

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**



**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**

Випуск 1(1)2012

ВІД ЯКОСТІ ОСВІТИ ДО ЯКОСТІ ЖИТТЯ!

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ



*Одеська державна академія
технічного регулювання та якості*

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**

Випуск 1(1)2012

ОДЕСА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

Випуск 1(1)2012

Заснований у 2012 р.

Засновник: Одеська державна академія технічного регулювання та якості

65020, м. Одеса вул. Ковальська, 15

Телефон: (048)726-68-92, факс: (048)726-76-95

E-mail: odivt@mail.ru

Сайт: www.kachestvo.od.ua

Редакційна колегія

Голова редакційної колегії

Коломієць Леонід Володимирович (д.т.н., професор)

Заступник голови редакційної колегії

Братченко Геннадій Дмитрович (д.т.н., с.н.с.)

Андрієнко Микола Миколайович (к.т.н., доцент)

Боряк Костянтин Федорович (д.т.н.)

Величко Олег Миколайович (д.т.н., професор)

Волков Сергій Леонідович (к.т.н.)

Гордієнко Тетяна Богданівна (к.т.н., с.н.с.)

Дяченко Олександр Феодосійович (к.т.н., с.н.с.)

Задорожний Андрій Віталійович (к.т.н., доцент)

Зборовська Ірина Адамівна (к.т.н., доцент)

Квасніков Володимир Павлович (д.т.н. професор)

Клещов Геннадій Михайлович (к.т.н., доцент)

Корсун Валерій Іванович (д.т.н., професор)

Кучерук Володимир Юрійович (д.т.н., професор)

Левін Сергій Федорович (д.т.н., професор)

Мілованов Валерій Іванович (д.т.н., професор)

Новіков Володимир Миколайович (д.ф.-м.н. професор)

Петришин Ігор Степанович (д.т.н., професор)

Скачков Валерій Вікторович. (д.т.н., доцент)

Відповідальний секретар

Лещенко Олег Іванович (к.т.н.)

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей
відповідальність несе автор.

Затверджений до друку Вченою Радою Одеської державної академії
технічного регулювання і якості (протокол № 4 від 22 листопада 2012 р.)

Свідцтво про державну реєстрацію КВ № 18770-7570Р від 30.01.2012 р.

ЗМІСТ

Коломієць Л.В., д.т.н., Бердієв Б.Ч. ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ: ШЛЯХИ СТАНОВЛЕННЯ	5
Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості	
Гордієнко Т.Б., к.т.н., Коломієць Л.В., д.т.н., Величко О.М., д.т.н. ДІЯЛЬНІСТЬ ТЕХНІЧНИХ КОМІТЕТІВ ЗІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ У СФЕРІ МЕТРОЛОГІЇ.....	11
Грабовський О.В., Наконечна Т.І., Волков С.Л., к.т.н. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА ЖИТТЄВІ ЦИКЛИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	17
Коломієць Л.В., д.т.н., Клещов Г.М., к.т.н. СТАНДАРТИЗАЦІЯ, УНІФІКАЦІЯ І КОНТРОЛЬ У ВИРОБНИЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕГРОВАНОЇ АДАПТИВНОЇ НАСКРІЗНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНООБРОБКИ ІШТАМПІВ.....	24
Царьова Н.С., Задорожний А.В., к.т.н. СТАН БЕЗПЕКИ ДИТЯЧИХ ІГРАШОК В УКРАЇНІ	30
Чепкій В.В., к.т.н., Скачков В.В., д.т.н., Братченко Г.Д., д.т.н., Волков С.Л., к.т.н. МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ З ПОЗИЦІЇ СИНЕРГІТИЧНОГО ПІДХОДУ.....	32
Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення	
Глухова Н.В., к.т.н., Корсун В.І., д.т.н., Пісоцька Л.А., д.мед.н. ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДОЛОГІЇ ФЛІККЕР- ШУМОВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ.....	41
Дем'янчук Б.О., д.т.н. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПАРАМЕТРІВ ФЕРИТОВИХ КОМПОЗИТІВ.....	47
Дербаба В.А., Корсун В.І., д.т.н., Пацера С.Т., к.т.н. АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЙНОГО СТОХАСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ТОВЩИНИ ЕВОЛВЕНТНОГО ЗУБЦЯ ТА ПОХИБКИ ЇЇ ВИМІРЮВАННЯ.....	54
Жердев М.К., д.т.н., проф., Жиров Г.Б., к.т.н., с.н.с., Глухов С.І., к.т.н., Шкуліпа П.А., к.т.н. РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНЗИСТОРА ДЛЯ РЕЖИМУ ВІДСІЧКИ ПРИ ВИКОРИСТАНІ ЕНЕРГОДИНАМІЧНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ.....	61
Ленков С.В., д.т.н., проф., Цицарев В.М., к.т.н., доц., Гунченко Ю.О. к.т.н., Боряк К.Ф., д.т.н., Кольцов Р.Ю. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ІЄРАРХІЧНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СТРУКТУРИ.....	65
Манзарук М.О. НОВИЙ ПІДХІД ДО ВИПРОБУВАНЬ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСИТЕЛІВ КОЛИВАНЬ ЛОКОМОТИВІВ.....	71

Солодка В.І. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СІТКОВИХ МЕТОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАДАЧ ТРИАНГУЛЯЦІЇ.....	74
Інформаційно-вимірювальні системи і технології	
Беліков В.Т., к.т.н., Дяченко О.Ф., к.т.н., Лещенко О.І., к.т.н. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТИ ВІЙСЬКОВОЇ БРОНЬОВАНОЇ МАШИНИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО МОДУЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ.....	79
Даник Ю.Г., Яковлев М.Ю., д.т.н., Матала І.В. НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	84
Яковлев М.Ю., д.т.н., Матала І.В. ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ ЗАВДАНЬ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК	88
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	93
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	94

Л.В. Коломієць, д.т.н., Б.Ч. Бердєв

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ: ШЛЯХИ СТАНОВЛЕННЯ

Одеський технікум вимірювань... Одеське вище училище метрології та якості... Одеський коледж стандартизації, метрології та сертифікації... Одеський державний інститут вимірювальної техніки... І, нарешті, Одеська державна АКАДЕМІЯ технічного регулювання та якості...

Це той шлях, який пройшов навчальний заклад, починаючи з далекого 1945 року, який вже став історією.

Л.В. Коломиец, д.т.н., Б.Ч. Бердыев

ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И КАЧЕСТВА: ПУТИ СТАНОВЛЕНИЯ

Одесский техникум измерений... Одесское высшее училище метрологии и качества... Одесский колледж стандартизации, метрологии и сертификации... Одесский государственный институт измерительной техники... И, наконец, Одесская государственная АКАДЕМИЯ технического регулирования и качества...

Это тот путь, который прошел учебное заведение, начиная с далекого 1945 года, который уже стал историей.

L. Kolomiets, ScD, B. Berdiev

ODESSA STATE ACADEMY OF TECHNICAL REGULATION AND QUALITY: WAYS OF FORMATION

Odessa college of measurements... Odessa high college of metrology and quality... Odessa college of standardization, metrology and certification... Odessa state institute of measuring instruments... And finally, Odessa state ACADEMY of technical regulation and quality...

This is how the educational institution was forming since early 1945.

Життя навчального закладу розпочалося зі створення Одеського технікуму вимірювань, який був заснований в 1945 р. на підставі клопотання колегії Комітету з справ мір та вимірювальних приладів при Раді народних комісарів СРСР від 15 червня 1945 р. та Постанови Ради народних комісарів СРСР №13091 від 2 вересня 1945 р.

Це рішення було прийнято у зв'язку з потребою підготовки технічних кадрів, необхідних для роботи в місцевих органах метрологічних служб СРСР з різних видів вимірювань. Це був перший навчальний заклад, який почав підготовку спеціалістів з метрології у колишньому СРСР.



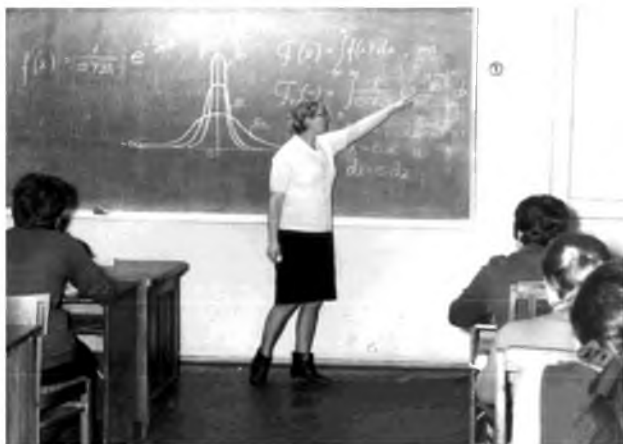
Навчальними планами передбачалося підготовка техніків з метрології за спеціальностями: механічні та електротеплотехнічні вимірювання.

В 1953 році було відкрите відділення «Радіотехнічні вимірювання» та на перший курс були зараховані 30 осіб.

У 1965 р. Одеський технікум вимірювань був переданий в систему Комітету стандартів, мірі вимірювальних приладів СРСР.

З 1967 року почався розвиток Одеського технікуму вимірювань, як базового навчального закладу Держстандарту СРСР. Він мав свої філії

та навчально-консультативні пункти в містах Москва, Ленінград, Свердловськ, Новосибірськ, Харків, Біла Церква, виконував функції базового навчального закладу та надавав методичну допомогу з питань метрології, стандартизації, контролю якості продукції.



Вперше у 1967 році відбувається зарахування 32 студентів в дві групи на спеціальність «Стандартизація загальних вузлів і деталей машин».

У 1977 році на базі філій Одеського технікуму вимірювань були створені Московський та Середньоуральський технікуми вимірювань.

У 1982 році був відкритий Білоцерківський НКП, який мав свою власну базу загальною площею 200 кв.м, що складався з 9 кабінетів і аудиторій. У зв'язку з переобладнанням кабінетів

і лабораторій частина лабораторних робіт проводилася на базі Білоцерківського ЦСМ. А у 1984 році була відкрита Білоцерківська філія Одеського технікуму вимірювань.

У 1982 році в Одеському технікумі вимірювань проводилися засідання Міжнародної Організації Законодавчої Метрології.

У 1990 році Одеський технікум вимірювань був перейменований в Одеське вище училище метрології та якості, а у 1993 році реорганізований в Одеський коледж стандартизації, метрології та сертифікації.



У 1997 році відповідно до постанови Кабінету міністрів України Одеський коледж стандартизації, метрології та сертифікації був переданий до сфери управління Міністерства освіти України.

У 2003 виходить перший номер Всеукраїнської газети лідерів якості «СтандартЪ», засновником якої став Одеський коледж стандартизації, метрології та сертифікації.

У вересні 2005 році в рамках підготовки до святкування 60-річного ювілею був створений музей історії навчального закладу, який цілеспрямовано збирає, зберігає, експонує ілюстративний - матеріал та експонати (найдавніші 1881 - 1901р.р.), які пов'язані з розвитком метрологічної служби в м. Одеса, зі створенням та розвитком навчального закладу та його філій.



Серед експонованих матеріалів є такі, що свідчать про випуск перших іноземних студентів, про створення першого туристського клубу; представлені перші студентські квитки, фотокартки, символічні подарунки іноземних студентів.

20 квітня 2007 року на підставі Рішення Кабінету Міністрів України N 211-р на базі Одеського коледжу стандартизації, метрології та сертифікації створено Одеський державний інститут вимірювальної техніки.

Це був нелегкий процес становлення. Це були роки створення колективу зі збереженням своїх традицій, формування наукових напрямів і

школ, підготовки кадрів вищої кваліфікації для сфер технічного регулювання та споживчої політики.

Колектив новоствореного інституту справився з важким завданням і вінцем цієї плідотної роботи стала реорганізація інституту відповідно до Розпорядження Кабінету Міністрів України № 57-р від 26 січня 2011 року в Одеську державну академію технічного регулювання та якості.

67 років – порівняно невеликий період в історії, але у біографії навчального закладу – це непрості роки служіння освіті і науці. Рік за роком складався потужний науковий,

інтелектуальний і творчий потенціал, яким з повним правом сьогодні може пишатися академія, формувалися традиції і досвід

підготовки висококласних фахівців, що нині дбайливо зберігаються і примножуються.



Ректор академії Л.В. Коломієць з першим випуском магістрів

Сьогодні Одеська державна академія технічного регулювання та якості - єдиний вищий навчальний заклад в Україні, який здійснює багатоступінчасту підготовку фахівців від молодшого спеціаліста до магістра у галузі знань «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології». В структурі академії: кафедри, факультети, Центр довузівської підготовки та післядипломної і міжнародної освіти, коледж в м. Одеса, філія в м. Біла Церква, Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики в м. Київ, Науково-дослідний інститут проблем стандартизації, сертифікації та експериментальної метрології в м. Одеса, Орган сертифікації продукції, Інститут заочного та дистанційного навчання.

На базі академії функціонують секретаріат технічного комітету стандартизації ТК 163 «Якість освітніх послуг», відділення Міжнародної академії стандартизації та Міжнародної академії інформаційних технологій; запроваджено систему управління якістю вищої освіти згідно з вимогами

ДСТУ ISO 9001-2009.

З перших днів заснування навчального закладу колектив постійно працює над підвищенням якості освіти, застосуванням сучасних технологій в організації навчального процесу, використанням позитивного інноваційного досвіду провідних закладів України та зарубіжжя, модернізацією матеріально-технічної бази. Безсумнівна роль і вагомий внесок у вихованні молодого покоління належить потужному професорсько-викладацькому складу, серед яких шановані професори та доктори наук, доценти та кандидати наук. В останні роки посилена увага приділяється науковій роботі, в тому числі й студентській. Як результат – два перших місця в рейтингу вищих навчальних закладів Одеського регіону за показниками «Науково-педагогічні кадри» і «Науково-дослідницька робота». Науковцями академії отримано багато патентів, публікується значна кількість монографій, підручників, навчальних посібників, наукові розробки та винаходи впроваджуються у сучасній вітчизняній практиці.

Навчальний заклад – переможець якості «100 кращих товарів (послуг) України» в
 Всеукраїнського Національного конкурсу з номінації «Освітні послуги».



За значний внесок у розвиток освіти і науки в галузі стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів, вагомі досягнення у науково-педагогічній діяльності, якісну підготовку фахівців для зарубіжних країн навчальний заклад нагороджено Почесною грамотою Кабінету Міністрів України, Орденами Дружби Соціалістичної Республіки В'єтнам та Народно-Демократичної Республіки Лаос.

Ми пишаємося тим, що більшість керівників державних установ, підприємств, служб метрології і стандартизації промислових гігантів України, країн СНД, Республіки Куба, МНР, Конго, Лаосу, Нігерії, В'єтнаму, Іраку, Венесуели та інших країн - випускники нашого навчального закладу.

За роки існування в навчальному закладі підготовлено більше 40 тисяч фахівців. Успіхи і досягнення наших випускників – кращий доказ авторитету та конкурентоспроможності академії.

Однак, життя не стоїть на місці. На сьогоднішній день держава ставить великі вимоги до якості підготовки фахівців нової формації. Для забезпечення цих вимог змінюються підходи до форм і методів

підготовки спеціалістів.

В Україні триває процес реформування національної системи технічного регулювання. В зв'язку з чим, підготовка фахівців в галузі має істотне значення для подальшого розвитку економіки держави – повноцінне функціонування ринкової економіки неможливе без сучасних систем технічного регулювання, ринкового нагляду, захисту прав споживачів, які відповідають вимогам СОТ і ЄС, здатні адекватно й швидко реагувати на виклик глобальної економіки й потреби споживачів щодо випуску і реалізації безпечної конкурентоспроможної продукції.

Колектив академії повний сил і планів на майбутнє. Подальший розвиток академії ми зв'язуємо з вдосконаленням інноваційної діяльності в освітній і науковій сферах, відкриттям нових спеціальностей та освоєнням нових освітніх програм і стандартів. Нові горизонти розкриває міжнародна діяльність.

Є впевненість у великому майбутньому АКАДЕМІЇ!

РОЗДІЛ 1

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

T.B. Gordiyenko, PhD, L.V. Kolomiets, ScD, O.M. Velychko, ScD

Odessa state academy of technical regulation and quality, Odessa.

ACTIVITY THE TECHNICAL COMMITTEES STANDARDIZATION OF INTERNATIONAL ORGANIZATIONS IN FIELD OF METROLOGY

The main scopes activities of technical committees of international organization in field of metrology are described. The main principles of harmonization of national standards with the international standards in field of metrology are defined. Possibility of interactions of technical committees of ISO, IEC and OIML are determined.

Keywords: technical committee, international standard, international document, international recommendation, national standard, harmonization.

Т.Б. Гордієнко, к.т.н., В.М. Коломієць, д.т.н., О.М. Величко, д.т.н.

ДІЯЛЬНІСТЬ ТЕХНІЧНИХ КОМІТЕТІВ ЗІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ У СФЕРІ МЕТРОЛОГІЇ

Розглянуто основну діяльність технічних комітетів зі стандартизації міжнародних організацій в сфері метрології. Визначені основні принципи гармонізації національних стандартів з міжнародними стандартами в сфері метрології. Встановлено можливості взаємодії між технічними комітетами ISO, IEC і OIML.

Ключові слова: технічні комітети, міжнародні стандарти, міжнародні документи, міжнародні рекомендації, національні стандарти, гармонізація.

Т.Б. Гордиенко, к.т.н., Л.В. Коломиец, д.т.н., О.Н. Величко, д.т.н.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМИТЕТОВ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СФЕРЕ МЕТРОЛОГИИ

Рассмотрена основная деятельность технических комитетов по стандартизации международных организаций в сфере метрологии. Определены основные принципы гармонизации национальных стандартов с международными стандартами в сфере метрологии. Выявлено возможности взаимодействия между техническими комитетами ISO, IEC и OIML.

Ключевые слова: технические комитеты, международные стандарты, международные документы, международные рекомендации, национальные стандарты, гармонизация.

Introduction

A mutual exchange with experience and information in field of metrology is very important. Many International Organizations is developing of voluntary technical standards in field of metrology (measurement, testing etc.), in particular it International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC) and International Organization of Legal Metrology (OIML) [1-4].

1. Main activity of International Organizations in field of metrology

ISO is a non-governmental organization and one of the world's foremost developers of voluntary

technical standards. The ISO Central Secretariat manages an international standardization system, prepares, produces and disseminates international standards and standards-related documents. These services include coordination of the standards development programme, administration of voting on draft standards, the final editing and publication of standards, and information, communication and public relations [1].

Technical Management Board (TMB) is ISO body which developing standards or guides on all matters concerning the organization, coordination, strategic planning, and programming of the technical work of ISO including establishment and dissolution of technical committees (TC), particularly in field of metrology.

ISO standards are developed by TC, subcommittees (SC) or project committees comprising experts from the industrial, technical and business sectors which have asked for the standards, and which subsequently put them to use. These experts may be joined by representatives of government agencies, testing laboratories, consumer associations, non-governmental organizations and academic circles. Each TC and SC has a secretariat assigned to an ISO member national body (for example, AFNOR, DIN, ANSI etc.).

Stakeholders in international standardization comprise all those groups who have an interest in international standardization because they are affected by it and wish therefore to contribute to the process of the development of international standards. Stakeholders participate in the technical work of ISO through national delegations appointed by the member national bodies of ISO or, if they are organized in international or broadly-based organizations, through liaison organizations.

In addition to international standards, ISO can also offer other forms of normative agreements (e. g. ISO Guide, ISO Publicly Available Specification (PAS), ISO Technical Specification (TS), ISO Technical Report (TR) for situations where speedy publication is important, has developed a schematic representation of the different types of deliverable available.

ISO engage introducing international standards for quantities and units which based in the International System of Units (SI) – ISO 80000 (14 parts). International standards of series ISO 9000 “Quality management systems”, ISO 10012 “Measurement management systems” is important for National Metrological Institutes (NMIs). International standards ISO 3435 “Continuous mechanical handling equipment” and ISO 5725 “Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results” (six part) extensively used for handling measurements result. ISO Guide 30 “Terms and definitions used in connection with reference materials” and ISO Guide 35 “Reference materials. – General and statistical principles for certification” too use for metrological practice for reference materials.

ISO collaborates with its two sector based, international partners, the IEC, the United Nations Organization, other specialized organizations, agencies and commissions. Cooperative agreements are established between the ISO and IEC and certain institutions, such as OIML, International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), etc., with the objective of avoiding contradictory requirements; consequently, manufacturers and users of measuring instruments, test laboratories, etc. may simultaneously apply ISO and IEC Publications and those of other institutions.

The IEC is the leading global organization that prepares and publishes international standards for all electrical, electronic and related technologies. These serve as a basis for national standardization and as references when drafting international tenders and contracts. The IEC charter embraces all electrotechnologies including electronics, magnetics and electromagnetics, electroacoustics, multimedia, telecommunication, and energy production and distribution, as well as associated general disciplines such as terminology and symbols, electromagnetic compatibility, measurement and performance, dependability, design and development, safety and the environment [2, 4].

The TCs and SCs, and many project teams/maintenance teams carry out the standards work of the IEC. These working groups (WG) are composed of people from all around the world who are experts in electrotechnology. The great majority of them come from industry, while others from commerce, government, test laboratories, research laboratories, academia, and consumer groups also contribute to the work.

OIML was established in order to promote the global harmonization of legal metrology procedures. OIML is an intergovernmental treaty organization whose membership includes member states, countries which participate actively in technical activities, and corresponding members, countries which join the OIML as observers. It was established in order to promote the global harmonization of legal metrology (LM) procedures.

The OIML has developed a worldwide technical structure that provides its members with metrological guidelines for the elaboration of national and regional requirements concerning the manufacture and use of measuring instruments for LM applications [3, 4].

International consensus in the LM community is reached through TCs and SCs, the composition of which includes representatives from OIML member states, international standardization and technical organizations, manufacturers’ associations and regional regulatory bodies. Under the coordination of a secretariat, experts establish international technical guidelines for the metrological performance and testing procedures of measuring instruments (MI) subject to legal controls.

The OIML develops model regulations, International Recommendations (OIML R) and International Documents (OIML D), which provide members with an internationally agreed-upon basis for the establishment of national legislation on various categories of MI. It coordinates and informs International Committee of Legal Metrology (CML) members of technical work undertaken by OIML TCs.

Cooperative agreements are established between the OIML and certain international

organizations in field of standardization, with the objective of avoiding contradictory requirements; consequently, manufacturers and users of MI, test laboratories, etc. may simultaneously apply OIML Publications and those of other organizations. The main elements of an OIML R are: scope, application and terminology; metrological requirements; technical requirements; methods and equipment for testing and verifying conformity to requirements; and the test report format, etc.

