 – зазор магнітного шунта

В даній конструкції усі компоненти системи регулювання кріпляться до нерухомих частин генератора, забезпечуючи цим відсутність рухомих контактів. Для забезпечення захисту від дій зовнішнього середовища використовуються декілька відомих технічних рішень:

1) Обмотка статора та шунтова обмотка для запобігання потраплянню вологи та зв'язаних з нею агресивних речовин, заповнюються компаундом;

2) З метою захисту від агресивного навколишнього середовища (тиск, волога та інші агресивні компоненти середовища), коробка виводів та самі виводи обмотки статора та шунта забезпечуються сальниками та гумовими прокладками.

3) Ротор з постійними магнітами та підшипниками, що кріпляться на валу, захищено від зовнішнього середовища за допомогою сальників, а магніти додатково захищені компаундом. Конструкція ротора магнітоелектричного генератора з аксіальним шунтуванням представлена на рисунку 2.

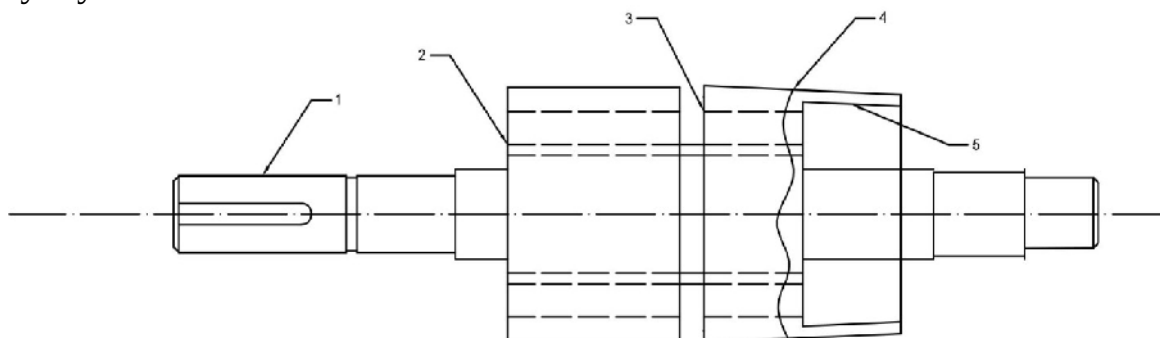


Рис. 2 – Конструкція ротора магнітоелектричного генератора з аксіальним шунтуванням

1 – вал, 2 – паз для головних робочих магнітів, 3 – місце для магнітів системи стабілізації вихідної напруги , 4- полюсний наконечник, 5- паз для розташування аксіального магнітного шунта

Був виготовлений дослідний зразок магнітоелектричного синхронного генератора з аксіальним магнітним шунтуванням на базі серійного двигуна АИР100L4. Він пройшов попередні лабораторні іспити на базі кафедри електромеханіки НТУУ «КПІ». Генератор був спроектований з використанням постійних магнітів NdFeB, але для більшої термічної стабільності (для температур більше ніж 80°C) були проведені попередні розрахунки при використанні в якості робочих магнітів – магніти типу SmCo_5 , що мають кращі температурні властивості ніж магніти NdFeB. При проведенні дослідів, з метою зниження впливу насичення робочої індукції магнітної системи, в ротор були вставлені лише магніти системи стабілізації. В таблиці наведені результати дослідження режиму холостого ходу генератора зі збудженням від постійних для різних струмів підмагнічування аксіального магнітного шунта при номінальній частоті обертання.

Таблиця

$I_{\text{ш}}, \text{A}$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0
$U_{\text{Гф}}, \text{В}$	35,6	35,8	36,0	36,1	36,2	36,5	36,9	36,9	37,4

На рисунку 3 зображена характеристика регулювання генератора у режимі холостого ходу. На рисунках 4, 5, 6 представлені відповідно стенд для дослідження режимів роботи дослідного генератора, ротор та аксіальний шунт.

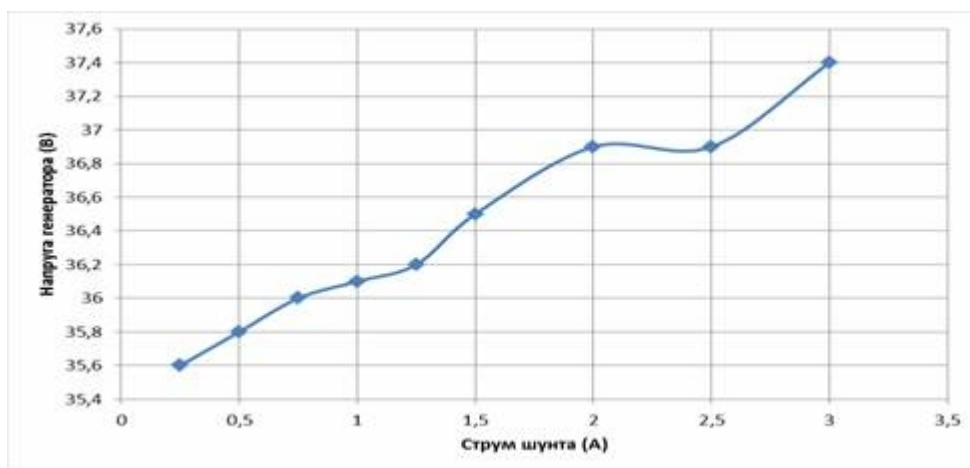


Рис. 3 Регулювальна характеристика магнітоелектричного генератора в режимі холостого ходу

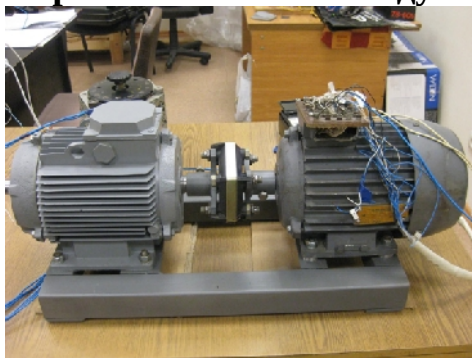


Рис. 4 Стенд для досліджень магнітоелектричного генератора



**Рис. 5 Ротор
магнітоелектричного генератора**



Рис. 6 Аксіальний шунт

Висновок. Магнітоелектричний генератор є простою, легкою у виробництві машиною, що має досить значні енергетичні показники, високу надійність, легкість при приєднанні до джерел механічної енергії генеруючої установки. Генератор може бути виконаним, як для низькообертових, так і для швидкісних енергетичних установок. Використана конструкція аксіального магнітного шунта дозволяє підтримувати зовнішню характеристику у всьому діапазоні навантаження. Все вищезгадане дає підстави для подальших випробувань та розробки систем автономного живлення на базі магнітоелектричних генераторів зі статорами від серійної асинхронної машини з магнітним керованим шунтом.

Література:

1. Jacek F. Gieras Rong-Jie Wang Maarten J. Kamper “Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines” Second Edition Springer 2008 ISBN 978-1-4020-6993-2
2. Балагуров В.А., Галтеев Ф.Ф. Электрические генераторы с постоянными магнитами – М.: «Энергоатомиздат». – 1988. – 280 с.
3. Патент на корисну модель №91614 – Синхронний генератор з постійними магнітами. Бюл. №13, 10.07.2014