

УДК 004.92/004.94

Валерій БОНДАРЕНКО

bondarenkoval@ukr.net

Богдан ГУНЬКО

gunko_bogdan_m_kt-14-1-03@mail.ru

м. Дніпро

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВІРТУАЛЬНИХ ПРИСКОРЕНИХ МЕХАНІЧНИХ РЕСУРСНИХ ВИПРОБУВАНЬ КОНСТРУКЦІЙ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У теперішній час, час масового виробництва, гостро постає питання випробувань технічних об'єктів на стадіях проектування та виробництва, а саме випробування радіоелектронних засобів. Висока коштовність не робить натурні випробування привабливими, відповідно постає потреба в створенні повної системи віртуальних комп'ютерних випробувань, адже радіоелектронні засоби відіграють велику роль в різних галузях науки і техніки, а їх відмови здатні вивести з ладу досить серйозні системи. У статті наведені матеріали з розробки автоматизованої підсистеми віртуальних прискорених механічних ресурсних випробувань РЕЗ на базі САПР АСОНІКА.

Ключові слова: проектування, радіоелектронний засіб (РЕЗ), геометричне моделювання, механічні зовнішні чинники впливу, випробування, віртуальні випробування, віртуальні механічні випробування, прискорені випробування, прискорені ресурсні випробування, автоматизована система.

Постановка проблеми

Віртуальні випробування об'єктів під час проектної діяльності та виробництва стають все більш актуальними, та починають повільно витісняти натурні випробування. Відповідно до цього, багато уваги приділяється створенню та можливому впровадженню наукових доробків, що безпосередньо пов'язані з розробленням повних систем віртуальних випробувань або їх складових частин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основні задачі та методи вирішення забезпечення надійності РЕЗ військової техніки на сучасному етапі розробки та виробництва досліджував В.І. Азаренков [1]. Автор визначив основні причини, що істотно впливають на надійність РЕЗ. Було визначено, що сумарний вплив температури та теплового удару являється основним фактором, що приводить до відмов РЕЗ як під час випробувань, так і під час експлуатації. Далі продовжують цей список такі фактори як: механічні навантаження (вібрації), електричні навантаження, волога. Відповідно для того, щоб якомога більше

мінімізувати дані фактори ще на етапі проектування, дослідник пропонує використувати CALS-технології, що полягає у використанні комп'ютерних технологій на всіх стадіях життєвого циклу РЕЗ.

Питання тривкості типових виробів літальної та космічної техніки досліджував М.В. Богомолів [3]. Автор запровадив новий підхід до досліджень тривкості типових виробів, що названий «віртуальними випробуваннями виробів». Відповідно було розроблено перехід від класичних вирішень розрахункових схем конструкцій в лінійній постановці до моделювання самого процесу навантаження з часом з урахуванням нелінійних ефектів. В результаті його дослідження було визначено застосовуваність програмного кінцево-елементного комплексу SolidWorks/CosmosWorks для вирішення питань тривкості типових виробів, виготовлених на підприємствах, а також створено новий підхід під назвою «віртуальні випробування».

Причини відмов радіоелектронних засобів (РЕЗ) досліджували А.А. Андрусевич, Н.Г. Стародубцев, В.В. Невлюдова [2]. Механічні впливи викликають від 30 до 50% відмов РЕЗ, так як механічна міцність являється важливою складовою час-

тиною надійності функціонування РЕЗ. Дані відмови найчастіше виявляються на завершальних етапах розробки, що сильно впливають на подальшу оптимізацію конструкцій, а також на великі затрати часу та коштів. Розроблена методика моделювання механічних процесів в конструкціях РЕЗ, що дозволяють передавати механічні впливи на всі рівні ієрархії конструкції РЕЗ. Була розроблена та реалізована структура автоматизованої підсистеми синтезу та аналізу конструкцій РЕЗ під час механічних впливів, що побудована на основі спеціалізованої програми АСОНІКА-ТМ, яка дозволяє конструктору виконувати складні математичні розрахунки без спеціалізованих знань. Також були розроблені алгоритми автоматизованого синтезу кінцево-елементних моделей конструкцій РЕЗ, що дозволяють оперативно здійснювати їх введення та редагування.