International consensus in the LM community is reached through TCs and SCs, the composition of which includes representatives from OIML member states, international standardization and technical organizations, manufacturers' associations and regional regulatory bodies. Under the coordination of OIML Secretariat, experts establish international technical guidelines for the metrological performance and testing procedures of measuring instruments subject to legal controls. Draft OIML R and OIML D are developed by TCs or their SCs, which are formed by the OIML member states.

From 1993 Ukraine has become the ISO and IEC full member and participates in its TCs and SCs projects for preparation of international standards and other normative documents. ISO and IEC publications can be identified by their ISO or IEC number, through the International Classification for Standards (ICS) [5] system, or by the respective TC/SC responsible for that publication.

From January 1997 Ukraine has become the OIML Corresponding Member. Such OIML Corresponding Member enables to get regularly the documents, recommendations and other printed matters of OIML and to use them for harmonization of the national normative bases on metrology with international documents and recommendations.

2. Harmonization of National Standards with ISO and IEC Standards

Structure of the ISO standards which developed ISO TCs and national standards of Ukraine (DSTU ISO) in the field of metrology are given in Table 1 by next codes of ICS [5]: 01.060 "Quantities and units"; 17 "Metrology and measurement. Physical phenomena" and 71.040 "Analytical chemistry". Total ISO standards in the field of metrology are 563 [6–8].

Structure of the IEC standards which developed IEC TCs and national standards of Ukraine (DSTU IEC) in the field of metrology is given in Table 2 by next codes of ICS [5]: 01.060 "Quantities and units"; 17 "Metrology and measurement. Physical phenomena"; 25.040.040 "Industrial process measurement and control"; 71.040 "Analytical chemistry". Total IEC standards in the field of metrology are 180.

Table 1 – Structure of ISO standards which developed ISO TCs and national standards in fields of metrology

Name of ISO TC	Total of standards	
	ISO	DSTU ISO
TC 12 Quantities, units, symbols, conversion factors	16	1 (MOD) *
TC 30 Measurement of fluid flow in closed conduits	40	4
TC 48 Laboratory equipment	90	3
TC 69 Applications of statistical methods	24	5
TC 85 Nuclear energy	59	6
TC 108 Mechanical vibration, shock and condition monitoring	114	14
TC 113 Hydrometry	69	3
TC 158 Analysis of gases	23	7
TC 172 Optics and photonics	21	4
TC 213 Dimensional and geometrical product specifications and verification	107	15
Total:	563	62
* The DSTU ISO standards is modified concerning to ISO standards		

Table 2 – Structure of IEC standards which developed IEC TCs and national standards in fields of metrology

Name of IEC TC	Total of standards	
	IEC	DSTU IEC
TC 1 Terminology (for MI)	10	2
TC 13 Electrical energy measurement, tariff- and load control	16	5
TC 25 Quantities and units	21	-
TC 29 Electroacoustics	50	-
TC 38 Instrument transformers	8	-
TC 45 Nuclear instrumentation	15	1
TC 65 Industrial-process measurement, control and automation	10	1
TC 66 Safety of measuring, control and laboratory equipment	10	3
TC 85 Measuring equipment for electrical and electromagnetic quantities	40	13 3 (MOD) *
Total:	180	28
* The DSTU IEC standards is modified concerning to IEC standards		

3. Joint ISO/IEC Standards and Guides for metrological tasks

The ISO, IEC and OIML participate in the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), and the Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS).

The JCGM has responsibility for the following two important for metrology documents: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [9]; and International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) [10]. The JCGM-WG1 has recently completed its first Supplement to the GUM. The JCGM-WG2 has recently completed a revised edition of the VIM (VIM).

Developing and publishing joint international standards and guides are important element of activity of international organizations for standardization. International standards ISO/IEC 17025 “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories” and international guides ISO/IEC 17043 “Conformity assessment. – General requirements for proficiency testing”, ISO/IEC Guide 2 “Standardization and related activities. – General vocabulary” are establishing requirements for quality systems, especially NMI, and requirements for accreditation independent laboratory, especially calibration laboratories.

As shown in Table 3 the system of international standards, documents and recommendations, national standards in field of metrology includes the main blocks of standards [11, 12].

Table 3 – Harmonization of national standards in fields of metrology with general international standards, documents, recommendations

Object of standardization	ISO, IEC	DSTU
Units of measurement	ISO 80000	DSTU 3651.1 DSTU 3651.0 –
Measurement management systems	ISO 10012	DSTU ISO 10012
Accreditation of calibration labs	ISO/IEC 17025	DSTU ISO/IEC 17025
Quality management systems	ISO 9000 ISO 9001	DSTU ISO 9000 DSTU ISO 9001
Accuracy of measurement methods and results	ISO 5725-1...6	DSTU GOST ISO 5725-1...6
Certified reference materials	ISO Guide 30 ISO Guide 35	– DSTU-H ISO Guide 35
Proficiency testing by interlaboratory comparisons	ISO/IEC 17043	–

4. Harmonization of National Standards with OIML Documents and Recommendations

International consensus in the LM community is reached through TCs and SCs, the composition of which includes representatives from OIML member states, international standardization and technical organizations, manufacturers' associations and regional regulatory bodies. Under the coordination of OIML Secretariat, experts establish international technical guidelines for the metrological performance and testing procedures of MI subject to legal controls.

General structure of the OIML Publications in the field of metrology and corresponding harmonization of the national standards of Ukraine (DSTU OIML) is given in Table 4 [12].

Table 4 – Structure of OIML Publications which developed OIML TCs and National Standards in fields of metrology

Name of OIML TCs	Total publications	
	OIML (D/R/V)	DSTU OIML
TC 1 Terminology	0/0/1	–
TC 2 Units of measurement	1/0/0	1
TC 3 Metrological control	11/2/0	9
TC 4 Measurement standards and calibration and verification devices	4/0/0	3
TC 5 General requirements for measuring instruments	2/0/0	1
TC 6 Prepackaged products	0/3/0	2
TC 7 Measuring instruments for length and associated quantities	0/10/0	1
TC 8 Measurement of quantities of fluids	4/26/0	9
TC 9 Instruments for measuring mass and density	1/21/0	5
TC 10 Instruments for measuring pressure, force and associated quantities	0/7/0	1
TC 11 Instruments for measuring temperature and associated quantities	1/8/0	–
TC 12 Instruments for measuring electrical quantities	0/0/0	–
TC 13 Measuring instruments for acoustics and vibration	0/10/0	–
TC 14 Measuring instruments for used for optics	0/1/0	–
TC 15 Measuring instruments for ionizing radiations	1/3/0	–
TC 16 Instruments for measuring pollutants	1/10/0	–
TC 17 Instruments for physical-chemical measurements	1/10/0	–
TC 18 Medical measuring instruments	0/11/0	–
Total:	27/122/1	32

As shown in Table 5 the system of international standards, documents and recommendations, national standards in field of metrology includes the following main blocks of standards:

- terminology;
- traceability;
- units of measurements;
- measurement standards of units;
- state and local verification schemes;
- general requirements for MI;
- MI metrological characteristics;
- MI tests;
- MI verification and calibration;
- metrological inspection and supervision;
- metrological supervision for prepackaged goods;
- accreditation of measurement and calibration laboratories.

Thus, in Ukraine there are 32 national standards which harmonized to some extent with OIML dictionaries, documents or recommendations. The main way for harmonization of national standards is a direct introducing of the OIML documents or recommendations (translation on Ukrainian with some national revision or additions, if needed). It is planned to harmonize 5 national standards with OIML recommendations in the near future.

The general analysis of normative base on questions of metrology shows that in Ukraine, in spite of the availability of sufficient complex of basic national standards, still it is required both the development of new standards and revision of some valid standards (Fig. 1).

Table 5 – System of general international standards, documents, recommendations and national standards in fields of metrology

Object of standardization	OIML (D, R, V)	DSTU OIML
Terminology	OIML V1 OIML V2	– –
Traceability	OIML D1 OIML D13	– DSTU OIML D13
Units of measurement	OIML D2	DSTU OIML D2*
Measurement standards	OIML D8	DSTU OIML D8
Verification hierarchy schemes	OIML D5	DSTU OIML D5*
General requirements for MI	OIML D3 OIML D11 OIML R34 OIML R99-1 OIML R99-2 OIML R99-3	DSTU OIML D3 DSTU OIML D11 DSTU OIML R34* – – –
Metrological control	OIML D16 OIML D19	DSTU OIML D16 DSTU OIML D19
Verification and calibration for MI	OIML D12 OIML D20 OIML D23 OIML R42	DSTU OIML D12* DSTU OIML D20 DSTU OIML D23 –
Certified reference materials	OIML D18	DSTU OIML D18
Metrological supervision	OIML D9	DSTU OIML D9
Prepackaged products	OIML R79 OIML R87	DSTU OIML R79 DSTU OIML R87
Accreditation of calibration labs	ILAC-G24/ OIML D10	DSTU ILAC-G24/ OIML D10*

* Standards under development (included in National Plan of Standardization on 2012 and planned for harmonization)

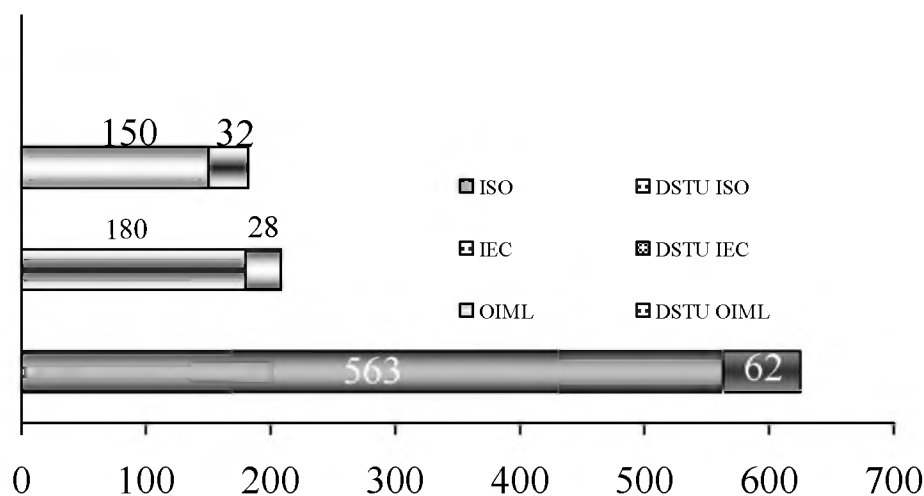


Figure 1 – Total international standards which developed ISO, IEC and OIML TCs in field of metrology and harmonized with them DSTU

Taking into consideration the international practice on metrology would allow to draw nearer the metrological system of Ukraine to requirements generally accepted in the world and hereunder it would ensure both the acceptance of the results of measurements, which are carried out in Ukraine, and the results of the industrial product testing all over the world. This would contribute to a rising of competitiveness of Ukrainian enterprises on markets of the world.

5. Conclusions

ISO and IEC membership enables to get regularly the international standards and guides, and other printed matters of ISO and IEC, and to use them for harmonization of the national standards in field of metrology with international standards and guides.

OIML membership enables to get regularly the documents, recommendations and other printed matters of OIML and to use them for harmonization of the national standards in field of metrology with international documents and recommendations.

Analyses activity of OIML and international metrological organization or consultative committees and international organization for standardization technical committees in field of metrology (measurement and instrumentation) has shown commonness interest and aims on different levels of works.

OIML, ISO and IEC membership enables to get regularly the documents, recommendations and other printed matters of OIML, ISO and IEC and to use them for harmonization of the national standards in field of metrology with international documents, recommendations, standards and guides.

References

1. International Organization for Standardization – *ISO*. – Режим доступу: <http://www.iso.org>.
2. International Electrotechnical Commission – *IEC*. – Режим доступу: <http://www.iec.org>.
3. International Organization of Legal Metrology – *OIML*. – Режим доступу: <http://www.oiml.org>.
4. O. Velychko. Activity of international and regional organization for globalization of the world economy. *XVIII IMEKO World Congress*. – Rio de Janeiro, Brazil. – 2006. – CD. – 6 p.
5. International Classification for Standards (ICS). – Fifth edition. – *ISO*. – 2001.
6. O. N. Velichko. Metrological activity in Ukraine // *Measurement Techniques*. – Vol. 42. – Numb. 12. – December, 1999. – P. 1109 – 1115.
7. O. Velychko. Harmonization of the legislative acts and normative documents on metrology in Ukraine // *OIML Bulletin*. – Vol. XLI. – Numb. 2. – April 2000. – P. 19–24.
8. O. Velychko Implementation of the European Directive on Measurement Instruments in Ukraine // *OIML Bulletin*. – Vol. LI. – Number 3. – July 2010. – P. 11–16.
9. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement. – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995). – First edition. – *ISO*. – 2008. – 120 p.
10. ISO/IEC Guide 99:2007. International vocabulary of metrology. – Basic and general concepts and associated terms (VIM). – First edition. – *ISO*. – 2007. – 90 p.
11. O. Velychko. Metrological activity in Ukraine // *OIML Bulletin*. – Vol. XXXVIII. – Number 3. – July 1997. – P. 36–41.
12. O. Velychko, T. Gordiyenko. Implementation of the European Directive on Measurement Instruments in Ukraine // *OIML Bulletin*. – Vol. LI. – Number 2. – April 2010. – P. 23–29.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. Братченко Г.Д., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

О.В. Грабовський, Т.І. Наконечна, С.Л. Волков, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА ЖИТТЄВІ ЦИКЛИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Наводиться визначення мережевих програмно-апаратних комплексів, які використовуються в задачах моніторингу, контролю та управління якістю інформаційно-вимірювальних систем, як інженерних, конструкторських та проектних рішень, що мають певні етапи життєвого циклу з відповідними показниками якості кожної з агрегатних складових.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, якість, життєвий цикл.

О.В. Грабовский, Т.И. Наконечная, С.Л. Волков, к.т.н.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Приводится определение сетевых программно-аппаратных комплексов, которые используются в задачах мониторинга, контроля и управления качеством информационно-измерительных систем, как инженерных, конструкторских и проектных решений, которые имеют определенные этапы жизненного цикла с соответствующими показателями качества каждой их агрегатных составляющих.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, качество, жизненный цикл.

O. Grabowski, T. Nakonechna, S. Volkov, PhD.

QUALITY INDICATORS AND LIFE CYCLES OF INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

Is the definition of network software and hardware systems. Systems used in the tasks of monitoring, control and management. Complexes are used as information-measuring systems. In this article, the term «complex» refers to engineering, designer and project decisions. Complexes have certain stages of the life cycle. Each of the life-cycle is quality.

Keywords: information-measuring system, quality, life cycle.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями

Інженерні, конструкторські та проектні рішення з використанням цифрових інтегральних технологій в задачах моніторингу, контролю та управління, стали невід'ємною складовою частиною складних технічних систем, в тому числі інформаційно-вимірювальних.

Далі **інформаційно-вимірювальною системою (ІВС)** будемо називати комплекс, який включає обчислювальне і комунікаційне обладнання, програмне забезпечення, лінгвістичні засоби та інформаційні ресурси, а також системний персонал, що забезпечує підтримку динамічної інформаційної моделі деякої частини реального світу [1] для задоволення інформаційних потреб користувачів про дистанційно зібрані, опрацьовані та збережені дані щодо об'єкту вимірювань.

Виходячи з наведеного визначення, ІВС можна трактувати, як мережеві програмно-апаратні комплекси, що мають певні етапи життєвого циклу, які, як аксіома, володіють деякими показниками якості кожної з агрегатних складових.

В даний час інтенсивно формується нормативна база, яка регламентує процеси створення інтегрованих та комбінованих інформаційно-вимірювальних систем та комплексів, які працюють в автоматичному і напівавтоматичному режимах. Отже, одним з важливих напрямків такого процесу є методології формування системи показників якості функціонування автоматизованих систем, нормування цих показників, а також розробка методик розрахунку та проектної оцінки їх значень на різних етапах життєвого циклу.

Мета дослідження

Створення методології, яка позначена вище, є складним завданням. Ця складність

пояснюється, по-перше, суб'єктивним підходом до оцінки важливості самих процесів, які забезпечуються інформаційно-вимірними системами і, по-друге, періодичною зміною вимог щодо показників якості їх функціонування. Обидві ці обставини визначають необхідність постійного моніторингу щодо додержання показників якості в обумовлених стандартами межах, враховуючи особливості функціонування систем на різних життєвих циклах.

Аналіз досліджень та публікацій

Термін «життєвий цикл», який природно характеризує біологічні об'єкти та системи, досить часто використовується і для технічних систем [2]. Так, згідно зазначеного літературного джерела, а також з врахуванням матеріалів, які містяться в [3-5], традиційно виділяють наступні етапи життєвого циклу технічної системи:

- 1-й: етап обґрунтування необхідності створення системи;
- 2-й: етап розробки технічного завдання;
- 3-й: етап моделювання та проектування;
- 4-й: етап виготовлення, включаючи дослідне та серійне виробництво зразків системи;
- 5-й: етап експлуатації;
- 6-й: етап утилізації.

Різними авторами у різний час проводилися дослідження як вимірних систем, так і інформаційно-вимірних комплексів щодо їх функціонування на різних етапах життєвого циклу з різних точок зору. Так, у [6] приведена методика, яка з використанням ЕОМ моделює розвиток складної технічної системи у вигляді марківського процесу; у [7] пропонується модель системи, що має різну надійність під час виготовлення та експлуатації; у [8] використовуються CALS-технології і т.д. Крім того, достатня кількість авторів в певній мірі проводять властивості засобів вимірної техніки, викладають сучасні методи перевірки засобів вимірювання, розглядають прогресивні підходи до оцінки вірогідності контролю та технічного діагностування (наприклад, в [9]). В [10] пропонуються методи забезпечення та контролю якості програмних систем на основі моделей якості з метою формулювання вимог на різних стадіях життєвого циклу та підтверджується їх ефективність на прикладі Web-додатків.

Як видно зі сказаного, розвиток сучасних інформаційних технологій при створенні інформаційно-вимірних комплексів як складових технічних систем, що мають розвиток за етапами життєвого циклу, у певній мірі не порушує логічної послідовності етапів створення інформаційно-вимірної системи, доповнює та суттєво розвиває їх зміст, що вимагає постійного удосконалення нормативної бази

забезпечення якості функціонування, розвитку теоретичних основ щодо вимірних систем, створення нового математичного та програмного забезпечення для їх дослідження.

Невирішені проблеми

Процес розвитку будь-якої складної системи (технічної, економічної, екологічної та ін.), який може бути виражений в зміні її стану за часом, відбувається під впливом як зовнішніх дій, так і в результаті процесів, що відбуваються всередині системи. Прийнято вважати, що при описі динамічно функціонуючої за часом системи, з множини різних подій повинні відбиратися тільки ті, які в умовах вирішуваної задачі мають істотний вплив на стан системи [6] та на функції, які вона повинна забезпечувати. Зважаючи на тему, яка винесена в заголовок статті, це є контроль за показниками якості інформаційно-вимірної системи, яка проходить всі етапи життєвого циклу. На сьогоднішній день існують різні підходи до вирішення цього питання, але жоден з них не враховує всієї множини проблем, які виникають при цьому. Однією з таких проблем є не досить чіткі уявлення щодо нормативних вимог до забезпечення якості функціонування окремих агрегатних складових систем, які розглядаються.

Мета статті

Зважаючи на викладене, актуальними та перспективними питаннями щодо функціонування інформаційно-вимірних систем на різних етапах їх життєвого циклу, є узгодження норм та вимог щодо показників якості, які повинні забезпечуватися на різних етапах життєвого циклу для кожної з агрегатних складових. Це дозволить розширити можливості вдосконалення методик контрольних випробувань та підвищити надійність зазначених систем, збільшити тривалість їх життєвого циклу за рахунок вдосконалення системи оцінок агрегатних складових та за рахунок розробки нових принципів та підходів до організації профілактичного обслуговування.

Виклад основного матеріалу

Динамічний стан будь-якої складної технічної системи на різних етапах життєвого циклу із заданою точністю можна охарактеризувати сукупністю значень, що визначають її поведінку, тобто змінними станами. Ці величини дозволяють порівнювати стани окремих систем та робити висновки про зміну показників якості їх функціонування. Для систем, що розвиваються, за значеннями змінних станів в часі можна управляти розвитком системи, тобто змінні стану системи є інформаційною основою для з'ясування напряму удосконалення показників якості [6].

Особливістю побудови сучасних ІВС є «ієрархічна зірка», як показано на рис. 1. використання топологічної структури типу

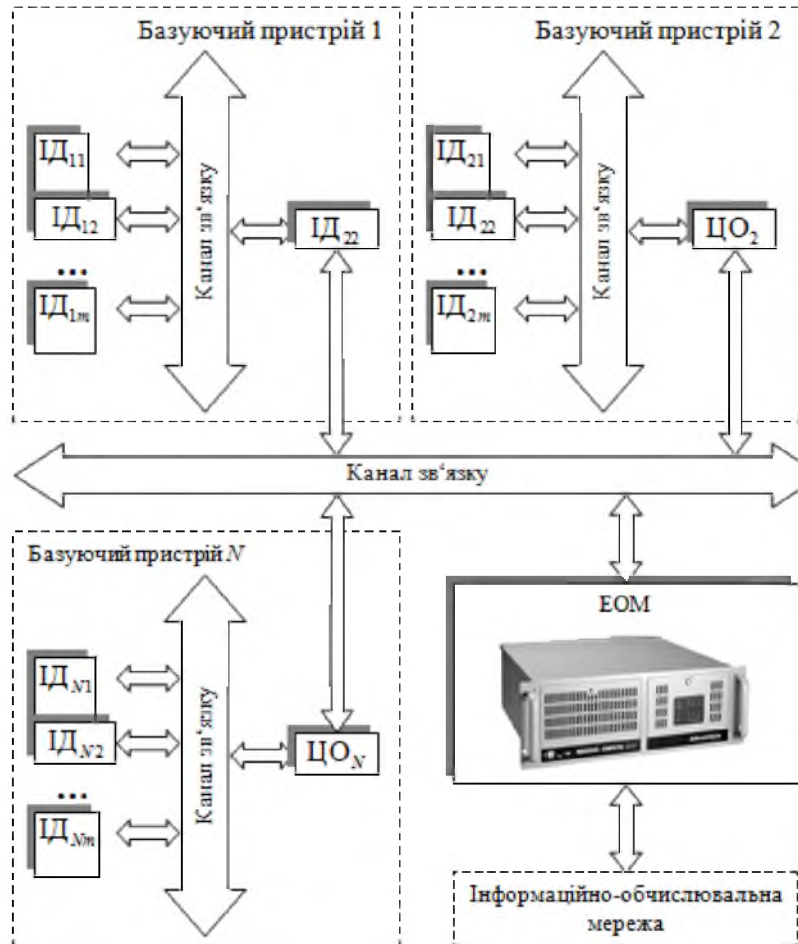


Рисунок 1 – Структура сучасних ІВС

На нижньому рівні «зірки» знаходяться інтелектуальні датчики (ІД), які повинні забезпечити безпосереднє сприйняття від об'єкту вимірювання та перетворення характеристик досліджуваних подій і/або величин в уніфіковані сигнали. Т.ч., на рис. 1 інтелектуальні датчики позначені, як $ІД_{ik}$, де i – номер базуючого пристрою, $i = 1, \dots, N$; k – номер датчика, $k = 1, \dots, n$.

Наступний рівень ієрархії – центральний обчислювач (ЦО). На рис. 1 такі пристрої позначені як $ЦО_i$. ЦО обслуговують групи інтелектуальних датчиків. Основне завдання $ЦО_i$ – обмін даними з $ІД_{ik}$, управління їх роботою, корекція, розрахунок та кодування отриманої вимірювальної інформації, а також обмін даними з вищестоящим ієрархічним рівнем. В даному прикладі верхнім рівнем ієрархії є електронно-обчислювальна машина (ЕОМ), завданням якої є обробка, відповідно до закладених алгоритмів, вимірювальної інформації, що поступає, і обмін даними з іншими системами. Обмін даними між рівнями здійснюється по каналах зв'язку.

Як видно з рис. 1, кожен з рівнів вирішує свою задачу та є деякою сукупністю апаратних та програмних засобів: по термінології ГОСТ 22315-77 – сукупність агрегатних засобів (АЗ). Згідно до стандарту, сукупність АЗ повинна бути забезпечена матеріальною частиною, яка включає сукупність технічних засобів, які задовольняють вимогам повноти та сумісності з ЄСКД, тобто:

- методичною частиною, яка включає програмно-алгоритмічне забезпечення технічних засобів та систему стандартів, що встановлюють вимоги до складу і характеристик технічних засобів;
- методами побудови та використання ІВС;
- методами оцінки метрологічних характеристик засобів вимірювань;
- методами оцінки якості отриманої інформації;
- методологією випробувань АЗ та ІВС.

Повнота сукупності агрегатних засобів включає:

- функціональну повноту;
- структурну повноту;

– параметричну повноту, яка забезпечує задане вимірювання характеристик об'єкту, перетворення та обробку даних, синтез різних по складу та по структурі ІВС, побудову оптимізованих по заданому критерію ІВС.

Виходячи зі сказаного, можна виділити три складових забезпечення інформаційно-вимірювальних систем:

- 1) технічні засоби;
- 2) програмне забезпечення;
- 3) інформаційне забезпечення.

Загальна класифікація основних показників якості продукції, яка є обов'язковою для всіх галузей, встановлена в ГОСТ 22851-77 «Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. Основные положения». У документі введені десять груп показників якості по характерних властивостях продукції. Уточнена класифікація основних показників якості для ІВС приведена в ГОСТ 4.199-85 «Системы показателей качества продукции. Системы информационные электроизмерительные. Комплексы измерительно-вычислительные». Тут всі показники по кількості характерних властивостей підрозділяються на одиничні (в основному, показники вимірювального каналу), і комплексні або загальносистемні (тобто такі, що об'єднують ряд властивостей кожна з яких описується своїм параметром).

Показники якості програмного забезпечення (ПЗ), визначаються стандартами ДСТУ ISO 9126:1-4 «Характеристики і метрики якості програмного забезпечення», ДСТУ ISO 14598-1-6:1998-2000 «Оцінювання програмного продукту» та ДСТУ ISO 9126-93 «Оцінка програмного продукту. Характеристики якості й посібник з їхнього застосування».

ISO 9126:1-4 складається з чотирьох частин:

- моделі якості;
- моделі внутрішніх міток;
- моделі зовнішніх міток;
- моделі метрик якості.

Стандарт дозволяє специфікувати та оцінювати якість систем з різних точок зору, включаючи придбання, визначення вимог, розробку, використання, оцінювання, підтримку, супровід, забезпечення якості, аудит.

ISO 14598-1-6:1998-2000 складається з шести частин:

- загальний огляд;
- планування та управління;
- опис технологічного процесу для розробників;
- опис процесу для користувачів;
- опис процесу для оцінювачів (випробувачів);
- документування оцінки модулів.

Стандарт рекомендує загальну схему процесів оцінювання характеристик якості програм, яка полягає в наступному:

- установка та формалізація початкових вимог для оцінювання;
- формалізація принципів та особливостей оцінювання при проведенні експертиз і вимірювань характеристик якості ПЗ;
- планування та проектування процесів оцінювання характеристик і атрибутів якості в життєвому циклі ПЗ;
- виконання вимірювань для оцінювання, порівняння результатів з критеріями та вимогами, узагальнення й оцінка результатів.

Слід відмітити, що основні критерії оцінки якості програмно-алгоритмічного забезпечення для АЗ ІВС, також дані в ГОСТ 22315-77 та ГОСТ 4.199-85.

Інформаційне забезпечення можна визначити як сукупність єдиної класифікації, кодування інформації та схем інформаційних потоків, які циркулюють в ІВС. Показники якості інформаційного забезпечення, в основному, співпадають і описуються тими ж стандартами, що приведені вище для програмного забезпечення. Крім того, вимоги до організації взаємодії АЗ ІВС приведені в ГОСТ 22316-77 «Средства агрегатные информационно-измерительных систем».

Відповідно до розглянутих стандартів, до комплексних показників ІС відносяться:

- показники надійності (у тому числі й надійність ПЗ);
- екологічні показники;
- ергономічні показники;
- естетичні показники;
- показники технологічності;
- показники транспортабельності;
- показники стандартизації та уніфікації;
- показники безпеки;
- економічні показники.

Додатково слід враховувати специфічні комплексні показники якості програмного забезпечення, до яких згідно ISO 9126-93 відносяться:

- функціональність;
- практичність;
- ефективність;
- супроводжуваність;
- мобільність.

Аналіз показників якості в приведених вище стандартах, а також серія стандартів системної інженерії ДСТУ ISO 15288:2002 «Системна інженерія. Процеси життєвого циклу систем» та ДСТУ ISO 12207:1995-2008 «Система та програмна інженерія. Процеси життєвого циклу програмних засобів», дозволяють визначити загальний життєвий цикл агрегатних засобів і, відповідно, інформаційно-вимірювальної

системи, як їх сукупності. Т.ч., відносно до ІВС, можна виділити чотири основоположні етапи їх життєвого циклу:

- замовлення;
- проектування;
- виробництво,
- експлуатація, включаючи супровід та модернізацію.

Замовлення регламентує роботи замовника, тобто організації, яка є розробником системи. Одним з основних документів цього етапу є технічне завдання (ТЗ), яке описує початкові дані та вимоги до системи, модель її життєвого циклу, якісні та кількісні показники, терміни виконання робіт по окремих етапах та по системі в цілому. Якість самого технічного завдання

визначається відповідністю номенклатури і значень параметрів системи та показників якості вимогам, визначеним для етапу експлуатації.

Технічне завдання є визначальним документом для етапу проектування. Результатом виконання ТЗ є створення конструкторської та програмної документації.

Процес проектування ІВС можна представити у вигляді структурної схеми, приведеної на рис. 2.

Спроекована система буде ідеальною при виконанні умови рівності множини значень показників якості:

$$T_3 = T_1 (T_3 \subseteq T_1).$$

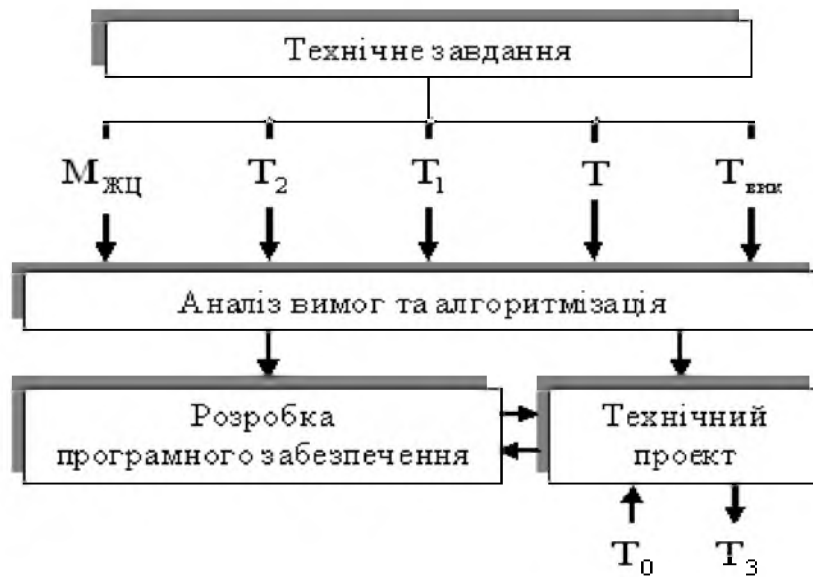


Рисунок 2 – Структура показників якості проектування ІВС: T – множина вимог замовника; T_1 – множина значень початкових показників якості; T_2 – множина початкових даних; $M_{жц}$ – модель життєвого циклу системи, яка проектується; $T_{вирк}$ – терміни виконання; T_3 – множина значень вихідних показників якості; T_0 – зворотний зв'язок за показниками якості між етапами виробництва та проектування

Т.ч., з'являється можливість введення показника ефективності етапу розробки, який при дотриманні вартісних та часових вимог до проектування, можна визначити, як

$$P_{T_3}(T_1) \rightarrow \sup,$$

де P_{T_3} – ймовірність того, що множина значень показників якості спроекованої системи відповідає початковим показникам якості при умові нормування

$$P_{T_1}(T_3) = 1,$$

де P_{T_1} – ймовірність того, що множина показників якості, визначених в ТЗ, задовольнятиме множині показників якості, визначених для етапу експлуатації системи.

Одне з основних завдань етапу виробництва – забезпечення якісних показників продукції, яка випускається. Звичайно, що ці показники закладаються на етапі проектування. Рішення задачі досягається застосуванням системи управління якістю, яка визначається серією стандартів ISO 9001:2003, що мають на увазі поліпшення всіх характеристик процесу виробництва та створення системи крізного контролю якості.

На практиці, контрольовані показники якості встановлюються залежно від специфіки продукції. Так, приклад, для ІВС, ними можуть бути: якість проекту (кількість виправлень при реалізації); якість конструкторської та технологічної документації; якість технологій; якість виробничих потужностей; якість праці, що показано на рис. 3.

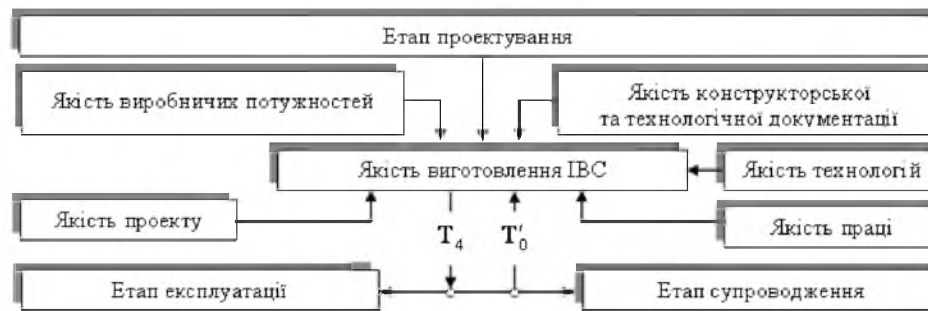


Рисунок 3 – Структура показників якості етапу виробництва ІВС, де:

T_4 – множина значень показників якості виготовлення (виробництва); T_0' – зворотний зв'язок за показниками якості між етапами експлуатації (супроводу) та виробництва; T_3 – множина значень вихідних показників якості

По аналогії з попереднім етапом, в ідеальному випадку:

$$T_4 = T_3 \left((T_4 \subseteq T_3) \wedge (T_3 \subseteq T_1) \right).$$

Ефективність етапу виробництва при дотриманні вартісних та часових вимог, можна визначити, як:

$$P_{T_4}(T_3) \rightarrow \sup,$$

де P_{T_4} – ймовірність того, що множина значень показників якості виготовленої системи відповідає проектним показникам якості.

Життєвий цикл системи закінчується етапом експлуатації, основним показником якості якого є надійність системи (рис. 4).

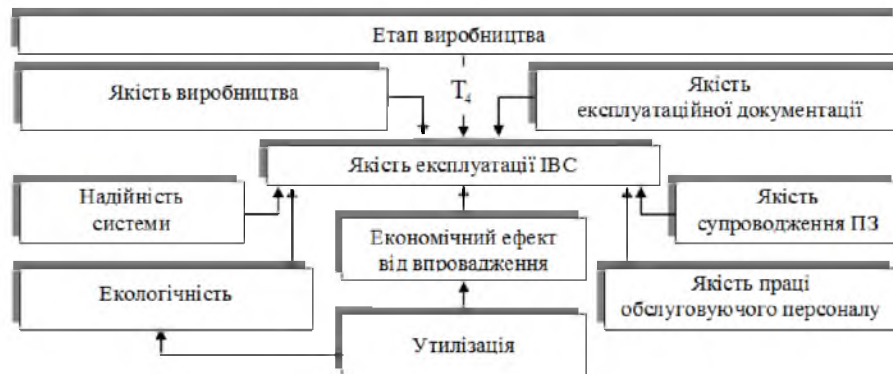


Рисунок 4 – Структура показників якості етапу експлуатації ІВС

Відповідно до ГОСТ 4.199-85, структура показника «Надійність технічних засобів ІВС» включає:

- напрацювання на відмову;
- встановлене безвідмовне напрацювання;
- середній термін служби;
- встановлений термін служби;
- встановлений ресурс;
- ймовірність безвідмовної роботи за заданий час;
- середній ресурс;
- середній час відновлення.

До надійності програмного забезпечення по ISO 9126-93 відносяться:

- стабільність;
- стійкість до програмних помилок;
- відновлюваність.

Окрім надійності, стандарти відносять до показників якості такі важливі показники, як економічна ефективність від впровадження та екологічність. До них входить і утилізація системи по закінченню терміну експлуатації.

Склад нормативно-технічних документів етапу експлуатації визначається ЄСКД, ЕСПД та відповідними міжнародними стандартами.

З боку програмного забезпечення етап експлуатації охоплює також і етап супроводу (підтримку користувачів), яка полягає в змінах (модифікаціях) програмного продукту та відповідної документації. Необхідність модифікації ПЗ обумовлюється виникаючими проблемами, або потребами в модернізації, або для налагоджування системи.

Час дії етапу супроводу встановлюється моделлю життєвого циклу, яка визначається на етапі проектування. Так, етап супроводу може охоплювати весь етап експлуатації і закінчуватися процесом перенесення та зняття ПЗ з експлуатації, але може закінчуватися й раніше: в цьому випадку підтримка припиняється, а всі подальші дії з супроводу проводяться силами замовника.

Етап експлуатації є таким, що завершує життєвий цикл ІВС. Його ефективність

залежатиме від відповідності номенклатури та значень якісних показників, закладених на всіх розглянутих етапах (рис. 5) їх ідеальним значенням, тобто:

$$T_5 = T_3 \left((T_5 \subseteq T_4) \wedge (T_4 \subseteq T_3) \wedge (T_3 \subseteq T_1) \right),$$

де T_5 — множина значень показників якості етапу експлуатації.

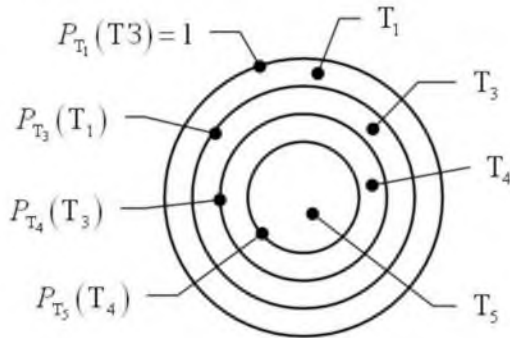


Рисунок 5 – Множини значень показників якості в життєвому циклі ІВС

Граничним значенням ймовірності відповідності множини значень показників якості системи на етапі експлуатації буде:

$$P_{T_5}(T_4) \rightarrow \sup.$$

Висновок

Піддані аналізу показники якості інформаційно-вимірювальних систем на різних життєвих циклах. Показано, що сучасна інформаційно-вимірювальна система являє собою структурований ієрархічний комплекс, кожна з агрегатних складових якого може бути програмно-апаратним засобом. Модель життєвого циклу кожної складової та системи в цілому повинна визначатися в технічному завданні згідно до діючих стандартів. Зроблено акцент на тому, що показники якості на кожному етапі життєвого циклу є комплексними показниками, які складаються з відповідних показників технічних і програмних засобів та рішень. Наведено уявлення щодо нормативних вимог до забезпечення якості функціонування інформаційно-вимірювальної системи, як сукупності агрегатних складових. Визначені ідеальні значення ефективності роботи системи та граничні значення ймовірності відповідності множини значень показників якості системи на різних етапах життєвого циклу.

Список використаних джерел

1. Коголовский М.Р. Перспективные технологии информационных систем: монография / М.Р. Коголовский. – М.: ДМК Пресс. Компания АйТи, – 2003. – 288 с. – ISBN 5-94074-200-9.

2. Реуцкий С.А. Життєвий цикл технічних систем і комп'ютерний вимірювальний експеримент [Електронний ресурс] / С.А. Реуцкий, А.А. Саврадон, Т.О. Самчук // Портал: Національний авіаційний університет. – Режим доступу \www/ URL: http://www.avia.nau.edu.ua/doc/2011/1/1_21.pdf. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
3. Азарсков В.М. Експериментальні випробування та дослідження систем /В.М. Азарсков, О.А. Сущенко. – К.: НАУ, – 2003. – 268 с.
4. Самарский, А.А. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент: монография / А.А. Самарский. – М.: Наука, – 1988. – 176 с.
5. Александровская Л.Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учебное пособие / Александровская Л.Н., Круглов В.И., Кузнецов А.Г. [и др.]. – М.: Логос, – 2003. – 736 с.
6. Вельмиськін, Д. І. Модель розвитку складної радіометеорологічної системи на всіх етапах використання [Електронний ресурс] / Портал: Національна бібліотека ім. В. Вернадського. – Режим доступу \www/ URL: <http://www.nbuv.gov.ua/portal/.../Velmiskin.pdf>. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
7. Куритнык, И.П. Современные технологии для изготовления термодар ТС-6 [Текст] / И.П. Куритнык, В.И. Белобородченко // Приборы и устройства для контроля и регулирования технологических процессов. – М.: Информприбор. – 1990. – №3. – С. 40-45.
8. Ступницький В.В. Ефективність впровадження CALS-технологій на машинобудівних підприємствах України [Електронний ресурс] / Портал: Національна бібліотека ім. В. Вернадського. – Режим доступу \www/ URL: <http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/.../15.pdf>. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
9. Володарський Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: навчальний посібник / Є.Т. Володарський, Кухарчук В.В., Поджаренко В.О. [та ін.]. – Вінниця: ВДТУ, – 2001. – 219 с.
10. Харченко О.Г. Методи забезпечення та контролю якості Web-застосувань на стадіях життєвого циклу [Електронний ресурс] / О.Г. Харченко, В.В. Яцишин, І.О. Боднарчук//Портал: Нац. бібл. ім. В. Вернадського. – Режим доступу \www/URL:<http://www.nbuv.gov.ua/portal/.../1/34har.pdf>. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.

Рецензент: д.т.н., професор Коломієць Л.В., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

Л.В. Коломиец, д.т.н., Г.М. Клещев, к.т.н.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, УНИФИКАЦИЯ И КОНТРОЛЬ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АДАПТИВНОЙ СКВОЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНООБРАБОТКИ ШТАМПОВ

В работе рассмотрены стандартизованные и унифицированные конструкции штампов в среде интегрированной адаптивной сквозной технологии механообработки.

Ключевые слова: сквозная технология, интегрированная адаптивная обработка, метрологическое обеспечение, стандартизация.

Л.В. Коломієць, д.т.н., Г. М. Клещов, к.т.н.

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, УНІФІКАЦІЯ І КОНТРОЛЬ У ВИРОБНИЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕГРОВАНОЇ АДАПТИВНОЇ НАСКРІЗНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНООБРОБКИ ШТАМПІВ

У роботі розглянуті стандартизовані і уніфіковані конструкції штампів в середовищі інтегрованої адаптивної наскрізної технології механообробки.

Ключові слова: наскрізна технологія, інтегрована адаптивна обробка, метрологічне забезпечення, стандартизація.

L. Kolomiets, ScD, H. Kleshov, PhD

STANDARDIZATION, UNIFICATION AND CONTROL IN PRODUCTIVE ENVIRONMENT OF COMPUTER-INTEGRATED ADAPTIVE THROUGH TECHNOLOGY OF MECHANOCULTIVATION OF STAMPS

The standartized and unification constructions of stamps are in-process considered in the environment of computer-integrated adaptive through technology of mechanecultivation.

Key words: Through technology, computer-integrated adaptive treatment, metrology providing, standardization.

Введение и постановка проблемы

В стране существует проблема связанная с производством штампов холодной листовой штамповки (ХЛШ) в основном до 85% осуществляемой в ручную. В тоже время в современном производственном процессе ХЛШ является одним из наиболее распространённых методов, который позволяет:

1. Изготавливать самые разнообразные по форме детали в короткие сроки с минимальными затратами.

2. Обеспечивать удельный вес штампуемых деталей для основных отраслей промышленности до 60% до 85%.

3. Расширять номенклатуру холодноштампуемых деталей за счёт труднодеформируемых и малопластичных металлов, сплавов и неметаллических деталей.

4. Переводить ряд процессов литья иковки на холодную листовую штамповку, что снижает вес детали на 50% и уменьшает расход металла до 70%.

5. Обеспечивать применение холодной листовой штамповки кроме серийного, а также в мелкосерийном и единичном производствах.

При современном единичном и мелкосерийном производстве вопросы точности измерений, стандартизации и унификации, а также стоимости и экономичности занимают основное место в рыночных отношениях. От серийности и количества выпускаемой продукции значительно зависят и вышеуказанные показатели.

В связи с этим возникла необходимость в технически гибких механизмах и системах управления, позволяющих повысить эффективность и производительность при мелкосерийном производстве, для которых традиционные крупносерийные методы автоматизации непригодны.