Механічні впливи на конструкції і в цілому на всю РЕЗ широко досліджував А.С. Шалумов [5]. Переважна більшість відмов РЕЗ виникає через вихід за межі механічних впливів, що встановлені нормативно-технічною документацією (НТД), механічних характеристик конструкції РЕЗ – прискорення, переміщення, напруження, що призводять до порушення міцності та стійкості роботи апаратури. З огляду на складність конструкцій РЕЗ отримання оцінки надійності можливо лише при наявності засобів автоматизованого переходу від реальних конструкцій до макромоделей, що потребує отримання макромоделей механічних процесів в типових конструкціях РЕЗ. Відповідно була розроблена автоінтерактивна система проектування конструкцій РЕЗ з урахуванням механічних впливів, а також вимоги до алгоритмів цієї системи.

Засновники автоматизованої системи забезпечення надійності та якості апаратури (АСОНІКА) А.С. Шалумов та Ю.Н. Кофанов зі співавторами Н.В. Малютіним та О.Ю. Мартиновим в своїй статті [4] проголосили про впровадження віртуальних випробувань апаратури на тривкість до впливів

ЗЧВ. На різних стадіях проектування апаратури проводять натурні випробування. Їх проводять при одночасному впливі одного, двох, і дуже рідко, трьох дестабілізуючих факторів. Так як на РЕЗ дані фактори впливають не поодиноці, а комплексно, то натурні випробування не можуть гарантувати отримання повної інформації для проектування високонадійного РЕЗ. Відповідно пропонується використання системи автоматизованого проектування (САПР) АСОНІКА, що дозволяє змоделювати вплив фізичних процесів (механічних, теплових, електричних, тощо) на виріб РЕЗ, у тому числі за їхньої комплексної дії. Дана система реалізує: створення електронного макету приладу (електронного паспорту); виконання віртуальних випробувань електронного макету для визначення його тривкості до впливів дестабілізуючих механічних та теплових факторів, що включає комплексну дію; проведення віртуальних типових випробувань, замість натурних, з урахуванням даних, що накопичуються в електронному паспорті.

Постановка завдання

Метою цієї роботи є проведення аналізу нормативних документів, деяких статей, що пов'язані з сутністю та визначенням прискорених ресурсних випробувань РЕЗ, та створення автоматизованої підсистеми віртуальних ресурсних випробувань конструкцій РЕЗ на основі автоматизованої системи надійності і якості апаратури (АСОНІКА) та її підсистем, зокрема АСОНІКА-М, АСОНІКА-Т, АСОНІКА-М-ШКАФ, АСОНІКА-ТМ.

Виклад основного матеріалу

Так як розробка і випуск нових виробів електронної промисловості необхідно виконувати в доволі обмежені терміни, то однією з проблем являється забезпечення та управління якістю розроблюваного виробу. При створенні нових зразків високотехнологічних виробів особливу увагу приділяють надійності продукту та оцінці правильності вибору конструкційних та технологічних рішень.

Відповідно для визначення значень надійності потрібно застосовувати випробування. Зазвичай використовують натурні випробування, що являються витратними та займають надзвичайно багато часу. Та якщо взяти ресурсні випробування, то відбудеться суттєве збільшення грошових витрат та найголовніше – часу на проведення випробувань.

Відповідно для визначення надійності виробу буде використовуватися одна з характеристик – довговічність. Дослідження виробу на довговічність прийнято називати ресурсними. Значення цих випробувань дуже важливо, так як від ресурсів елементів виробу безпосередньо залежить його довговічність, а опосередковано – безвідмовність, основні показники ремонтпридатності.

Так як найбільш об'єктивний результат про довговічність деталей конструкції РЕЗ можна зробити лише після проведення «випробувань в умовах експлуатації», а цей процес може тривати доволі тривалий час (роки, навіть десятки років), пропонується використовувати прискорені ресурсні випробування, метою яких являється прискорення визначення оцінки надійності за рахунок інтенсифікації деградуючих процесів, що приводять до відмов в розширеному діапазоні рівнів впливу зовнішніх чинників впливу відносно нормальних умов експлуатації, а також зміни швидкості впливу навантажень та комплексних впливів ЗЧВ.