Анализ последних исследований и публикаций

Тенденция роста рынка к мелкосерийному (единичному) производству изделий заставила

многих производителей обращаться к более гибким методам обработки, позволяющим чаще перестраивать производство, затрачивая на это минимум времени и трудозатрат.

Рассмотренные последние публикации и в них исследования носят демонстрационный характер [1] с относительным приближением к реальному проектированию и изготовлению штампов ХЛШ.

Цель работы

Повышение эффективности, производительности, точности, а отсюда сокращение времени проектирования и трудовых затрат в процессе изготовления штампов ХЛШ.

Методика исследования

Штампы холодной листовой штамповки, несмотря на то, что они относятся к особо сложной и точной продукции, являются наиболее стандартизованными и унифицированными, многоуровневыми иерархическими системами, состоящими из блоков и пакетов, составляющими штамп – полуфабрикаты [2, 3]. Штамп – полуфабрикаты

состоят из стандартизованных деталей и применяются по типоразмерам для различных типов штампов. В тоже время от методов и средств контроля измерения деталей штампового инструмента зависит точность штампуемой детали и всего изделия. Это определяет прогрессивность и широкое применение процессов холодной листовой штамповки как в стране так и в ближнем и дальнем зарубежье.

Учитывая изложенное разработана и исследована модель интегрированной сквозной адаптивной компьютерной технологии управления подготовкой производства (ИСАК ТУПП) и изготовления деталей штампов представлена на рис. 1 [4]. Методика исследования апробирована в процессе опытно-промышленного внедрения.

Основные результаты исследования

ИСАК ТУПП работает следующим образом. На вход подаётся чертёж штампуемой детали заказчика. Чертёж заказчика кодируется по инструкции.

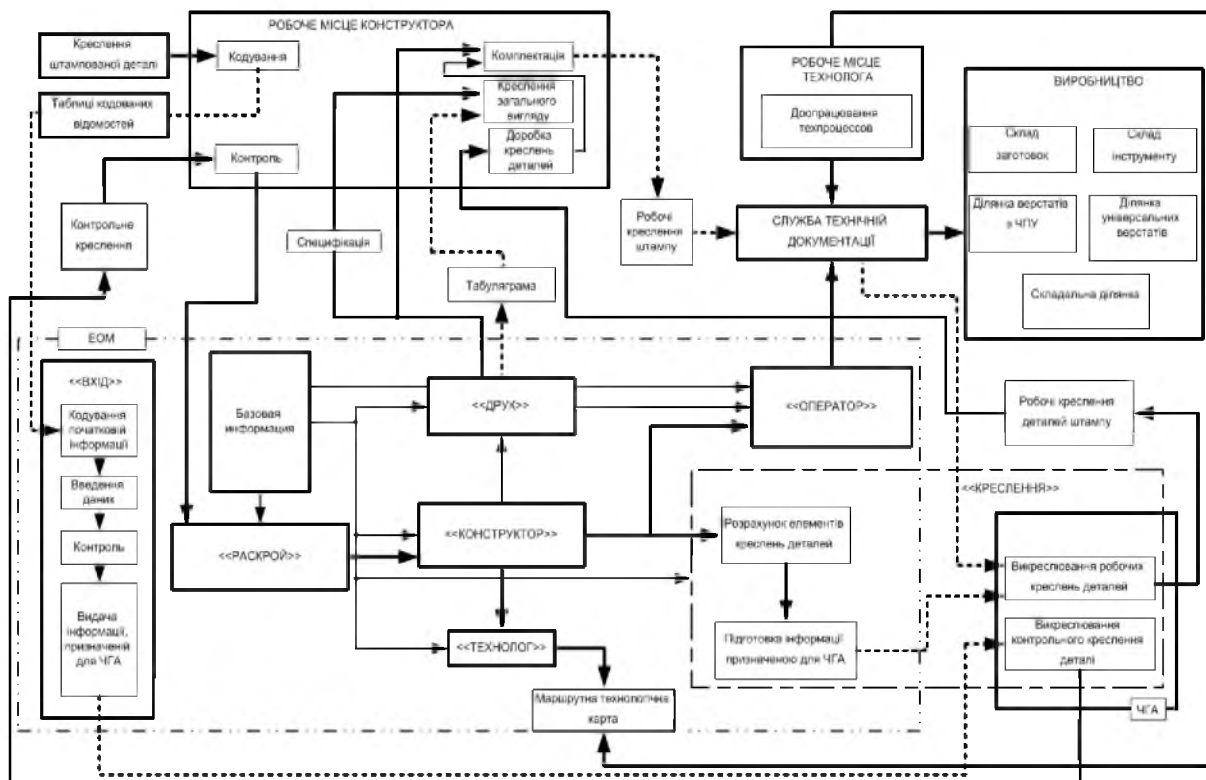


Рисунок 1 – Модель интегрированной сквозной компьютерной технологии управления подготовкой производства и изготовления деталей штампов

Интегрированная система состоит из: системы «Вход»: контроль исходного задания с визуальной проверкой на Плоттере (Выход I); системы «Раскрой»: чертежей раскроя (уклада) контуров деталей заказчика и сведения технологического характера; системы «Конструктор»: информация о спроектированных деталях штампа; системы

«Технолог»: информация для автоматизированной разработки управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ. Производственный блок по изготовлению штамп-полуфабрикатов: блоков, пакетов и доработки пакетов (формообразующего инструмента и сопрягаемых деталей) по детали заказчика.

В производственных условиях возникают непредвиденные «изменения производственных условий» по: материалу, конфигурации детали заказчика, размерам детали и т.п. Без учёта этих «изменений» система работает не гибко. Для

учёта этих производственных изменений в ИСАК ТУПП разработан «Блок адаптации» (рис. 2), который встроен в ИСАК ТУПП и функционирует следующим образом.

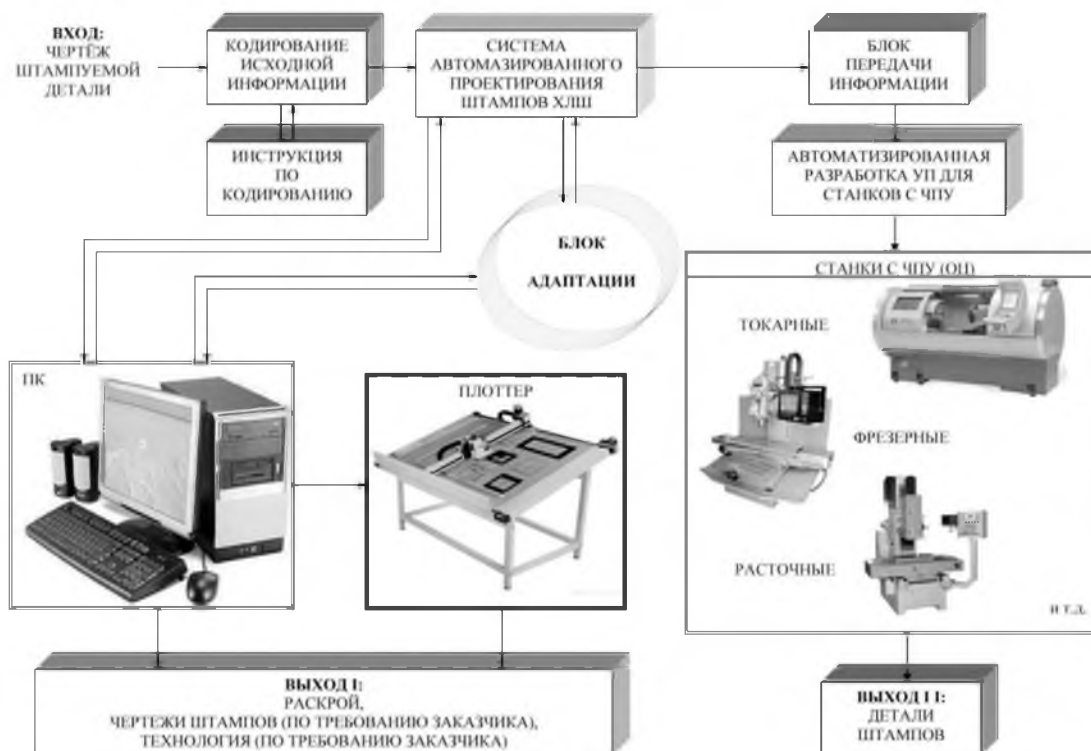


Рисунок 2 – Модель ИСАК ТУПП и изготовления деталей штампов с оборудованием управления, изготовления и свернутым блоком адаптации

В том случае, когда возникают производственные условия (Блок № 4), отличные от тех, на которые настроена система, срабатывает блок адаптации (рис. 3).

В блоке адаптации подключаются блоки: №1 – управляющий блок; №2 – адаптации с учителем, состоящий из: блока 2.1.1 – «Сравнения, распознавания и оценивания», блока 2.1.2 – «Нормативно – справочной информации», блока 2.1.3 – «Программного поля восприятия», блок 2.1.4 – «Алгоритмов адаптации», блок 2.1.5 – «Знаний». Блок адаптации при помощи блоков: распознавания образов, нормативно-справочной информации, блока знаний – десятилетиями накопленного опыта и передаёт свою информацию пользователю, который принимает окончательное решение и передаёт (вектор d) это окончательное решение в блок управления, который повторно производит все измерения, проверяет все допуски, посадки, зазоры вырубного инструмента и т.п.

При синтезе оптимальной структуры системы управления производством наиболее эффективным является применение теоретико-множественного подхода. Данный подход обеспечивает возможность наиболее полно

наделять полученные конструкции конкретными математическими структурами и предельно обобщенно подойти к проблеме описания сложных систем, к которым относится ИСАК ТУПП.

Иерархическая уровневая система S вектора управления U в ИСАК ТУПП, представляет собой совокупность векторов [4, 5]:

$$U = (X, Z, \Omega, \varphi, \psi)$$

где X – множество состояний системы, которая является декартовым произведением множеств входа:

$$X = \prod_{i=1}^n X_i$$

Множество Z управлений внешних воздействий, промежуточных воздействий ω и множество выходных воздействий Ω являются множествами отображений:

$$\forall z \in Z \quad Z = \prod_{i=1}^n Z_i \quad Z: X \rightarrow X, \quad \forall \omega \in \Omega$$

$$\omega: X \rightarrow X \quad \Omega = \prod_{i=1}^n \Omega_i$$

Любой из векторов состоит из N-го количества составляющих, например, $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ и т.д.

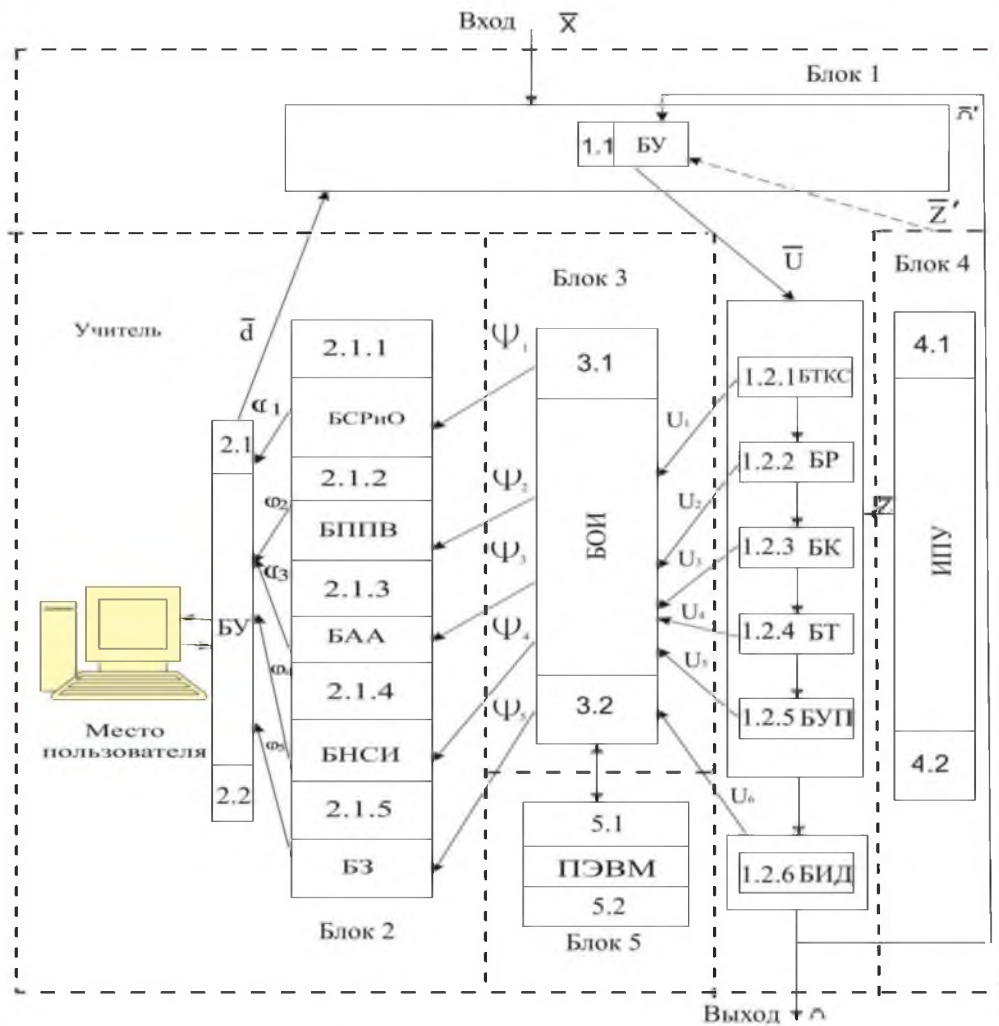


Рисунок 3 – Модель адаптивного управления процессом изготовления деталей штампов

Причем:

$$Z = \prod_{i=1}^n Z_i, \quad \Omega = \prod_{i=1}^n \Omega_i,$$

так что $z(x) = (z_1(x_1), z_2(x_2), \dots, z_n(x_n))$

$\Omega(x) = (\Omega_1(x_1), \Omega_2(x_2), \dots, \Omega_n(x_n))$

для всех $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X$,

где $z_i \in Z_i : X_i \rightarrow X_i$, $\Omega_i \in \omega_i : X_i \rightarrow X_i$.

Будем полагать, что множества Z_i и Ω_i содержат элемент $\wedge$ такой, что $\wedge(x) = x$, для всех $x \in X_i$ и для $i = 1, 2, \dots, n$. $\varphi : X \rightarrow P(X)$, $\psi : X \rightarrow P(Z)$,

где $P(\cdot)$ - совокупность всех непустых подмножеств, множества m , φ и ψ являются диагональными произведениями

$$\varphi = \bigtriangleup_{i=1}^n \varphi_i, \quad \psi = \bigtriangleup_{i=1}^n \psi_i$$

отображений $\varphi_i : X \rightarrow P(X_i)$, $\psi_i : X \rightarrow P(Z_i)$, $(i = 1, 2, \dots, n)$.

Так что для каждого $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$

$$(x) = \prod_{i=1}^n \varphi_i(x), \quad \psi(x) = \prod_{i=1}^n \psi_i(x), \quad \text{где } \varphi_i(x)$$

определяются значениями многозначных отображений $\varphi_{ki} : X_k \rightarrow P(X_i)$, $(k = 1, 2, \dots, n)$

как первое непустое множество в последовательности $A_n \subseteq A_{n-1} \subseteq \dots \subseteq A_1$,

$$A_m = \bigcap_{k=1}^m \varphi_{ki}(x_k), \quad (m = 1, 2, \dots, n). \quad \text{Аналогично}$$

$\psi_i(x)$ - первое непустое пересечение.

Таким образом, иерархическую систему можно рассматривать как систему, состоящую из n -уровней $(i = 1, 2, \dots, n)$

$$U_i = (X_i, Z_i, \Omega_i, \{\varphi_{ij}\}_{1 \leq j \leq n}, \{\psi_{ij}\}_{1 \leq j \leq n})$$

С учётом приведенных составляющих управляющий вектор U примет вид:

$$U = F(A, X) \quad \text{или} \quad A = (\varphi, \psi, Z, D, \Omega);$$

где A - адаптивная управляющая процесса

$$U = F(X, \varphi, \psi, Z, D, \Omega)$$

Это позволяет, в основном, адаптироваться к изменяющимся производственным условиям [6].

И «сквозная компьютерная технология...», в большинстве случаев, работает безотказно. В противном случае задание снимается для доработки в стационарных условиях.

В современном производственном процессе измерительные операции занимают до 50% всего времени, отводимого на техническое обслуживание. В связи с этим средства измерения непрерывно совершенствуются: они становятся высокоточными, быстродействующими и надежными, что обеспечивает получение оперативной достоверной информации о состоянии

контролируемых технических устройств. Из модели на рис.4 следует, что средства измерений и контроля, позволяют получать объективную информацию о функционировании технического устройства и, таким образом, определять алгоритм действия системы управления. В данной модели автоматизированной системы управления средствами измерения и контроля техническими устройствами, представленной на рис. 4, совокупность средств измерений и контроля объединяются в единую систему, управляемую ПЭВМ.

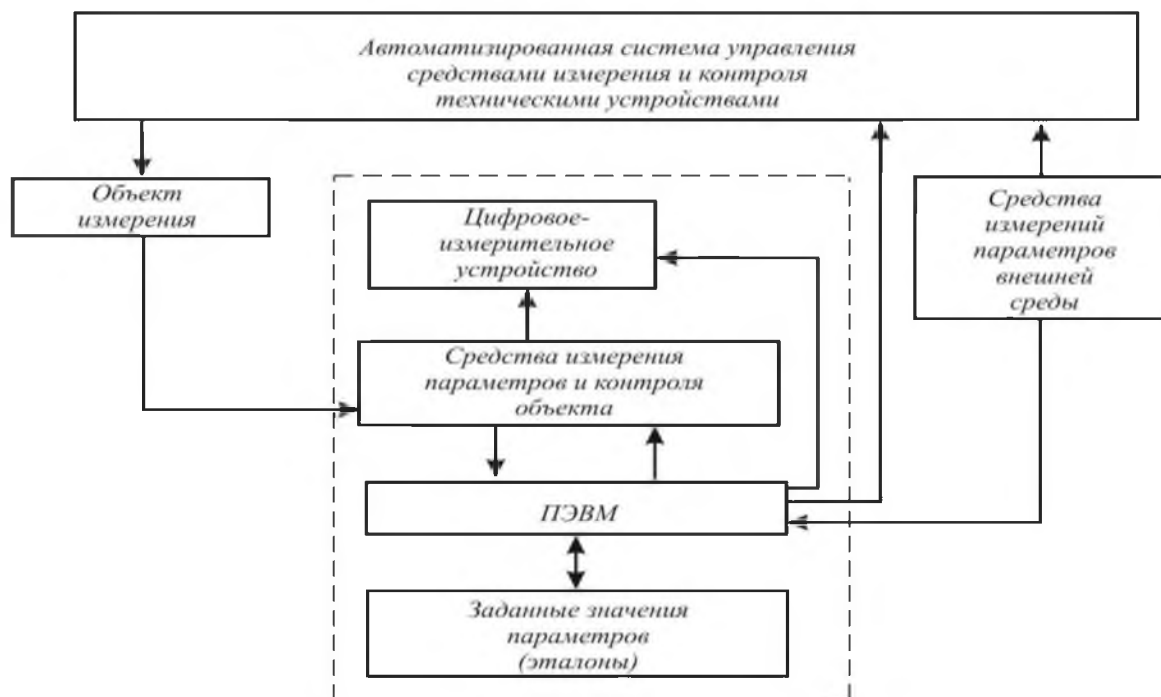


Рисунок 4 – Модель автоматизированной системы управления средствами измерения и контроля

В нашем случае объектом измерения и контроля является инструмент штампа пуансон – матрица, обрабатываемая на спецстанке универсально-фрезерном – расточном 67 с инструментальным магазином (СУФ Р67ИМ). Представленный на рис. 5 СУФ Р67ИМ с активной обратной связью предназначен для обработки сложных формообразующих поверхностей деталей инструмента штампов. СУФР67ИМ может использоваться как вертикальный так и как горизонтальный станок. В данный момент на поворотном столе с приводом от станка (см. рис 5) обрабатывается сложный инструмент штампа: пуансон – матрица. Активный контроль осуществляется на станке при помощи цифрового индикатора установленного на отдельной стойке. При износе инструмента или его поломке эта информация передается в ПЭВМ (поток I- Изменения), а далее в блок адаптивной модели, где учитываются изменившиеся условия (распознавание образов) и, при необходимости, производится активная корректировка по подаче

или по числу оборотов электродвигателя главного привода (обратная связь: поток II-коррекция).

При изготовлении деталей штампов большое значение приобретает точность и качество их изготовления. В связи с указанным необходимо учитывать погрешности ГПМ (гибкого производственного модуля), которым является СУФ Р67ИМ и их управляющих устройств. Микропроцессорные системы ЧПУ имеют существенно более высокое быстродействие по сравнению с электромеханической (гидравлической) системой привода.

Поэтому управление СУФ Р67ИМ позволяет, практически безынерционно, сформировать сигналы управления движения формообразующих и вспомогательных механизмов ГПМ. В этих условиях динамические и статические показатели привода имеют решающее значение для обеспечения производительности и точности движения отдельных агрегатов и системы в целом.

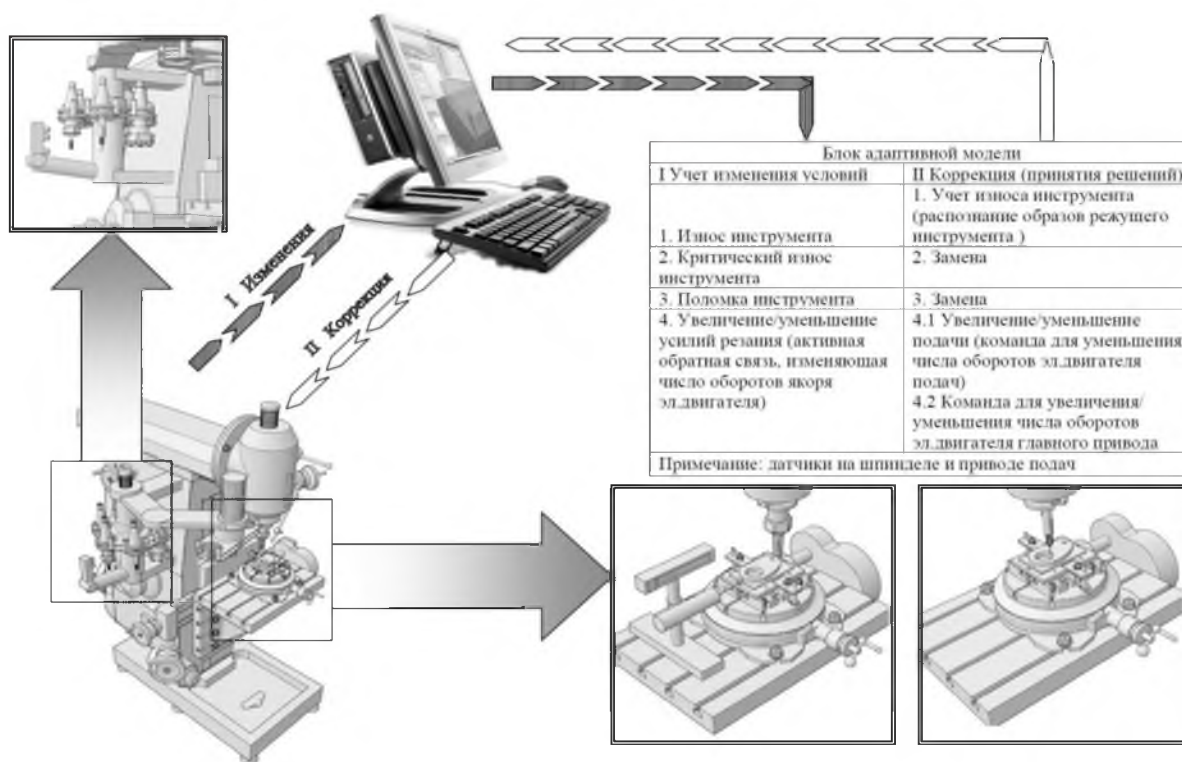


Рисунок 5 – Представлен СУФ Р67ИМ высокоскоростной с ЧПУ и наладка на обработку пуансон – матрицы с активным и пассивным контролем

Выводы

Представленная в статье ИСАК ТУПП значительно повышает эффективность, сокращает время и трудозатраты по сравнению с ручным проектированием и изготовлением штампов. Автоматизированная система управления измерениями и контролем на базе СУФ Р67ИМ с обратной связью и блоком адаптации, встроенном в ПЭВМ, позволяет активно реагировать на изменяющиеся условия производства и, при необходимости, производит корректировку режимов обработки, что способствует точности и качеству штампового инструмента.

Список использованных источников:

1. Гривачевский А.Г. Моделирование и автоматизация конструирования штампов / А.Г. Гривачевский, Н.В. Прохvatкин. – Минск: Наука и техника, – 1986. – С.200.
2. Клещев Г.М. Безлюдна, безпаперова, наскрізна комп'ютерна технологія управління виробництвом штамів ХЛШ є критерієм якості / Г.М. Клещев, Л.В. Коломієць // Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 37, Зовнішнєрекламсервіс, – 2010. – С.161-165.
3. Патент №48027 Україна (UA), МПК, В21D 22/02 (2006.01), Метод інтегрованої наскрізної

підготовки виробництва та виготовлення деталей штамів / В.П. Квасніков, Г.М. Клещев, Л.В.Коломієць і ін., // заявник Одеський державний інститут вимірювальної техніки, дата подання заявки 27.07.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 54.

4. Квасніков В.П. Роль стандартизації в підготовці виробництва штамів / В.П. Квасніков, Г.М.Клещев. – К.: Вісник інженерної академії України. Випуск 1. Теоретичний і науково – практичний журнал інженерної академії України. 2008. – С.168-173

5. Клещев Г.М. Математическая модель автоматизированной интегрированной системы подготовки производства штампов ХЛШ / Г.М. Клещев // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури – Випуск № 29 частина 2. – 2008. – С.112-116.

6. Клещев Г.М. Роль стандартизації в підготовці виробництва штамів послідовної дії холодного листового штампування в сільгоспвиробництві / Г.М. Клещев // Аграрний вісник Причорномор'я: Збірн. Наук. Праць. – Випуск №40 Одеський державний аграрний університет. – 2007. – С.136-143

Рецензент: д.т.н. Боряк К.Ф., Одесская государственная академия технического регулирования и качества, Одеса

Н.С. Царьова, А.В. Задорожний, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса.

СТАН БЕЗПЕКИ ДИТЯЧИХ ІГРАШОК В УКРАЇНІ

В статті розглядається стан безпеки дитячих іграшок в Україні, приводиться чинний Технічний Регламент безпеки іграшок, який прийнятий країнами ЄС.

Ключові слова: Технічний регламент, безпека іграшок.

Н.С. Царёва, Задорожный А.В., к.т.н.

СОСТОЯНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕТСКИХ ИГРУШЕК В УКРАИНЕ

В статье рассматривается состояние безопасности детских игрушек в Украине, приводится действующий в Украине Технический Регламент безопасности игрушек, принятый странами ЕС.

Ключевые слова: Технічний регламент, безпека іграшок.

N. Tsareva, A. Zadorozhnyi, Ph.D

THE STATE OF SAFETY OF CHILD'S TOYS IS IN UKRAINE

In the article the state of safety of child's toys is examined in Ukraine, operating in Ukraine Technical Regulation over of safety of toys, EC accepted by countries, is brought.

Keywords: Technical regulation, safety of toys.

Головне призначення іграшок полягає у виявленні і розвитку творчих здібностей дітей, які повинні самі винаходити іграшки. Під поняттям "іграшка" (згідно Технічному безпеки іграшок) розуміється продукція (ігровий матеріал), призначена для гри з нею дітей віком до 14 років. У кожному віці дитині потрібні різноманітні за тематикою і призначенням іграшки.

Завжди неодмінною умовою при виготовленні іграшок була їх безпека для дітей. Оцінюючи безпеку іграшок, експерти обертають увагу на такі фактори:

- матеріали, з яких виготовлена сама іграшка та її складові;
- конструкцію іграшки;
- гострим краям і кінцям деталей;
- рівень звуку і запаху;
- пожежо-, вибухо- та електробезпеки;
- наявність та правильність маркування.

Жодна країна не існує без технічного законодавства та технічних документів, які регламентують правила, процеси, методи

виготовлення та контролю продукції, а також гарантують безпеку життя, здоров'я і майна людей та навколишнього середовища. Так, в грудні 2005 року був прийнято Закон України N 3164-IV "Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності". Цей Закон визначає правові та організаційні засади розроблення і застосування національних стандартів, технічних регламентів та процедур оцінки відповідності, а також основоположні принципи державної політики у сфері стандартизації, технічного регулювання та оцінки відповідності.

Технічні Регламенти повинні містити вимоги безпеки для життя та здоров'я людини, а також майна та навколишнього середовища, опис видів продукції, правила маркування та введення продукції в обіг, яка підлягає обов'язковому підтвердженню відповідності. Також цей документ встановлює форму, зміст та строк зберігання декларації про відповідність. Під кожний затверджений регламент повинен публікуватися перелік національних стандартів, які являються базою для виконання вимог регламенту.

З 2011 р. набрав чинності наказ N 425 Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики, в якому зазначається, що дитячі іграшки були виключені з Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні. Скасування обов'язкової сертифікації іграшок відбулося у зв'язку зі введенням в дію 26 квітня 2010 р. Технічного регламенту безпеки іграшок. Цей Технічний Регламент містить вимоги до фізичних, механічних, електричних, хімічних та санітарно-гігієнічних властивостей іграшок, а також обмеження за змістом радіоактивних та легкозаймистих елементів та речовин. Крім норм безпеки, яким повинні відповідати іграшки, розповсюджені на території України, даний документ визначає процедуру оцінки їх відповідності цим нормам, правила маркування та введення іграшок в обіг. Технічний Регламент безпеки іграшок розроблено відповідно до Директиви Ради Європейських Співтовариств від 03.05.1998 року щодо зближення законів держав-членів стосовно безпеки іграшок (88/378/ЄЕС). Оцінку відповідності іграшки вимогам цього Технічного регламенту проводить за вибором виробника або уповноваженого представника орган з оцінки відповідності. Зразок кінцевої продукції повинен бути досліджений і випробуваний на відповідність вимогам національних стандартів.

Базою для виконання вимог цього регламенту є перелік національних стандартів, які в разі добровільного застосування є доказом відповідності продукції вимогам Технічного регламенту з підтвердження відповідності безпеки іграшок приведено в таблиці 1.

Істотні зміни стандартів EN 71 полягають в розробленні нових методів випробувань іграшок.

Наприкінці 2012 року Держспоживінспекцією були оголошені результати моніторингу товарів дитячого асортименту. Вони показали, що з більш 255 тисяч перевірених іграшок було забраковано 154 тисячі, тобто 60 %. Було відмічено, що в основну порушення були пов'язані з відсутністю маркування.

Також були оприлюднені результати дослідження дитячих іграшок, які показали, що більш третини іграшок, що були куплені в Україні, містять токсичні метали.

Таблиця 1 – Позначення та назва стандарту

N з/п	Позначення та назва стандарту
1.	ДСТУ EN 50088:2002 Безпечність електричних іграшок
2.	ДСТУ EN 71-1:2005 Безпечність іграшок. Частина 1. Механічні та фізичні властивості
3.	ДСТУ EN 71-2:2005 Безпечність іграшок. Частина 2. Займистість
4.	ДСТУ EN 71-3:2005 Безпечність іграшок. Частина 3. Міграція певних елементів
5.	ДСТУ EN 71-4:2005 Безпечність іграшок. Частина 4. Експериментальні набори для хімічних дослідів та аналогічних занять
6.	ДСТУ EN 71-5:2005 Безпечність іграшок. Частина 5. Хімічні іграшкові набори, відмінні від експериментальних наборів для хімічних дослідів
7.	ДСТУ EN 71-6:2005 Безпечність іграшок. Частина 6. Графічні умовні позначення для попереджувального вікового маркування

Отже, впровадження технічного регламенту безпеки іграшок, який був прийнятий країнами ЄС, переводить перевірку показників якості та безпеки з площини держави в площину відповідності виробника та постачальника продукції. Це стало можливим завдяки врахуванню у стандартах усіх показників, які можуть впливати на безпеку іграшок та подальшого використання їх дітьми.

Список використаних джерел:

1. Закон України N 3164-IV "Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності"
2. Технічний регламент безпеки іграшок (постанова КМ від 8 жовтня 2008 р. N 901)
3. Наказ Державного Комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики N 85 від 21 березня 2006 року "Про затвердження переліку національних стандартів, які в разі добровільного застосування є доказом відповідності продукції вимогам Технічного регламенту з підтвердження відповідності безпеки іграшок".

Рецензент: д.т.н., проф., Коломієць Л.В., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

В.В. Чепкий¹, к.т.н., **В.В. Скачков²**, д.т.н., **Г.Д. Братченко²**, д.т.н., **С.Л. Волков²**, к.т.н.

¹Межнародний гуманітарний університет, м. Одеса;

²Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ З ПОЗИЦІЇ СИНЕРГІТИЧНОГО ПІДХОДУ

У статті викладено методологічні аспекти та перспективи використання синергетичного підходу при побудові єдиного інформаційного середовища навчального закладу, як відкритої системи, що самостійно розвивається. Слідуючи обраної методології, запропоновано опис діяльності навчального закладу, формування вимог до інформаційної системи та їх практичну реалізацію розглядати, як єдиний процес створення та розвитку систем узгоджених проблемно-орієнтованих моделей. Розроблено механізм перетворення проблемно-орієнтованих моделей. Запропоновано варіант практичної реалізації його на базі організаційно-функціональної моделі та корпоративної моделі інформаційно-технологічної взаємодії, які складають основу єдиного інформаційного середовища навчального закладу.

Ключові слова: методологія, синергетика, синергетичний підхід, єдина інформаційна середу, електронний ресурс, самоорганізація, корпоративної системи інформаційно-технологічної взаємодії, організаційно-функціональна модель, база даних.

В.В. Чепкий¹, к.т.н., **В.В. Скачков²**, д.т.н., **Г.Д. Братченко²**, д.т.н., **С.Л. Волков²**, к.т.н.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ С ПОЗИЦИИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

В статье изложены методологические аспекты и перспективы использования синергетического подхода при построении единой информационной среды учебного заведения, как открытой саморазвивающейся системы. Следуя выбранной методологии, предложено описание деятельности ВУЗа, формирование требований к информационной системе и их практическую реализацию рассматривать, как единый процесс создания и развития систем согласованных проблемно-ориентированных моделей. Разработан механизм преобразования проблемно-ориентированных моделей. Показан вариант практической реализации его на базе организационно-функциональной модели и корпоративной модели информационно-технологического взаимодействия, составляющих основу единой информационной среды учебного заведения.

Ключевые слова: методология, синергетика, синергетический подход, единая информационная среда, электронный ресурс, самоорганизация, корпоративной системы информационно-технологического взаимодействия, организационно-функциональная модель, база данных.

V. Chepkiy¹, PhD., **V. Skachkov²**, ScD., **G. Bratchenko²**, ScD., **S. Volkov²**, PhD.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF BUILDING A UNIFIED INFORMATION ENVIRONMENT HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS WITH A SYNERGETIC APPROACH POSITION

The article describes the methodological aspects and prospects of a synergistic approach in constructing a unified information environment of the school, as an open self-developing system. Following the methodology chosen, offered the description of the school, the formation of information system requirements and their implementation in practice considered as a single process of creation and development of coordinated problem-oriented models. The mechanism of the conversion application-oriented models. Shown practical implementation of it on the basis of organizational and functional model and the corporate model of information technology interaction, form the basis of a unified information environment school.

Keywords: methodology, synergy, synergy approach, a single information environment, an electronic resource, self-organization, a corporate system of information technology interaction, organizational and functional model database.

Постановка проблеми

Комплексная реализация основных мероприятий по информатизации современного учебного заведения, как известно, сводится к принятию решения на создание и дальнейшее развитие единой информационной среды (ЕИС),

представляющей активную проекцию деловых процессов (бизнес-процессов) высшего учебного заведения (ВУЗа) на плоскость информационных технологий [2, 8, 9, 14].

Принимая решение на создание ЕИС, необходимо избежать разрушительных процессов в деятельности ВУЗа, обеспечив при этом разумный объем инноваций, как в учебной, так и в управленческой деятельности. Поэтому, в большинстве случаев, проектирование ЕИС осуществляется по методу «снизу-вверх», когда система формируется как набор наиболее важных приложений:

- вначале на компьютерные технологии переводятся отдельные задачи управления ВУЗом, а проектируемые программные модули опираются на локальные массивы данных;

- затем, созданные программные модули оперативно внедряются и дорабатываются в процессе эксплуатации информационной системы.

Такой подход, отчасти сохраняемый и до настоящего времени, во-первых, не обеспечивает реализации требований, предъявляемых к информационным системам с продолжительным циклом жизни, а во-вторых, не устраняет проблем, вызванных рядом объективных факторов:

- сложностью объекта проектирования, обусловленной многообразием бизнес-процессов и понятий предметной области, его внутренней структурой, многочисленностью контингента и трудностями его организации, а также жесткостью временных регламентов;

- регулярными изменениями объекта информатизации, вызванными как внутренней оптимизацией, так и реакцией ВУЗа на изменяющиеся требования образовательной среды, и необходимостью адаптации к ним;

- вынужденными изменениями в самой информационной среде ВУЗа, связанной с распределенной инфраструктурой, множествам данных, технологий, подсистем, пользователей и т.д.;

- длительностью жизненного цикла ЕИС, в течение которого происходит поэтапная замена аппаратного оборудования, внедрение нового программного обеспечения, совершенствование телекоммуникационных технологий.

Анализ исследований и публикаций

Различные аспекты построения ЕИС в ВУЗе отражены во многих изданиях, в частности:

- формирование и интеграция информационных ресурсов в корпоративных системах, концепции построения

информационной среды ВУЗов, рассмотрены в публикациях [1, 5, 6, 9];

- моделирование интегральной среды ВУЗа, предметной области ЕИС, процесса информационно-технологического взаимодействия с базами данных и СУБД отражено в работах [3, 7, 10, 14];

- исследования принципов организации, поддержки и сопровождения информационной системы, обеспечение и оценка жизнеспособности ЕИС ВУЗа представлены в изданиях [6, 9-12].

Проведенный анализ указывает на объективное существование разных подходов к формированию ЕИС и отсутствие однозначных аргументов в пользу выбора ВУЗом одного из этих подходов. При этом было установлено, что в образовательном процессе ЕИС в рамках целенаправленного взаимодействия всех ее компонентов, наблюдаются явления, изучаемые синергетикой – междисциплинарным направлением научных исследований, ставящее своей основной задачей познание общих закономерностей и принципов, лежащих в основе процессов самоорганизации в системах разной природы [3, 13].

Цель статьи

Рассмотреть методологические аспекты и перспективы использования синергетического подхода, как инструмента для построения единой информационной среды учебного заведения.

Основная часть

Концепция планирования ЕИС ВУЗа, как открытой информационной системы с продолжительным циклом жизни, предполагает учитывать явления самоорганизации, возникающие в процессе эволюционного развития такой системы. Характерным признаком самоорганизации служит самопроизвольное усложнение структуры информационной среды при медленном и плавном изменении ее параметров.

При таких обстоятельствах в качестве методологической составляющей для принятия решения на создание ЕИС ВУЗа целесообразно выбирать синергетический подход, реализующий идеи синергетики о том, что развитие объектов всех уровней материальной и духовной организации протекает по общим закономерностям, а их разнообразие лежит в основе устойчивого и дисциплинарного развития систем [4, 12].

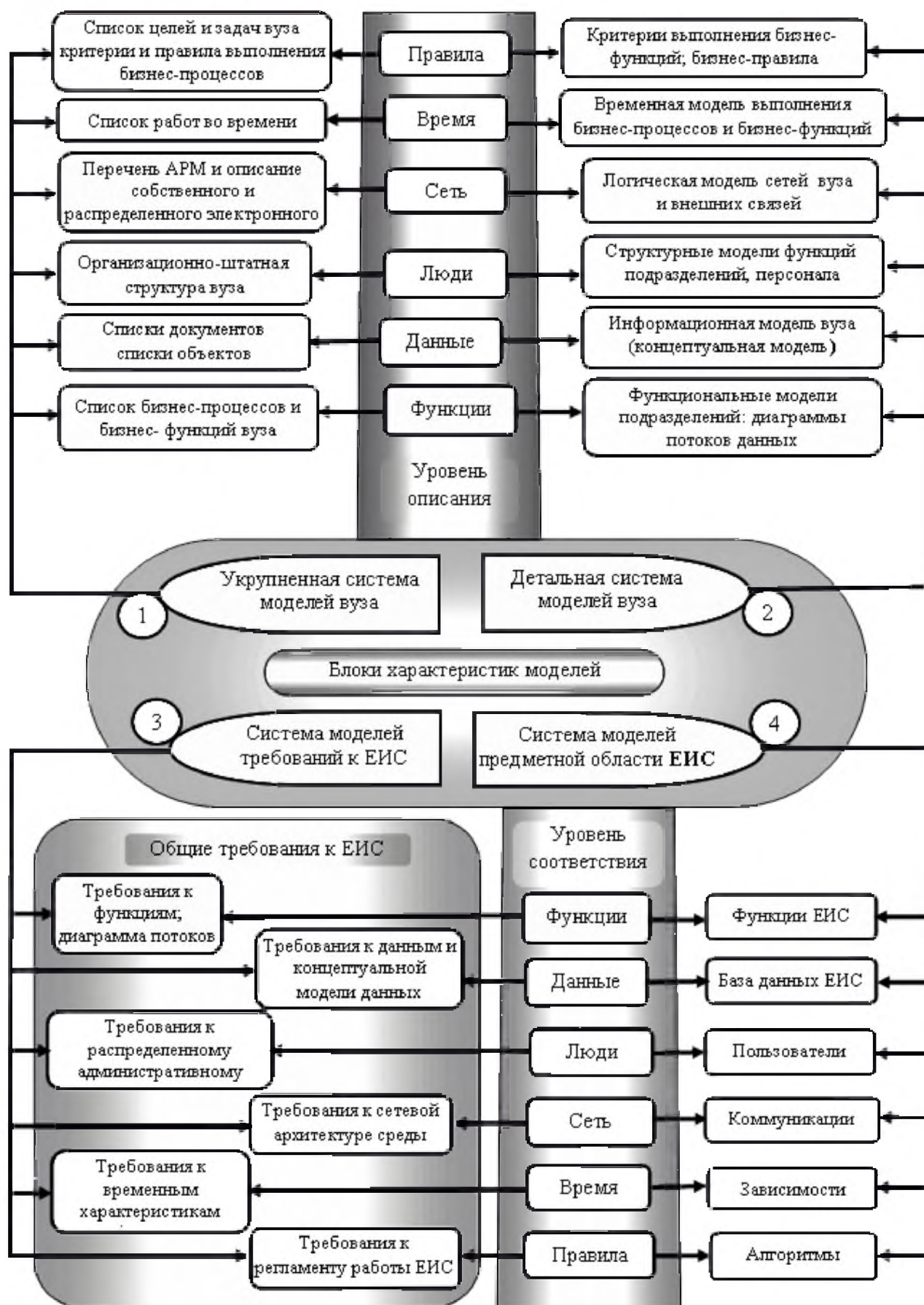


Рисунок 1 – Схема преобразования согласованных проблемно-ориентированных моделей ЕИС ВУЗа

Следуя выбранной логике, предлагается описание деятельности ВУЗа, формирование требований и непосредственное создание ЕИС рассматривать, как единый процесс создания и развития систем согласованных моделей. На «согласованности взаимодействия частей при образовании структуры как единого целого» акцентирует внимание Г. Хакен, основатель синергетики, при толковании термина «синергетика» [14].

Визуально, методологию создания и развития системы согласованных проблемно-ориентированных моделей построения ЕИС ВУЗа, отображает схема преобразований (рис. 1), которая содержит три модельных блока.

Первый блок представляют модели описания деятельности ВУЗа, которые строятся с помощью CASE-средств и сохраняются в репозитории проекта. При обследовании и построении моделей допускается распараллеливание работ. Кроме того, возможно применение систем моделей не связанных с бизнес-процессами, но необходимых при создании ЕИС ВУЗа.

Согласно схемы преобразования развитие согласованных моделей происходит по основным направлениям, определяющим деятельность ВУЗа: данным, функциям, людям, сети, времени и правилам. Номер системы определяет ее уровень, который раскрывается в виде частных моделей по каждой группе характеристик. Переход от уровня к уровню показывает развитие моделей в процессе описания деятельности ВУЗа, а правила перехода определяются методологией, обеспечивающей полноту и согласованность механизма построения моделей.

Второй блок образует система моделей описания требований к единой информационной среде ВУЗа, которая формируется с учетом следующих синергетических принципов [5, 13]:

- информационной и аналитической открытости системы;
- присутствия активного, энергетического начала, выполняющего функции информационно-управляющего ядра;
- возникновения новых структур в результате тесной связи самоорганизации с кооперативным процессом и коллективным согласованным поведением компонентов системы;
- развития диалогического взаимодействия на различных уровнях системы, включая механизмы обратной связи;
- ориентации на цели саморазвития, на развитие обучающихся и обучаемых, на формирование ценностных приоритетов.