Однак прискорені ресурсні випробування все ще не зменшують витрат часу та не впливають на надійність виробу, який пройшов випробування. Тому останнім часом все більшої зацікавленості викликають прискорені стресові випробування, мета яких – стимуляція швидшого виявлення потенціальних дефектів та їх усунення. Поряд з даними випробуваннями використовують граничні прискорені ресурсні випробування, які представляють собою сукупність стресових впливів, таких як гранична температура та ударна гранична вібрація. Дані випробування мають за мету стимулювати втомність матеріалів, які в свою чергу викликають пошкодження.

Наступним кроком являється використання автоматизованих комп'ютерних систем, так як проведення прискорених випробувань в якості натурних призведе до несуттєвого зменшення затраченого часу. Відповідно була обрана автоматизована система забезпечення надійності та якості апаратури АСОНІКА.

АСОНІКА призначена для комп'ютерного моделювання електронної апаратури (ЕА) з метою аналізу та забезпечення її тривкості до комплексних механічних, теплових, електромагнітних дій, створення карт робочих режимів електро-радіовиробів (ЕРВ), аналізу показників надійності з урахуванням реальних режимів роботи ЕРВ й автоматизації документообігу за проектування електронної апаратури.

Система дозволяє замінити випробування РЕЗ комп'ютерним моделюванням. Моделювання при проектуванні електронної апаратури дозволяє проаналізувати механічні, теплові, електромагнітні та інші впливи ще до її виготовлення, що значно заощадить грошовий ресурс, зменшить терміни створення при одночасному збільшенні надійності та якості апаратури за рахунок скорочення кількості випробувань.

Щодо віртуальних механічних випробувань конструкцій РЕЗ обов'язково повинні бути залучені наступні готові підсистеми даної САПР, а саме: АСОНІКА-М, АСОНІКА-М-ШКАФ, АСОНІКА-М-3D, АСОНІКА-В, АСОНІКА-ТМ, АСОНІКА-УСТ. Відповідно вони мають включатися, в певній послідовності, в створювану автоматизовану підсистему віртуальних механічних ресурсних випробувань АСОНІКА-ВВМР (Випробувань Віртуальних Механічних Ресурсних).

Втомні руйнування представляють собою складний фізичний процес, що дуже важко піддається точному опису на мікроскопічному рівні, який включає стадії зародження мікротріщин та їх подальшого розвитку. Багато теорій, методів та гіпотез було запропоновано для аналізу втомності для різних типів навантажень. Та більшість з них все ще недостатньо

перевірені часом та досвідом, відповідно їх використовувати в даний час не рекомендується. Та все ж є два основні підходи (або моделі), які мають бути використані в розрахун-

ковому модулі створюваної підсистеми (рис. 1), що багаторазово перевірені експериментальними дослідженнями, для оцінки часу до втомлюваного руйнування:

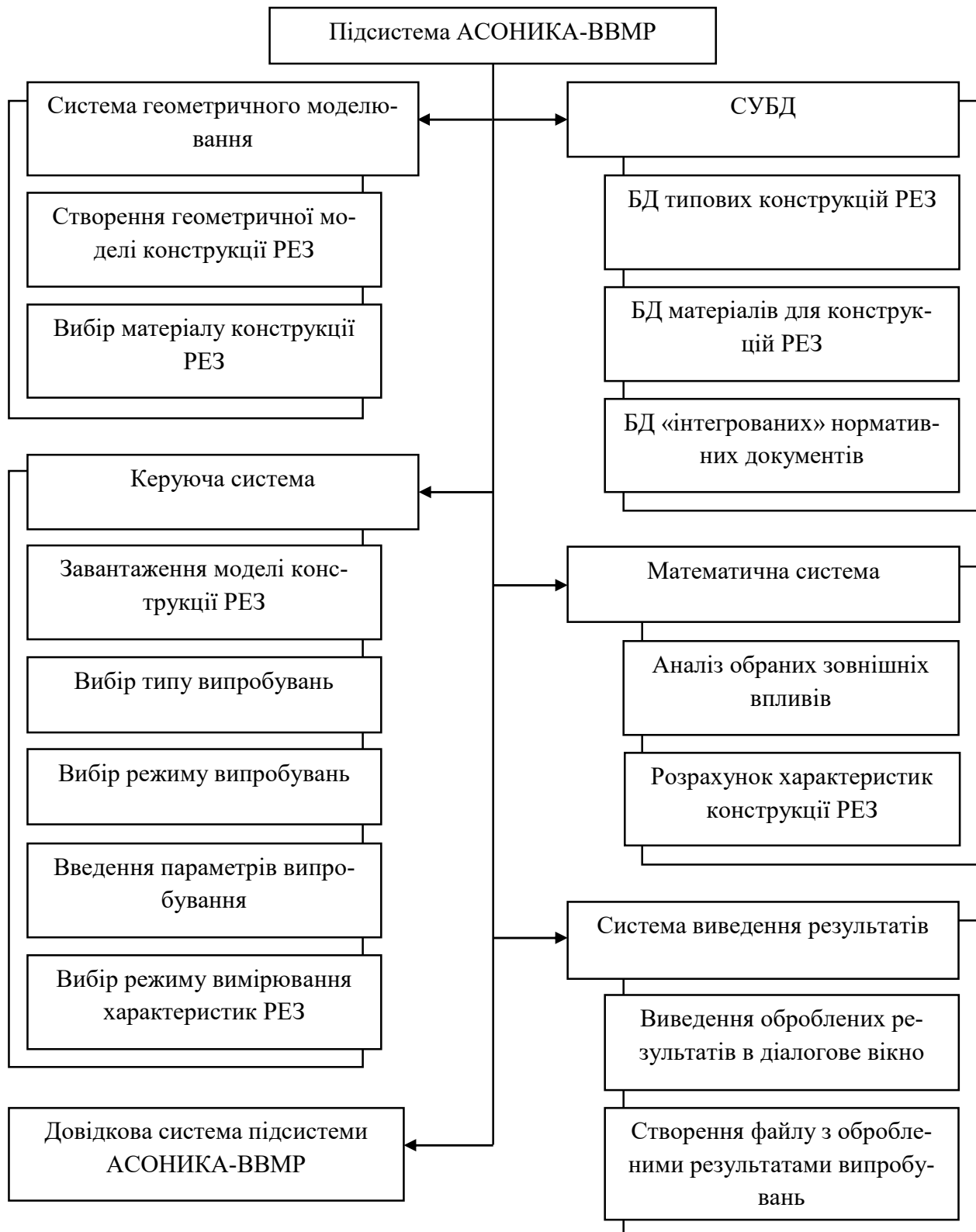


Рис. 1. Структурна схема підсистеми АСОНИКА-ВВМР

- підхід, що заснований на напруженнях;
- підхід, що заснований на деформаціях.

Перший підхід пропонує наявність доволі невеликих навантажень (напружень) та великого числа циклів. Дану модель також називають багатоцикловою втомлюваністю.

Другий підхід пропонує наявність доволі високих навантажень (напружень чи деформацій) та порівняно невеликого числа циклів. Дану модель також називають малоциклічною втомлюваністю.

Прискорені стресові випробування використовуються для виробів, які піддаються одному або більше впливів зовнішнього середовища. До таких впливів відносяться термоциклування, вібрація, термоудар, вологість та інші. Параметри впливу – тип, швидкість зміни, пікові значення – повинні бути встановлені для кожного виробу.

Внутрішня будова підсистеми АСОНИКА-ВВМР складається з наступних частин: системи геометричного моделювання, керуючої системи, СУБД, математичної системи, системи виведення результатів, довідкової системи (рис.1).

Система геометричного моделювання буде використовуватися для створення геометричних моделей конструкцій РЕЗ та міститиме в собі повноцінне середовище геометричного моделювання.

Керуюча система буде використовуватися для того, щоб користувач даної підсистеми АСОНИКА міг завантажити створену ним модель РЕЗ або імпортувати вже готову модель з БД типових конструкцій для проведення випробувань; вибрати тип випробування (механічні ресурсні, теплові механічні ресурсні та інші комбінації випробувань); режим випробування (прискорені, граничні прискорені, тощо); ввести параметри випробування та вибрати режим вимірювання характеристик РЕЗ.

Математична модель являється одним з головних частин розроблюваної підсистеми, адже саме вона буде розраховувати та аналізувати характеристики конструкцій РЕЗ при впливах на неї зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Одна із частин БД «інтегрованих» нормативних документів включатиме в себе

повну базу нормативних документів, що встановлюють норми випробувальних режимів і методи випробувань апаратури, приладів, пристроїв та обладнання військового призначення на відповідність вимогам тривкості до впливів зовнішніх факторів: ГОСТ РВ 20.57.305-98 КСКК. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие механических факторов; ГОСТ 28206-89 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов; ГОСТ РВ 20.39.309-98 КСОТТ. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования; ГОСТ РВ 20.39.304-98 КСОТТ. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования по стойкости к внешним воздействующим факторам; ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

Система виведення результатів дозволить вивести результати у вигляді діалогового вікна, в якому розміщуватиметься інформація про кожний складник випробування окремо та комплексне виведення інформації, якщо проводилося випробування з двома і більше чинниками впливу. Також дається можливість зберегти отримані результати в файл з розширенням .res.