Парадигма синергетического подхода позволяет определиться с общими требованиями:

1. Как открытая система, ЕИС должна

эффективно интегрироваться в глобальное информационное пространство, служащее физической основой для WWW и множества других систем передачи данных. Указанное требование обязывает:

- во-первых, при построении ЕИС, включающей программные и аппаратные средства, службы связи, интерфейсы, форматы данных и протоколы, использовать развивающиеся, доступные и общепризнанные стандарты, обеспечивающие переносимость, взаимодействие и масштабируемость приложений и данных;

- во-вторых, применять методы функциональной стандартизации, то есть согласованного набора базовых стандартов, необходимых для решения класса образовательных задач.

2. Как распределенная компьютерная система, ЕИС должна базироваться на централизованной сетевой базе данных, способствующей внутренней структуризации информационного ресурса. Такая централизация:

- содействует решению множества проблем сбора, обработки, хранения, защиты, сопровождения и поддержки информационных данных в актуальном состоянии;

- исключает избыточность хранимых информационных данных, что способствует их внутренней самоорганизации, обеспечивая однородность и упорядоченность их за счет использования внешних и внутренних стандартов;

- исключает дублирование собственно данных и действий персонала по их сопровождению, а также облегчает ввод, хранение, защиту и администрирование цифровых и сетевых ресурсов учебного заведения.

3. Логическая модель корпоративной базы данных ЕИС должна обеспечивать всестороннюю структуризацию, упорядочивание и классификацию сохраняемой информации. С этой целью целесообразно использовать разные групповые и семантические классификационные признаки, а также применять методы и механизмы представления и хранения информации, способствующие внутренней организации и самоорганизации информационного ресурса ВУЗа. В противном случае, по мере расширения системы и увеличения объемов информации система ЕИС естественным образом будет диссипировать к состоянию полного информационного хаоса.

4. Как корпоративная система, ЕИС должна располагать реализацией распределенного

административного и клиентского Web-интерфейсов. Это позволяет:

- во-первых, дистанционно обслуживать корпоративный банк данных;
- во-вторых, сохранить локальный характер управления информацией;
- в-третьих, направить усилия всего коллектива на формирование единого непротиворечивого информационного ресурса ВУЗа;
- в-четвертых, в перспективе для каждого структурного подразделения организовать в ЕИС собственное автоматизированное рабочее место, обеспечивающее производственную деятельность подразделения на качественно новом технологическом уровне, поддержанном аппаратными и программными средствами.

Общие синергетические требования к ЕИС позволяют определиться с функциональными требованиями. В результате стратификации и итерационного уточнения формируются основные модели требований к архитектуре ЕИС, данным и СУБД, интерфейсу, коммуникационной структуре, регламенту работы пользователей, к реализуемым функциям и управлению системой.

Третий блок представляет множество проблемно-ориентированных моделей. Реализуя принципы синергетики, методология согласованного развития системы в процессе ее моделирования и прогнозирования ее позволяет выделить следующие особенности построения ЕИС ВУЗа:

- во-первых, организовать проектирование системы от данных, то есть применить модель, базирующуюся на централизованном хранилище данных и распределенном доступе к хранящейся в нём информации средствами современных технологий корпоративных Intra-сетей или разработанными Web-оболочками. Такая организационная структура позволяет осуществлять эффективное взаимодействие всех подразделений ВУЗа, а также получать оперативную информацию для принятия управленческих решений;

- во-вторых, в основу проектирования ЕИС положить модель предметной области, основой которой является модульный принцип построения. В общем случае такая модель может состоять: из модуля управления образовательным процессом ВУЗа; модуля информационных ресурсов; модуля коммуникационных средств корпоративной сети; модуля инструментальных средств доступа к цифровым ресурсам. Возможен и более конкретный уровень моделирования, учитывающий временное состояние предметной области.

Таким образом, с позиций синергетического подхода решение на построение ЕИС ВУЗа методологически опирается на два

представления:

- модель ЕИС учебного заведения;
- модель предметной области ЕИС ВУЗа.

Учитывая взаимосвязь различных факторов, зависимость от внешних и внутренних условий и бифуркационный характер процесса моделирования, синергетический подход приводит к структурному и функциональному многообразию указанных моделей. На практике такое многообразие ориентируется на две реализации:

- организационно-функциональную модель;
- корпоративную модель информационно-технологического взаимодействия.

Организационно-функциональная модель является удобным средством описания и регламентации организационного устройства ЕИС ВУЗа. С позиций синергетического подхода, учитывающего многовариантность и альтернативность реализации, такая модель должна располагать следующим набором возможностей:

- функциями корпоративной информационной системы учебного заведения;
- системными функциями информационно-управляющего ядра ЕИС ВУЗа;
- программно-информационными сервисами интегрированной среды.

Выполнение указанных функций в единой информационной среде ВУЗа возложено на три структурные составляющие (рис. 2):

- систему коллективной работы;
- Web-портал;
- информационные компоненты.

Естественным решением для построения системы коллективной работы является выбор базового инструментария в форме открытого пространства единого электронного документооборота. Такое пространство учитывает специфику управляющих процессов ВУЗа и интегрирует потоки информации в единую систему обработки цифровой управленческой информации, электронных форм учебных и научных данных.

Web-портал ВУЗа проектируется как самостоятельный структурный элемент корпоративной системы, частично выполняющий функции информационно-управляющего ядра [12].

Например, на общесистемные компоненты Информационного Web-портала ВУЗа могут быть возложены такие функции управляющего ядра как:

- формирование состава цифровых ресурсов и служб ЕИС и предоставление доступа к ним;
- обеспечение защиты цифровых ресурсов и служб ЕИС учебного заведения;
- ведение и поддержка в актуальном

состоянии метаданных и организация поиска;

– идентификация электронных ресурсов, регистрация, категоризация и интеграция ресурсов различных областей и отраслей знаний;

– обслуживание запросов на обработку информационных ресурсов учебного заведения и другие формы управления ими.

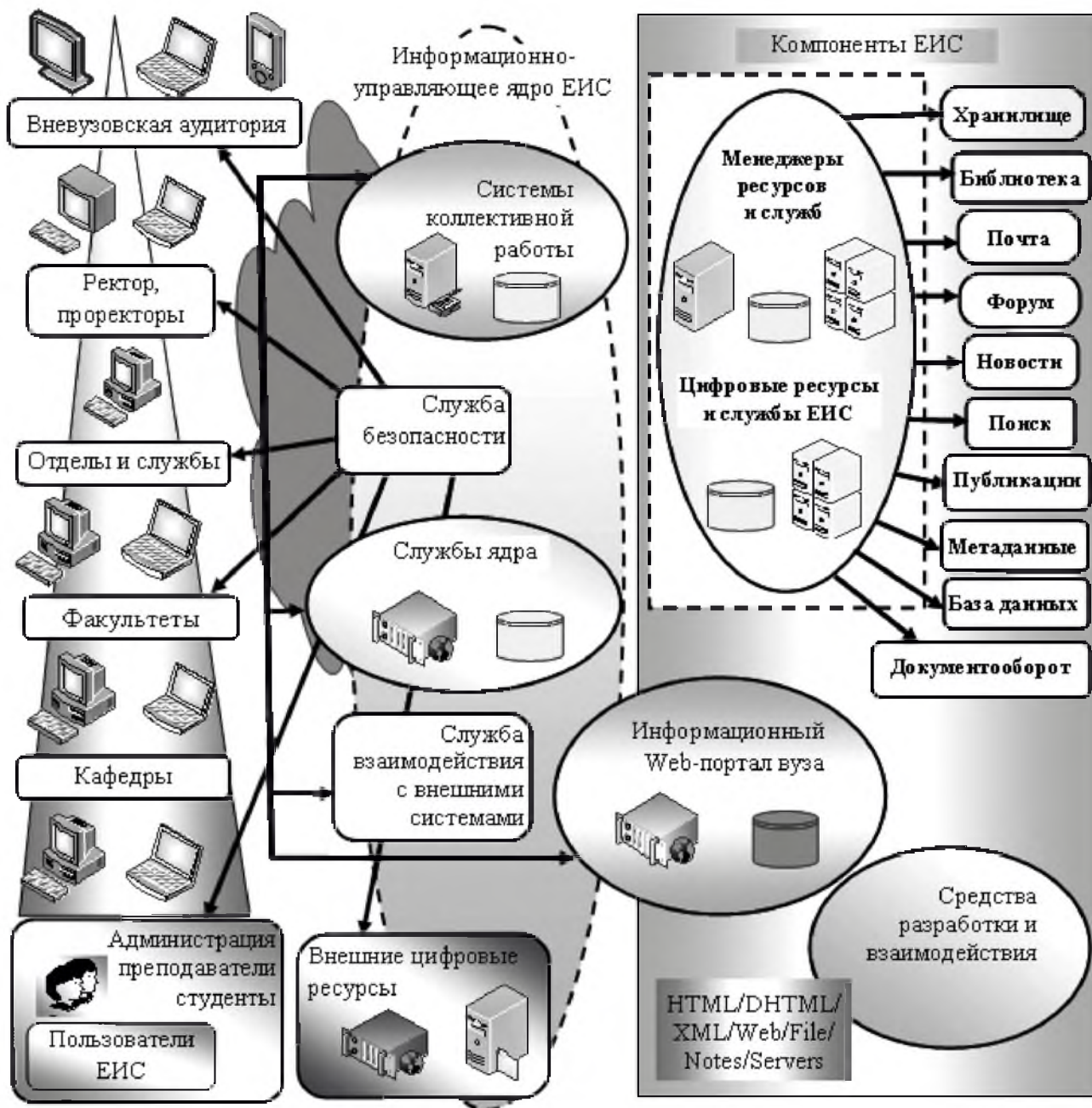


Рисунок 2 – Организационно-функциональная модель единой информационной среды учебного заведения

Являясь общедоступным компетентным источником, Web-портал ВУЗа должен обладать свойствами публичного корпоративного портала. С его помощью обеспечивается интегрированный доступ к электронным ресурсам ВУЗа по унифицированному Web-интерфейсу.

Информационные компоненты обеспечивают, во-первых, наполнение ЕИС содержанием, а во-вторых, выполнение

некоторых услуг. В первом случае компонент представляет собой связку «менеджер-ресурс», в которой менеджер ресурса осуществляет взаимодействие цифрового ресурса с ядром, а ресурс является элементом общего контента ЕИС ВУЗа. Во втором случае компонент представляется связкой «менеджер-служба», в которой «служба» интерпретируется как цифровой ресурс специального типа.

Основной задачей менеджера является

трансляция информационных и управляющих потоков данных, соответствующих корпоративным стандартам информационно-управляющего ядра ЕИС ВУЗа в специфичные для этого ресурса потоки данных и обратно. При этом обеспечивается бесшовное взаимодействие как самого ядра с любым подключенным ресурсом, так и взаимодействие между ресурсами.

2. Корпоративная модель информационно-технологического взаимодействия (КМИТВ) или просто, модель взаимодействия определяет уровень и способы взаимодействия между компонентами ЕИС. Используя технологию клиент-сервер, такая модель позволяет выбрать интерфейс взаимодействия между цифровыми ресурсами и потребителями их, а также определиться с архитектурой доступа к удаленным данным.

В условиях саморазвития, то есть способности системы определять пути развития без воздействия извне, КМИТВ основывается на стандартах взаимодействия между собой, как компонентов информационной среды, так и их отдельных приложений. В частности:

- если под информационными ресурсами понимаются только данные, то стандарт на взаимодействие сводится к организации доступа к удаленным базам данных;

- если статус информационных ресурсов приобретают не только данные, но и различные приложения, то часть методов обработки данных каждой подсистемы ЕИС реализуется в виде приложений, доступных из других подсистем.

Выбор процедуры доступа к удаленным данным и приложениям позволяет:

- определить уровни информационно-технологического взаимодействия между электронными ресурсами и их потребителями;

- спроектировать архитектуру модели информационного взаимодействия ее компонентов, реализующих предметную область ЕИС;

- выбрать протоколы взаимодействия, разработать общие интерфейсы базовых компонент и предложить архитектуру доступа к приложениям и удаленным данным.

В общем случае КМИТВ позволяет организовать согласованное информационное и операционное взаимодействие физических и юридических пользователей, программных средств и программно-аппаратных комплексов с внутренними электронными ресурсами и/или внешними информационными пространствами. В рамках решаемой задачи указанные компоненты взаимодействия образуют:

- группу пользователей цифровых ресурсов;
- инфоструктуру, представляющую совокупность цифровых ресурсов, информационных подсистем

и потоков информации между ними;

- инфраструктуру, отражающую комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур (средств вычислительной техники, коммуникаций, инженерных систем, информационных подсистем), составляющих и/или обеспечивающих основу для функционирования и развития единой информационной среды ВУЗа.

Являясь основными компонентами предметной области ЕИС ВУЗа, такие группы компонентов образуют информационно-технологический базис взаимодействия на уровне:

- информационного взаимодействия инфраструктуры и потребителей ресурсов;

- сервисов, обеспечивающих существование и функционирование инфоструктуры;

- информационного наполнения и предоставления услуг пользователям ресурсов.

Взаимодействие инфраструктуры и потребителей ресурсов предполагает наличие технической базы для размещения электронных ресурсов и предоставления средств доставки контента конечному пользователю.

Выводы

Представленный в статье материал затрагивает только избранные вопросы огромной темы – использования методов синергетики при исследовании сложных саморазвивающихся систем с длительным циклом жизни. Целью статьи было показать, что методология синергетического подхода к ЕИС ВУЗа, как открытой саморазвивающейся системе, определяют механизм формирования, как единый процесс создания и развития системы согласованных проблемно-ориентированных моделей. При этом акценты делаются на два методологических аспекта:

- методологию анализа интегральной информационной среды, включающей описание деятельности учебного заведения на основе бизнес-процессов и формирование требований к моделям ЕИС ВУЗа и предметной области;

- методологию проектирования от данных, предназначенной для планирования и разработки инфоструктуры и инфраструктуры ЕИС ВУЗа.

Методология согласованного развития проблемно-ориентированных моделей привносит в систему единой информационной среды целый ряд новых характеристических признаков:

- целостность ЕИС теперь предполагает наличие в ней особого информационно-управляющего ядра, а также прямых и обратных связей между ним и подсистемами (компонентами);

- целое информационной среды не исчерпывается свойствами частей, возникает

системное качество целого. Часть внутри целого и вне его обладает разными свойствами;

– возникают новые смыслы в пространственно-временных описаниях уровней формирования ЕИС ВУЗа. Нарращивание системой новых уровней организации, например, применения технологии распределённой обработки данных, известной как «облачная технология», сопровождается изменением «пространственно-временных окон», фиксирующих границы устойчивости каждого из уровней и горизонты прогнозирования их изменений.

В общем смысле изложенный материал может рассматриваться как один большой комментарий применения базовых принципов синергетического подхода, как методологической основы, для принятия решения и формирования ИС. Последняя, как известно, создает условия для совместной разработки и реализации концепции информатизации высшего учебного заведения.

Список использованных источников:

1. Андреев В.В., Герова Н.В. Требования к информационной системе управления учебным процессом ВУЗа. // Программные продукты и системы. – 2010. – № 1. – С. 135–138.
2. Ахметов Б. С. Основы построения информационной образовательной среды ВУЗа. Актобе: АГУ им. К. Жубанова, – 2005. – С.332.
3. Бабич И.Н. Синергетика как методологическая основа формирования образовательной среды школы. www.mce.su/archive/doc21907.
4. Буданов В. Г. Синергетическая методология в постнеклассической науке и образовании. Синергетическая парадигма. Синергетика образования. – М.: Прогресс-Традиция, – 2007.
5. Единая образовательная информационная среда: Проблемы и пути развития: Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф.-выставки. – Омск: Изд-во ОмГУ, – 2004. – С.330.

6. Исаев И.В. Модели и алгоритмы формирования концептуальной схемы данных единой информационной среды ВУЗа: Дис. канд. техн. наук: 05.13.06 – Томск. – 2005. – С. 210.
7. Казанская О.В. Формирование информационной образовательной среды технического университета / О.В. Казанская, В.И. Гужов // Университетское управление: практика и анализ. – 2003. – № 4(27). – С. 57 - 61.
8. Королев Д. А. Подходы к построению единой информационной среды в ВУЗе. «Студенческая аудитория» №1. – М.: МИЭМ. – 2006. – С.14-16.
9. Крюков В. В, Шахгельдян К. И. Корпоративная Информационная среда ВУЗа. // Монография. – Владивосток: Дальнаука. – 2007. – С. 308.
10. Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков В.Я. Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. Фонд содействия информатизации образования. – М: Просвещение. – 2005. – С. 264.
11. Паршукова Г.Б., Протасова О.Н. Единая образовательная информационная среда: Проблемы и пути развития: Материалы 6 Международной науч.-практ. конф.-выставки. – Томск: ООО «Графика-Пресс», – 2007. – С. 169.
12. Синергетические аспекты создания корпоративной информационной системы ВУЗа // Сайт Тольяттинского государственного университета сервиса. www.tolgas.ru.
13. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, – 1980 – С. 264.
14. Чепкий В.В., Бузиан В.Г., Макачук И.В. Формирование единой информационной среды высшего учебного заведения // Комп'ютерні технології, інформаційна безпека та дизайн: Матеріали IV Науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу та студентів Міжнародного гуманітарного університету – Одеса: МГУ, – 2009. – С.164-169.

Рецензент: д.ф.-м.н., доцент Ковальчук В.В., Військова академія, Одеса

РОЗДІЛ 2

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення

Н.В. Глухова, к.т.н., **В.И. Корсун**, д.т.н., **Л.А. Песоцкая**, д.мед.н.

ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ ФЛИККЕР-ШУМОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

В структурно-динамических параметрах водной среды содержится информация о предшествующих воздействиях, при этом понятие «информация» рассматривается как мера организованности движения частиц в системе. В работе предложено применение методологии фликкер-шумовой спектроскопии при анализе кирлиан-фотографий проб воды для оценки биоэнергоинформационных свойств жидкой среды. Установление характерных признаков кирлиан-фотографий обеспечивается выделением высокочастотной составляющей из профиля яркости изображения.

Ключевые слова: кирлиан-фотография, анализ изображений, качество воды, фликкер-шумовая спектроскопия.

Н.В. Глухова, к.т.н., **В.І. Корсун**, д.т.н., **Л.А. Пісоцька**, д.мед.н.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДОЛОГІЇ ФЛІККЕР-ШУМОВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

У структурно-динамічних параметрах водного середовища міститься інформація щодо попередніх впливів, при цьому поняття «інформація» розглядається як міра організованості руху часток у системі. У роботі запропоновано використання методології фліккер-шумової спектроскопії при аналізі кірліан-фотографій зразків води для оцінки біоенергоінформаційних властивостей рідкого середовища. Встановлення характерних ознак кірліан-фотографій забезпечується завдяки виділенню високочастотної складової з профілю яскравості зображення.

Ключові слова: кірліан-фотографія, аналіз зображень, якість води, фліккер-шумова спектроскопія.

N. Glukhova, PhD, **V. Korsun**, ScD, **L. Pesotskaya**, ScD (Med.)

ESTIMATION QUALITY WATER WITH USE METHODOLOGIES FLICKER-NOISE SPECTROSCOPY

Information is kept in structured-dynamic parameter of the water ambience about preceding influence, at notion "information" is considered as measure of organizedness moving the particles in system. In work is offered using to methodologies flicker-noise spectroscopy at analysis Kirlian photographs of the tests of water for estimation bioenergy characteristic of the fluid ambience. The determination typical sign Kirlian photographs is provided by separation radio-frequency constituting of profile of brightness of the scene.

Keywords: Kirlian photography, image analysis, water quality, flicker-noise spectroscopy.

Введение

Проведение комплексных исследований качества воды является актуальной задачей в различных сферах человеческой деятельности. Последние научные достижения в этом вопросе показывают, что стандартные методы контроля химического состава воды, изучение ее отдельных свойств и характеристик являются недостаточными. Это обусловлено тем, что свойства воды определяются не только наличием органических и неорганических примесей, но и внешними воздействиями, например, в виде электромагнитных и акустических полей [1].

Анализ последних достижений и публикаций. Способность воды воспринимать и в дальнейшем хранить информацию о внешних

воздействиях основывается на существовании в ее составе совокупности кластерных ассоциатов. Их наличие подтверждено теоретическими и экспериментальными исследованиями [2]. На практике были использованы методы протонного магнитного резонанса [3], рефрактометрии [4], высокоэффективной жидкостной хроматографии, ИК- и лазерной фемтосекундной спектроскопии, дифракции рентгеновских лучей [1]. В воде происходит формирование нейтральных кластеров и заряженных кластерных ионов $(H_2O)_n$, $[(H_2O)_n]^+$ и $[(H_2O)_n]^-$ для $n = 3-27$. Структурной единицей воды является кластер, состоящий из клатратов, сформированных за счет наличия дальних кулоновских сил. Иерархическая пространственная

жидкокристаллическая структура, построенная на основе кластеров различных типов, способна воспринимать и хранить информацию о внешних воздействиях [1].

Необходимо подчеркнуть, что сложность получения экспериментальных данных о состоянии воды обусловлена, прежде всего, высокой динамичностью жидкой среды и ее открытостью. «Оседлая жизнь» молекулы воды составляет 10-11с, далее, из-за наличия тепловых флуктуаций, она занимает другое место в пространстве [1]. Кластеры значительно более устойчивы, при этом они могут находиться как в изолированном состоянии, так и образовывать более сложные структуры.

Извлечение информации на основе анализа сигналов, генерируемых реальными открытыми системами, всегда сопряжено с наличием большого количества неинформативных параметров, проявляющихся в ходе эксперимента.

Таким образом, с учетом нестационарности и высокой динамичности сложных открытых систем, непросто подобрать математический аппарат, позволяющий выполнять анализ экспериментальных данных, полученных при изучении подобных объектов. Одной из наиболее перспективных методологий, специализированно разрабатывавшихся для решения такого класса задач, является фликкер-шумовая спектроскопия (ФШС) [7]. ФШС формировалась в качестве общего подхода к извлечению информации из сложных сигналов. Она применима для анализа взаимосвязей, характерных для последовательности нерегулярностей сигналов на разных уровнях пространственно-временной эволюционной динамики.

Вода, как природный объект, является источником сложного излучения, отображающего ее внутреннее состояние. В работах [5, 6] доказана эффективность применения методов газоразрядной визуализации и кирлиан-фотографии при исследовании энергоинформационных свойств воды.

В работе [8] предложен способ визуализации изображения газоразрядного свечения в зоне контакта жидкости с фотоматериалом. При этом фиксируется структура газоразрядного свечения объекта (капли воды) в электромагнитном поле. Далее определяются параметры структур свечения в зоне контакта жидкофазных объектов с фотоматериалом, анализируется наличие зернистых включений в зоне контакта и ширина внешней засветки. Оценка энергоинформационного состояния воды выполняется по совокупности параметров свечения.

Цель

Выявить характерные признаки (паттерны) в изображениях кирлиановского свечения, позволяющие придать информационную значимость особенностям различных типов воды. Обосновать выбор основных критериев для оценки биоэнергоинформационных свойств воды из различных источников на основе компьютерного анализа изображений кирлиановского свечения капель проб воды.

Основная часть

При компьютерной обработке экспериментальной информации, полученной методами кирлиан-фотографии и газоразрядной визуализации (ГРВ), обычно выполняется оценка количественных параметров при сравнении исследуемого образца с эталонным. Наиболее часто вычисляют такие количественные параметры как ширина внутреннего кольца свечения, ширина короны свечения, длина кромки свечения, фрактальная размерность, коэффициент изрезанности и др. [9]. Однако, большинство исследователей в этой области подчеркивают особую важность анализа тонких особенностей изображения кирлиан-свечения внутри кольца, а также неоднородность и структуру короны свечения. Последние характеристики могут быть изучены с применением ФШС-подхода.

С точки зрения цифровой обработки, для изображений кирлиан-фотографий характерно наличие двух составляющих:

- регулярной (детерминированной), обусловленной свойствами исследуемого объекта;
- нерегулярных, «шумовых».

Часто именно вторая составляющая несет в себе важную информационную нагрузку и не должна исключаться из обработки и рассмотрения. В то время как при использовании «классических» подходов, основанных на преобразовании Фурье, обычно «шумовая» компонента воспринимается как помеха и устраняется путем фильтрации.

Поэтому при решении задач цифровой обработки кирлиан-фотографий в данной статье рассматривается применение ФШС. ФШС-методология апробирована при параметризации сложной текстуры поверхностей разной природы. Достоинство данного подхода заключается в возможности анализа, как детерминированных регулярных составляющих, так и нерегулярных компонент, характеризующихся хаотичностью.

Объектом исследований в ФШС подходе могут выступать как временные ряды, описывающие динамику поведения объектов, так и изображения поверхностных структур, на

формирование которых оказали воздействие сложные эволюционные процессы и разнообразные влияющие величины.

В работе [7] рассмотрены подходы к ФШС параметризации поверхностных структур, образующихся при кристаллизации, разрушении, химических реакциях на поверхности материалов. Задача параметризации в этом случае состоит в обосновании методов для выявления специфических «структур» и «узоров», характерных для определенных процессов формирования и свойств материала.

Особенность подхода на основе использования методов ФШС состоит в выделении и анализе ряда характерных параметров («паттернов»), в отличие от других математических подходов, которые обеспечивают оценку только одного параметра (например, вычисление фрактальной размерности изображений). В соответствии с этим для анализа изображений может использоваться несколько «срезов» – отнесенных к одному скану проекций на пространственные оси x и y . Далее для каждой из проекций обеспечивается получение спектров мощности, а также вычисление разностных моментов («переходных структурных функций»).

Основная задача, возлагаемая на метод ФШС, при анализе изображений, состоит в выделении так называемых «паспортных» параметров, отвечающих за специфические свойства исходных данных. В работе [7] также указывается о целесообразности использования нескольких осей для формирования сканов проекций.

Предлагаемый в данной работе алгоритм анализа кириллиц-фотографий включает два этапа. Первый из них заключается в построении профиля яркости пикселей полутонового изображения. Вторым этапом является применение ФШС для графика профиля яркости. Согласно [7] отличительной чертой ФШС-подхода является придание информационной значимости корреляционным взаимосвязям, которые имеют место в последовательностях нерегулярностей сигналов и проявляются в виде всплесков, изломов, скачков и т.д.

Полученное при помощи сканирования кириллиц-фотографии изображение представляется в растровом виде как прямоугольная матрица точек. Оно является полутоновым, так как его пиксели принимают значения интенсивности (яркости) серого цвета. Из исходного изображения получаем график профиля яркости в виде рядов оцифрованных данных $V(x)$, которые можно трактовать как изменение некоторой динамической переменной. Причем, аргумент x рассматривается в методологии ФШС в широком смысле: это

может быть изменение выбранной пространственной или временной координаты. Задача анализа заключается в извлечении из ряда $V(x)$ характерных специфических параметров («паттернов»).

Согласно ФШС-подходу выделение параметров выполняется на базе использования автокорреляционной функции:

$$\psi(x) = \langle V(x)V(x + \tau) \rangle,$$

где τ – параметр задержки по времени или смещения пространственной координаты, угловые скобки указывают на усреднение на некотором интервале. Таким образом, физический смысл автокорреляционной функции состоит в установлении взаимосвязей переменной $V(x)$ при больших и меньших значениях аргумента.

Анализ динамики систем или объектов с точки зрения ФШС предполагает выделение так называемых «пиковых» частот в косинус-преобразовании

$$S_p(f) = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} \langle V(t)V(t + t_1) \rangle \cos(2\pi f t_1) dt_1$$

и «хаотических» компонент в исходной зависимости.

«Пики» соответствуют специфическим частотам объекта, а также интерференционным частотам, которые возникают при суммировании резонансных составляющих сигнала как от самого объекта, так и от внешних воздействий («резонансные» вклады). Причем «резонансные» компоненты достаточно хорошо выделяются с использованием Фурье-анализа.

Параметризацию хаотических вкладов в методологии ФШС предложено осуществлять на основе разностных моментов («переходных структурных функций») для разных порядков p :

$$\Phi^p(\tau) = \langle [V(x) - V(x + \tau)]^p \rangle,$$

где $p=2, 3, \dots$

Для выделения высокочастотной составляющей из исходного сигнала применим «релаксационную» процедуру [7], которая построена как аналог решения уравнения диффузии:

$$\frac{\partial V}{\partial \tau} = \chi \frac{\partial^2 V}{\partial x^2}.$$

Введя приближенную замену $\partial \tau \cong \Delta \tau$, запишем последнее выражение в виде разностного уравнения

$$\frac{V_k^{j+1} - V_k^j}{\Delta\tau} = \chi \frac{V_{k+1}^j - 2V_k^j + V_{k-1}^j}{(\Delta t)^2}.$$

Применив схему численного решения, получим:

$$V_k^{j+1} = wV_{k+1}^j + (1 - 2w)V_k^j + wV_{k-1}^j,$$

$$\text{где } w = \frac{\chi}{(\Delta t)^2} \Delta\tau < 0,5.$$

Последнее ограничение вводится для обеспечения устойчивости численного решения. Для реализации рассмотренных алгоритмов использовалось прикладное программное обеспечение [10].

Рассмотрим примеры применения предложенного подхода к анализу кирлиан-фотографий. Далее на рис. 1-10 представлены результаты анализа на основе ФШС к кирлиан-фотографиям различных проб воды (водопроводной, природной, из монастырских источников). Каждый рисунок включает исходное оцифрованное изображение кирлиан-свечения капли воды, график профиля яркости и спектр высокочастотной составляющей профиля.

Анализ рис. 1-10 показывает принципиальное различие в спектрах высокочастотной составляющей графика профиля яркости. Для образцов водопроводной воды (рис. 1, 9, 10) ярко выражено преобладание амплитуд на низких «частотах».

При построении спектров использовалась функция автоматического масштабирования по осям. Из графиков видно, что для водопроводной воды, соответственно для 3-х приведенных образцов, «частоты» не выходят за пределы 160, 90 и 120.

Природная вода обычно характеризуется более широким спектром, однако, в целом его характер подобен образцам водопроводной.

Принципиально иная картина наблюдается для проб воды, взятых из монастырских источников. Во-первых, амплитуды значительно равномернее распределены по всему диапазону «частот» и не представляется возможным сделать заключение об их преобладании в определенной полосе. Во-вторых, сам по себе частотный диапазон оказывается более широким: 240, 220, 180.

Выводы.

Выделение характерных признаков кирлиан-фотографий обеспечивается на основе ФШС-спектроскопии высокочастотной составляющей для графика профиля яркости. ФШС-подход позволяет оценить характерные особенности кирлиан-свечения проб воды из различных источников. Эффективность предложенного

подхода подтверждена на основании обработки большого количества экспериментальных данных.

Список использованных источников

1. Игнатов И.В., Мосин О.В. Исследование кластерных ассоциатов воды // 16th International Congress Science, Information, Spirit. – June 1,2,3, – 2012, – Istanbul.
2. Christie R. A., Jordan K. D., Monte Carlo. Simulations of the Finite Temperature Properties of (H₂O)₆, in: Theory and Applications of Computational Chemistry: The First 40 Years, A Volume of Technical and Historical Perspectives, Ed. C. E. Dykstra, G. Frenking, K. S. Kim, and G. Scuseria. – New York, Theochem, – 2005, p. 995–1006.
3. Зенин С.В. Исследование структуры воды методом протонного магнитного резонанса. Докл. РАН, – 1993, – Т. 332, – №3, – С. 328.
4. Зенин С.В., Тяглов Б.В. Природа гидрофобного взаимодействия. Возникновение ориентационных полей в водных растворах. Журнал физической химии, 1994, Т.68, – №3. – С. 500 – 503.
5. Кашицкий Э.С. Золотухина Е.И., Счастливая Н.И., Богданович О.Л. Газоразрядная визуализация минеральных вод // Международный XV научный конгресс «Наука. Информация. Сознание». Сб.статей. СПб, – 2011.
6. Песоцкая Л.А., Евдокименко Н.М., Лапицкий В.Н., Боцман Е.И. Тайны воды и эффект Кирлиан / XIII Международный научный конгресс по ГРВ биоэлектрoграфии «Наука. Информация. Сознание», 4 - 5 июля 2009, – Санкт-Петербург. – С. 20-22.
7. Тимашев С.Ф. Фликкер-шумовая спектроскопия: информация в хаотических сигналах. – М.: Физматлит, – 2007. – 248 с.
8. Спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідинно фазного об'єкту і пристрій для його здійснення / Л.А. Пісоцька, В.М. Лапицький, К.І. Боцман, С.В. Геращенко // Патент України на корисну модель № 22212 від 25 квітня 2007 р.).
9. Болдескул О.Є., Коломієць Р.О., Охай Ю.І. Застосування ефекту Кірліан для оцінки структуроутворення в водних системах // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Приладобудування». –2010. – Вип. 39. – С. 4 - 11.
10. Глухова Н.В. Применение методов фликкер-шумовой спектроскопии для обработки сигналов измерительной информации // Электротехнические и компьютерные системы. – 2012. – №06(82). – С. 14 - 20.

Рецензент: д.т.н., профессор Михалев А.И., Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

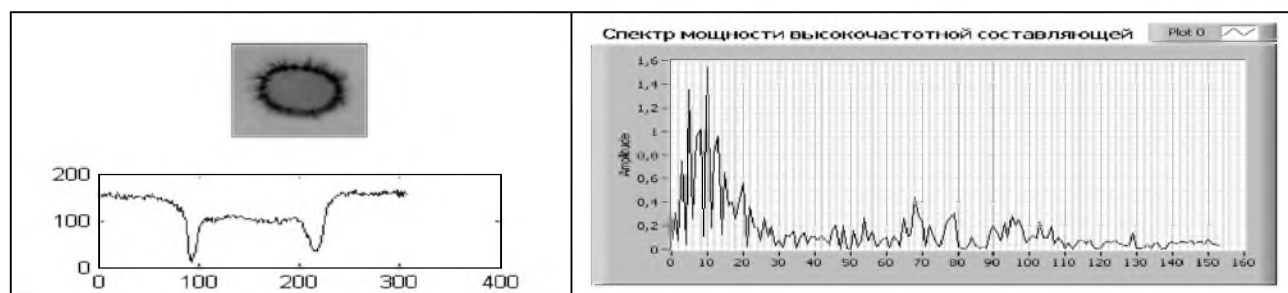


Рисунок 1 – Анализ изображения водопроводной воды (образец 1)

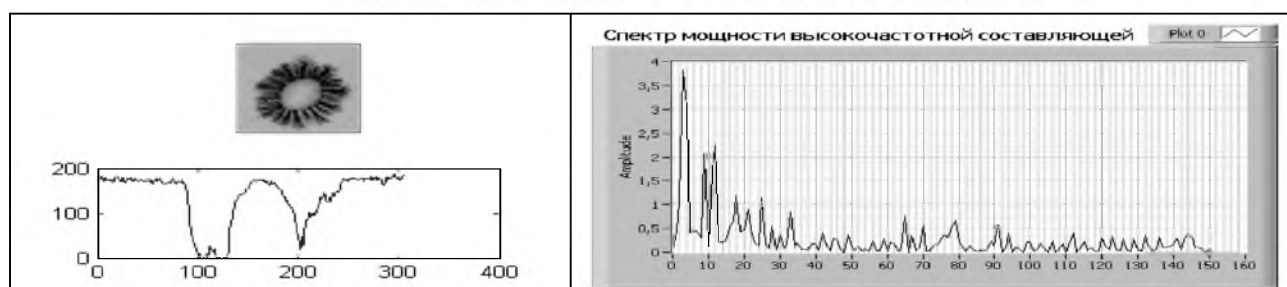


Рисунок 2 – Анализ изображения природной воды (Карадаг)

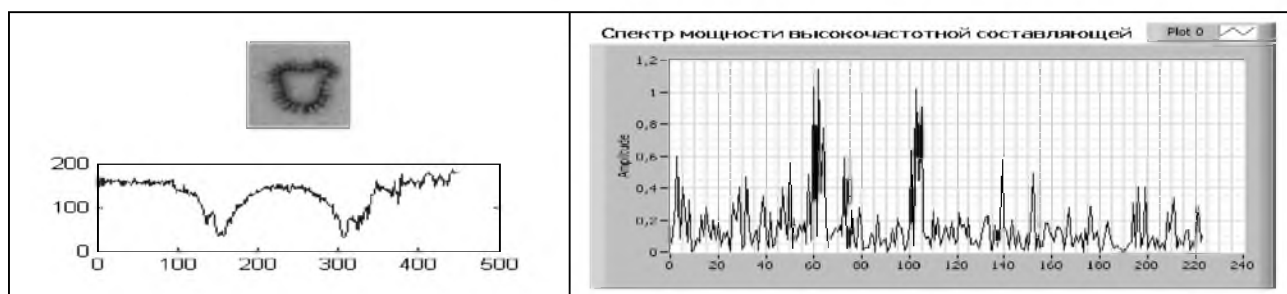


Рисунок 3 – Анализ изображения воды источника «Оптина пустынь»

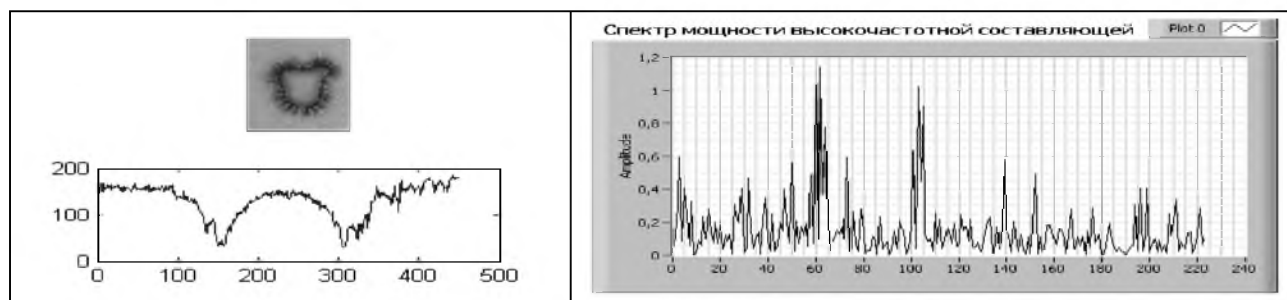


Рисунок 4 – Анализ изображения источника «Софиевка»

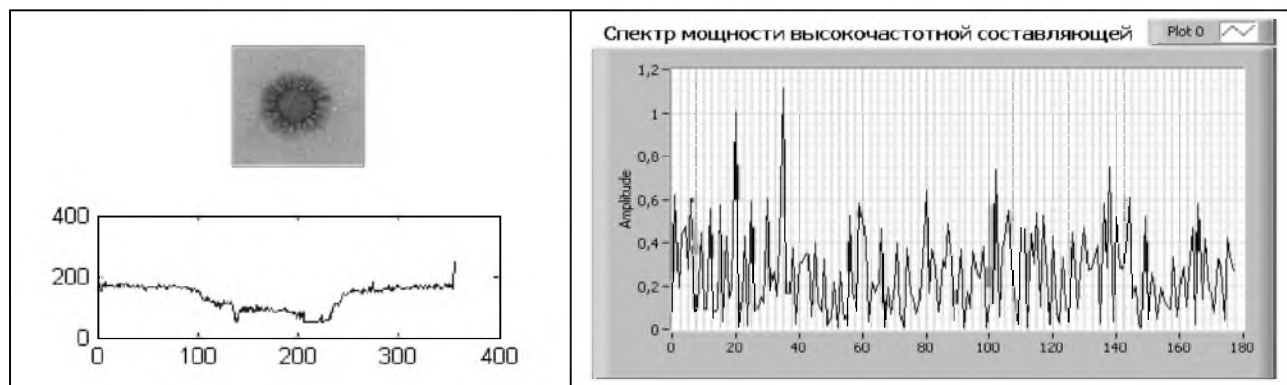


Рисунок 5 – Анализ изображения воды источника «Топловский монастырь»

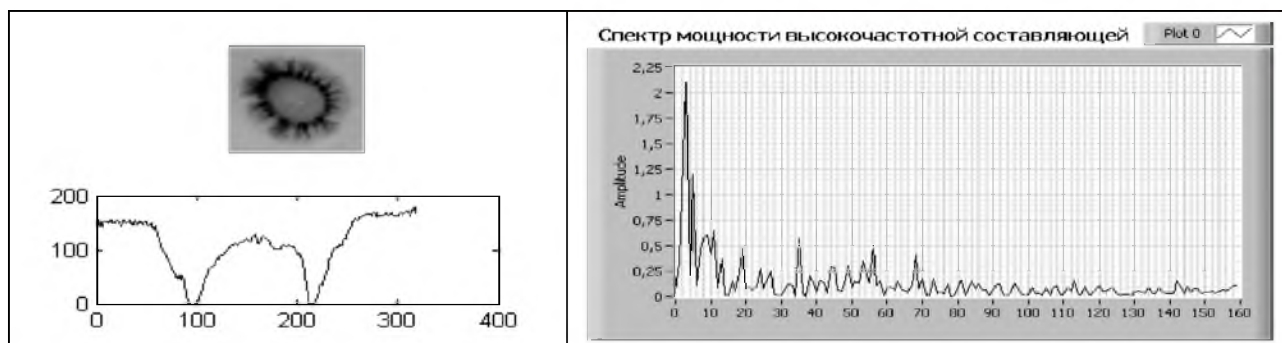


Рисунок 6 – Анализ изображения природной воды источника «Царичанка»

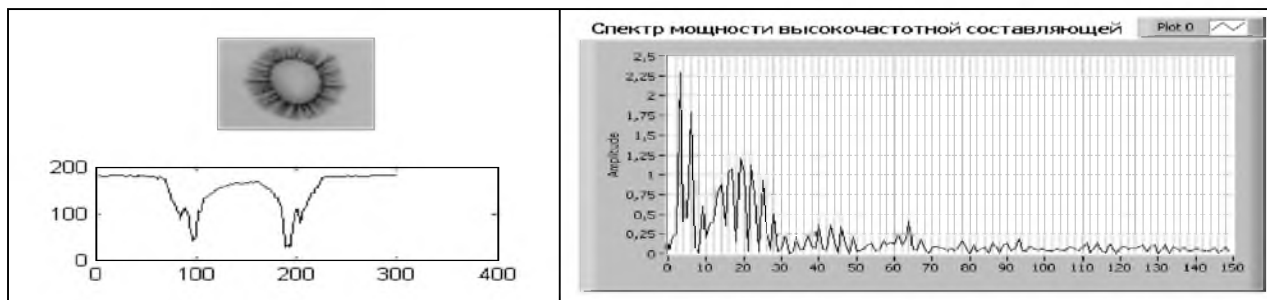


Рисунок 7 – Анализ изображения капли талой воды

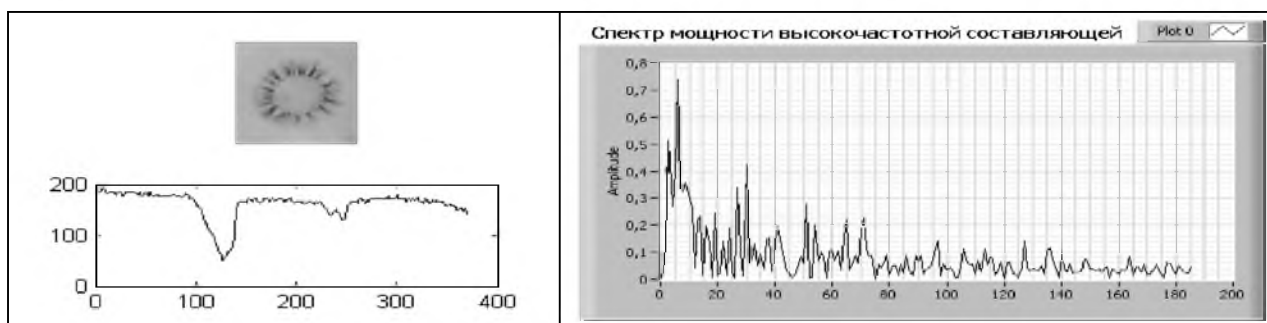


Рисунок 8 – Анализ изображения капли дистиллированной воды

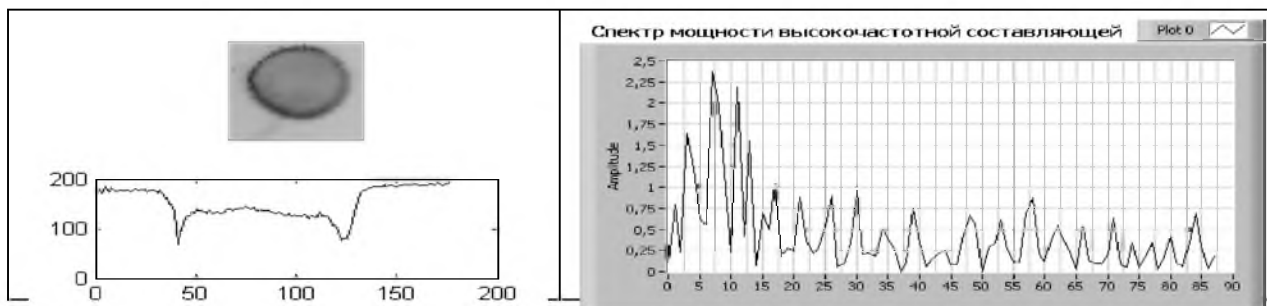


Рисунок 9 – Анализ изображения водопроводной воды (образец 2)

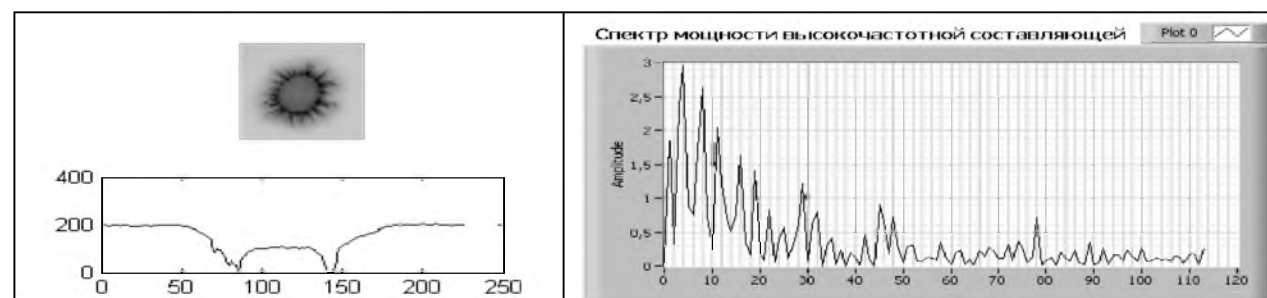


Рисунок 10 – Анализ изображения водопроводной воды (образец 3)

Б.А. Дем'янчук, д.т.н.