Довідкова система підсистеми матиме докладні інформаційні інструкції, що дозволять з підвищеною ефективністю використовувати розроблювану підсистему АСОНИКА-ВВМР.

Висновки і перспективи досліджень

1. Віднайдена та проаналізована документація, що врегулює методи випробувань військового обладнання на різні типи зовнішніх впливів.

2. Запропоновано введення до складу АСОНИКА автоматизованої підсистеми – АСОНИКА-ВВМР, за допомогою якої реалізується комп'ютерне моделювання сис-

теми віртуальних механічних ресурсних випробувань РЕЗ.

Перспективи подальших досліджень.

1. Вдосконалення внутрішньої структури автоматизованої підсистеми АСО-

НИКА-ВВМР у напрямку підвищення рівня автоматизації.

2. Доповнення даної підсистеми для створення повної віртуальної системи випробувань РЕЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азаренков, В.И. К вопросу обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры средств вооружения и военной техники [Текст] / В.И. Азаренков // Системы озброєння і військова техніка: науковий журнал. – 2016. – №1(45). – С. 133-139.
2. Андрусевич, А.А. Методика моделирования механических процессов в конструкциях РЭС на основе конечно-элементных моделей [Текст] / А.А. Андрусевич, Н.Г. Стародубцев, В.В. Невлюдова // Технологии приборостроения. – 2014 – №1. – С. 35-38.
3. Богомолов, М.В. Виртуальные испытания изделий [Электронный ресурс] / М.В. Богомолов // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2010 - №38. – С.1–7.
4. Малютин, Н.В. Аппаратно-программный комплекс автоматизированного проектирования, обеспечения виртуализации испытаний и стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов при эксплуатации РЭА [Текст] / Н.В. Малютин, О.Ю. Мартынов, А.С.Шалумов, Ю.Н. Кофанов // Успехи современной радиоэлектроники. – М.: Изд. Радиотехника, 2011 – №1. – С. 7-11.

Valerii BONDARENKO, Bohdan GUNKO
Dnipro

AUTOMATED SYSTEM OF VIRTUAL MECHANICAL RESOURCE TESTS OF RES ON THE BASIS OF GEOMETRIC COMPUTER MODELING

At the present time, the time of mass production, there is a serious issue of testing technical objects at the design and production stages, namely the testing of radio electronic. The high jewel does not make the actual tests attractive, therefore there is a need to create a complete system of virtual computer tests, because radio electronic means play a big role in various fields of science and technology, and their failures can disable quite serious systems. The article contains materials for the development of an automated subsystem of virtual mechanical resource tests of RES on the basis of ASONIKA CAD.

Keywords: design, radio electronic means (REMs), geometric modeling, mechanical external factors of influence, tests, virtual tests, virtual mechanical tests, accelerated tests, accelerated resource tests, automated system.

Валерій БОНДАРЕНКО, Богдан ГУНЬКО
Дніпро

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ УСКОРЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИЙ РЭС СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящее время, время массового производства, остро встает вопрос испытаний технических объектов на стадиях проектирования и производства, а именно испытания радиоэлектронных средств. Высокая стоимость не делает натурные испытания привлекательными, соответственно возникает потребность в создании полной системы виртуальных компьютерных испытаний, ведь радиоэлектронные средства играют большую роль в различных областях науки и техники, а их отказы способны вывести из строя достаточно серьезные системы. В статье приведены материалы для разработки автоматизированной подсистемы виртуальных механических ресурсных испытаний РЭС на базе САПР АСОНИКА.

Ключевые слова: проектирование, радиоэлектронное средство (РЭС), геометрическое моделирование, механические внешние факторы влияния, испытания, виртуальные испытания, виртуальные механические испытания, ускоренные испытания, ускоренные ресурсные испытания, автоматизированная система.

Стаття надійшла до редколегії 19.03.2018