Військова академія, м. Одеса.

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПАРАМЕТРІВ ФЕРРИТОВІ КОМПОЗИТИВ

Обговорюються методичні основи сумісного вимірювання діелектричної і магнітної проникності і провідності феритових композитів. Пропонована методика відрізняється від відомих застосуванням сукупності логічних переходів для усунення неоднозначностей вимірювання, які традиційно виникають у разі неспівпадання головних значень аргументу комплексних величин і функції арктангенса характеристичних параметрів розподілу поля в хвилеводній вимірювальній лінії.

Ключові слова: хвилеводна вимірювальна лінія, електромагнітні параметри феритових композитів, відносні діелектрична і магнітна проникності, питомі провідності середовища.

Б.А. Демьянчук, д.т.н.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФЕРРИТОВЫХ КОМПОЗИТОВ

Обсуждаются методические основы совместного измерения диэлектрических и магнитных проницаемостей и проводимостей ферритовых композитов. Предлагаемая методика отличается от известных применением совокупности логических переходов для устранения неоднозначностей измерения, которые традиционно возникают в случае несовпадения главных значений аргумента комплексных величин и функции арктангенса характеристических параметров распределения поля в волноводной измерительной линии.

Ключевые слова: волноводная измерительная линия, электромагнитные параметры ферритовых композитов, относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости, удельные проводимости среды.

B.Demyanchuk, ScD.

METHODOLOGICAL BASIS OF THE MEASURED ELECTROMAGNETIC PARAMETERS FERRITE COMPOSITES

Methodical bases of the joint measuring of dielectric and magnetic permeabilities and conductivities of ferrite composites come into a question. The offered method differs from known application of aggregate of logical transitions for a removal vagueness variabiles which traditionally arise up in the case of lack of coincidence of main values of argument of complex sizes and function of arctangent of characteristic parameters of distributing of the field in a waveguide measuring line.

Keywords: Test line waveguide, the electromagnetic parameters of ferrite composites, relative permittivity and magnetic permeability, the specific conductivity of the medium.

Ведение

Актуальность совершенствования средств и способов однозначного измерения параметров композитов с большими проницаемостями с развитием техники сверхвысоких частот возрастает. Ферритовые композиты широко применяются: в системах для преобразования энергии электромагнитного поля в тепловую; в излучающих системах для уменьшения бокового излучения антенн; в волноводах для выравнивания фронта волны; в направляющих структурах для модуляции сигналов. Кроме того, при решении сложной технической задачи согласования волновых сопротивлений диэлектрических сред на границе их раздела особую актуальность приобретает не только

точное измерение составляющих комплексных проницаемостей сред с электромагнитными потерями, но и целенаправленная коррекция этих параметров.

Ферритмагнетики, оксиды переходных металлов со структурой шпинели, напр., NiCo_2O_4 , Fe_3O_4 , и сегнетоэлектрики со структурой перовскита, например, BaTiO_3 , BaSiO_3 , BaSnO_3 , синтезируемые спеканием, которые являются наполнителями полимерных композитов, позволяют, в отличие от других диэлектрических материалов, реализовывать значения проводимостей и относительных проницаемостей, изменяющиеся в широких пределах. Совершенствование технологии получения и целенаправленной коррекции

свойств таких композитов требует дальнейшего развития способов однозначного измерения составляющих их комплексных проницаемостей.

Исследование свойств диэлектриков в короткозамкнутых волноводах впервые осуществили в 1940 году А. Хиппель и С. Робертс [1]. В другой работе А. Хиппель [2] предложил оценивать электрические и магнитные параметры материалов путем измерения (с помощью детектора-индикатора, перемещающегося вдоль узкой щели в волноводе, прорезанной параллельно его оси) характеристик поля, применяя как метод короткого замыкания волновода, так и метод холостого хода. Методы получения теоретических оценок и экспериментальных измерений электромагнитных параметров различных сред получили широкое развитие в работах Дж. К. Саусворта, Р. А. Валитова и В. Н. Сретенского, В. В. Никольского, Ю. И. Беспярых [3, 4, 5, 6].

Однако, практическое применение экспериментально-расчетного метода оценки составляющих комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей часто сопровождается ошибками неоднозначного определения этих составляющих даже в методических, широко используемых разработках (см., напр., [7]).

Способ, изложенный в [7], позволяет находить однозначные оценки указанных параметров лишь в том случае, когда комплексные величины параметров распределения поля в волноводной измерительной линии имеют область главных значений аргумента, которая совпадает с областью главных значений арктангенса составляющих комплексных величин этих параметров.

Целью данной статьи является изложение особенностей методики однозначного измерения электромагнитных параметров ферритовых композитов, основанной на измерении характеристик распределения поля в измерительной линии (рис. 1) и на последующих новых алгоритмах расчетов с условными переходами при вычислении каждой из комплексных величин параметров, характеризующих распределение поля в волноводной измерительной линии, что гарантирует однозначность оценок параметров материалов.

Измерительный волноводный тракт состоит из трех участков: отрезка пустого волновода 1; участка 2, заполненного исследуемым материалом; отрезка 3, имеющего длину, равную четвертой части длины волны в волноводе, $\lambda_{\text{в}}/4$.



Рисунок 1 – Общий вид измерительного комплекса на базе волноводной измерительной линии (ИЛ) с зондом и передвижным плунжером плунжером с микрометрическим винтом

Начало координаты x совпадает с границей раздела участков 1 и 2. Ось x направлена вдоль оси волновода, справа-налево (рис. 2).

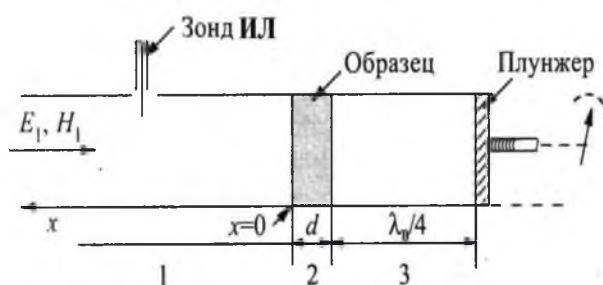


Рисунок 2 – Схема волноводного измерительного тракта

В области 1 составляющие электромагнитного поля, как известно [5], определяются в виде:

$$\begin{aligned} \dot{E}_1(x) &= \dot{A}_{\text{п}1} e^{\gamma_1 x} + \dot{A}_{\text{o}1} e^{-\gamma_1 x} = \dot{A}_{\text{п}1} \left(e^{\gamma_1 x} + \frac{\dot{A}_{\text{o}1}}{\dot{A}_{\text{п}1}} e^{-\gamma_1 x} \right); \\ \dot{H}_1(x) &= \frac{\dot{A}_{\text{п}1}}{W} e^{\gamma_1 x} - \frac{\dot{A}_{\text{o}1}}{W} e^{-\gamma_1 x} = \frac{\dot{A}_{\text{п}1}}{W} \left(e^{\gamma_1 x} - \frac{\dot{A}_{\text{o}1}}{\dot{A}_{\text{п}1}} e^{-\gamma_1 x} \right), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\dot{A}_{\text{п}1}$, $(\dot{A}_{\text{o}1})$ – комплексная амплитуда падающей (отраженной от образца материала) волны; γ_1 – постоянная распространения;

$$\frac{\dot{A}_{\text{o}1}}{\dot{A}_{\text{п}1}} = \dot{\rho} = e^{-2\varphi} = e^{-2(\alpha + j\beta)}, \quad (2)$$

где $\dot{\rho}$ – комплексный коэффициент отражения; его параметры (коэффициенты α и β) зависят от комплексных проницаемостей материала и подлежат определению; W – характеристическое сопротивление пустого волновода.

На границе участков 1 и 2, ($x = 0$), получается характеристическое сопротивление в виде

$$\dot{A}(0) = \frac{\dot{E}(0)}{\dot{H}(0)} = \frac{1+\rho}{1-\rho} \cdot W = W \cdot \frac{1+e^{-2\varphi}}{1-e^{-2\varphi}} = W \operatorname{cth} \varphi \quad (3)$$

Если потери в стенках волновода малы, то при $x > 0$ можно считать, что в (1) постоянная распространения равняется

$$\gamma_1 = j \frac{2\pi}{\lambda_B}, \quad (4)$$

где λ_B – длина волны в волноводе на участке 1.

Т.е. напряженности поля на этом участке определяются выражениями:

$$\begin{aligned} \dot{E}_1(x) &= \dot{A}_{\Pi 1} \left(e^{j \frac{2\pi}{\lambda_B} x} + e^{-j \left(\frac{2\pi}{\lambda_B} x + 2\beta \right)} \right) \cdot e^{-2\alpha} \\ \dot{H}_1(x) &= \frac{\dot{A}_{\Pi 1}}{W} \left(e^{j \frac{2\pi}{\lambda_B} x} - e^{-2\alpha} \cdot e^{-j \left(\frac{2\pi}{\lambda_B} x + 2\beta \right)} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

В точке первого узла, на некотором расстоянии от отражающей поверхности образца, равном l , когда разность фаз падающей и отраженной волн равняется π , т.е.

$$-\frac{2\pi}{\lambda_B} \cdot l + \left(-\frac{2\pi}{\lambda_B} \cdot l - 2\beta \right) = -\pi, \quad (6)$$

напряженность поля минимальна и определяется как

$$E_{\min} = A_{\Pi 1} (1 - e^{-2\alpha}) = A_{\Pi 1} (1 - |\dot{\rho}|). \quad (7)$$

В пучности поля напряженность определяется как

$$E_{\max} = A_{\Pi 1} (1 + e^{-2\alpha}) = A_{\Pi 1} (1 + |\dot{\rho}|). \quad (8)$$

Параметры α и β коэффициента отражения $\dot{\rho}$ являются аргументами функции в виде сопротивления волновода на границе раздела 1 и 2. Их можно определить по результатам измерения величин l , λ_B , $E_{\min}$, $E_{\max}$ в соответствии с (6-8) в виде

$$\beta = 2\pi \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{l}{\lambda_B} \right), \quad \alpha = \operatorname{Arth} \frac{E_{\min}}{E_{\max}}, \quad (9)$$

$$\operatorname{th} \alpha = \frac{1 - e^{-2\alpha}}{1 + e^{-2\alpha}} = \frac{e^{\alpha} - e^{-\alpha}}{e^{\alpha} + e^{-\alpha}} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}. \quad (10)$$

Отношение $E_{\min}/E_{\max} = r$ – коэффициент бегущей волны. Относительное характеристическое (волновое) входное сопротивление $Z(0)/W$ с учетом (2), (3), (4), (9) и (10) запишется в виде

$$\begin{aligned} \frac{Z(0)}{W} &= \frac{1 + e^{-2\varphi}}{1 - e^{-2\varphi}} = \frac{e^{\varphi} + e^{-\varphi}}{e^{\varphi} - e^{-\varphi}} = \frac{e^{\alpha+j\beta} + e^{-\alpha-j\beta}}{e^{\alpha+j\beta} - e^{-\alpha-j\beta}} = \\ &= \frac{e^{\alpha} e^{j\beta} + e^{-\alpha} e^{-j\beta}}{e^{\alpha} e^{j\beta} - e^{-\alpha} e^{-j\beta}} = \frac{\operatorname{th} \alpha - j \operatorname{ctg} \beta}{1 - j \operatorname{th} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta} = \frac{r - j \operatorname{tg} 2\pi \frac{l}{\lambda_B}}{1 - j \operatorname{rg} 2\pi \frac{l}{\lambda_B}} \end{aligned} \quad (11)$$

Сопротивление $Z(0)$, являющееся функцией параметров образца композита, помещенного в волновод, зависит, как следует из (11), от трех измеряемых на участке 1 величин: r , l , λ_B . Кроме того, оно зависит от того, в максимум или минимум поля помещен образец, т.е. в пучности или в узле распределения поля в пустом волноводе помещается исследуемый материал. На участке 2, заполненном образцом, напряженности поля соответственно равны

$$\begin{aligned} E_2(x) &= A_{\Pi 2} e^{\gamma_2 x} + A_{o2} e^{-\gamma_2 x}, \\ H_2(x) &= \frac{A_{\Pi 2}}{Z_2} e^{\gamma_2 x} - \frac{A_{o2}}{Z_2} e^{-\gamma_2 x}, \end{aligned} \quad (12)$$

где Z_2 – волновое сопротивление волновода, заполненного исследуемым материалом;

γ_2 – постоянная распространения в волноводе с образцом.

Известно, что для волны H_{10} в прямоугольном волноводе величины Z_2 и γ_2 зависят от искомых параметров $\dot{\epsilon}$ и $\dot{\mu}$ в виде [2, 3]

$$\begin{aligned} Z_2 &= \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{\text{кр}}} \right)^2}{\dot{\mu} \cdot \dot{\epsilon} - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{\text{кр}}} \right)^2}}; \\ \gamma_2 &= j \frac{2\pi}{\lambda_0} \sqrt{\dot{\mu} \cdot \dot{\epsilon} - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_B} \right)^2}, \end{aligned} \quad (13)$$

где λ_0 – длина волны в свободном пространстве;

$$\lambda_{кр} = 2a_0,$$

где a_0 – размер широкой стенки волновода.

Следовательно, для определения ε и μ достаточно Z_2 и γ_2 выразить через сопротивление $Z(0)/W$ (11), зависящее от измеряемых величин r , l , $\lambda_{в}$ на участке I, в условиях открытого и закрытого волновода.

Следовательно, величина $Z(0)$ должна быть определена для следующих значений x :

а) короткозамыкающая пластина отстоит на $\lambda_{в}/4$ от задней границы образца, т.е. $x_{кз} = -d - \lambda_{в}/4$ (волновод открыт); б) короткозамыкающая пластина находится непосредственно у задней стенки образца, т.е. $x_{кз} = -d$. Это позволит после измерений составить систему из двух уравнений с двумя неизвестными для однозначного определения величин Z_2 и γ_2 .

Для случая а), согласно (11) и (12), электрическую компоненту поля в месте короткого замыкания, учитывая (4, 5), выразим в виде

$$0 = A_{п2} e^{-\gamma_2 d} \cdot e^{-\gamma_1 \frac{\lambda_{в}}{4}} + A_{о2} e^{\gamma_2 d} \cdot e^{-\gamma_1 \frac{\lambda_{в}}{4}} = \left(A_{п2} e^{-\gamma_2 d} + A_{о2} e^{\gamma_2 d} \right) \cdot e^{-\gamma_1 \frac{\lambda_{в}}{4}} \Rightarrow \frac{A_{о2}}{A_{п2}} = e^{-2\gamma_2 d}. \quad (14)$$

Из (12), учитывая (14), получаем сопротивление $Z(0)$ для случая а) в виде

$$Z_o(0) = \frac{E_2(0)}{H_2(0)} = Z_2 \frac{A_{п2} + A_{о2}}{A_{п2} - A_{о2}} = Z_2 \frac{1 + e^{-2\gamma_2 d}}{1 - e^{-2\gamma_2 d}} = Z_2 \operatorname{cth} \gamma_2 d. \quad (15)$$

В случае б) получим

$$0 = A_{п2} e^{-\gamma_2 d} + A_{о2} e^{\gamma_2 d} \Rightarrow \frac{A_{о2}}{A_{п2}} = -e^{-2\gamma_2 d}. \quad (16)$$

Тогда, подобно (15), получим $Z(0)$ для случая б) в виде

$$Z_k(0) = \frac{E_2(0)}{H_2(0)} = Z_2 \frac{1 - e^{-2\gamma_2 d}}{1 + e^{-2\gamma_2 d}} = Z_2 \operatorname{th} \gamma_2 d \quad (17)$$

Из (15) и (17) следуют искомые функции в виде

$$\gamma_2 = \frac{1}{d} \operatorname{Arth} \sqrt{\frac{Z_k(0)}{Z_o(0)}}; \quad (18)$$

$$Z_2 = \sqrt{Z_o(0) \cdot Z_k(0)}. \quad (19)$$

В результате из (13), согласно (18) и (19), учитывая (11), а также зависимости

$$\dot{\varepsilon} = \varepsilon - j \frac{\sigma_{\varepsilon}}{\varepsilon_0 \cdot 2\pi f_0}, \quad \dot{\mu} = \mu - j \frac{\sigma_{\mu}}{\mu_0 \cdot 2\pi f_0}, \quad (20)$$

нетрудно определить искомые параметры: σ_{ε} , ε , σ_{μ} , μ .

Последовательность операций, позволяющих однозначно определять относительные проницаемости ε , μ и проводимости σ_{ε} , σ_{μ} образцов ферритоперовскитных материалов по данным распределения электромагнитного поля в короткозамкнутом и в открытом волноводе с образцом и без образца, целесообразно выполнять в предлагаемой ниже последовательности.

Измерив с помощью зонда, перемещаемого вдоль волноводной линии, и металлического плунжера параметры:

$r_o = \frac{E_o^{\min}}{E_o^{\max}}$ – коэффициент бегущей волны открытого волновода;

$r_k = \frac{E_k^{\min}}{E_k^{\max}}$ – коэффициент бегущей волны короткозамкнутого волновода;

$\lambda_{во} = \langle I_{oi}^{\min} - I_{oi-1}^{\min} \rangle \cdot 2$ – длину волны в открытом волноводе;

$\lambda_{вк} = \langle I_{ki}^{\min} - I_{ki-1}^{\min} \rangle \cdot 2$ – длину волны в короткозамкнутом волноводе;

$l_o = l_{кон} - l_{о кон}^{\min}$ – удаление первого минимума от образца в открытом волноводе и $l_k = l_{кон} - l_{к кон}^{\min}$

– удаление первого минимума от образца в короткозамкнутом волноводе, целесообразно:
– вычислить величины тангенсов фаз:

$$T_o = \operatorname{tg} 2\pi \frac{l_o}{\lambda_{во}}; \quad T_k = \operatorname{tg} 2\pi \frac{l_k}{\lambda_{вк}};$$

– проверить условия:

$$\xi = \frac{T_k \cdot T_o (1 - r_k^2) (1 - r_o^2)}{r_k \cdot r_o (1 + T_k^2) (1 + T_o^2)} \gg -1; \quad T_k \gg 0;$$

– вычислить корень из отношения волновых сопротивлений

$$\sqrt{\frac{Z_K \cdot W}{W \cdot Z_0}} = a \cdot e^{-j\frac{1}{2}\rho},$$

где

$$a = \frac{(r_K^2 - T_K^2)(1 + r_0^2 T_0^2)}{(1 - r_K^2 T_K^2)(r_0^2 + T_0^2)};$$

$$\rho = \begin{cases} \arctg \frac{r_0 T_K (1 - r_K^2)(1 + T_0^2) - r_K T_0 (1 - r_0^2)(1 + T_K^2)}{r_0 r_K (1 + T_K^2)(1 + T_0^2) + T_K T_0 (1 - r_K^2)(1 - r_0^2)}, & \text{если } \xi > -1, \\ \pi + \arctg \frac{r_0 T_K (1 - r_K^2)(1 + T_0^2) - r_K T_0 (1 - r_0^2)(1 + T_K^2)}{r_0 r_K (1 + T_K^2)(1 + T_0^2) + T_K T_0 (1 - r_K^2)(1 - r_0^2)}, & \text{если } \xi < -1, T_K > 0, \\ -\pi + \arctg \frac{r_0 T_K (1 - r_K^2)(1 + T_0^2) - r_K T_0 (1 - r_0^2)(1 + T_K^2)}{r_0 r_K (1 + T_K^2)(1 + T_0^2) + T_K T_0 (1 - r_K^2)(1 - r_0^2)}, & \text{если } \xi < -1, T_K < 0. \end{cases}$$

Поясним здесь необходимость значительного усложнения операции определения фазы (в данном случае ρ) с помощью условных переходов.

Пусть имеется некоторое комплексное число

$$Z = \alpha + j\beta = \rho e^{j\varphi}; \quad \rho = |Z|; \quad \varphi = \arg Z.$$

Область главных значений аргумента комплексного числа Z имеет вид

$$-\pi \leq \arg Z = \operatorname{Arctg} \frac{\beta}{\alpha} \leq \pi.$$

Область же главных значений обратной тригонометрической функции $\operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha}$ равняется

$$-\frac{\pi}{2} < \arg \frac{\beta}{\alpha} < \frac{\pi}{2},$$

т.е. она уже, чем область главных значений аргумента комплексного числа Z , который необходимо определить правильно с учетом значений α и β . Поэтому необходимо считать, что аргумент Z имеет бесконечное множество значений

$$\arg Z = \varphi = \operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha} \pm k\pi; \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Причем, в случае, если α – положительно, т.е. число Z находится в I и IV квадранте, что совпадает с областью главных значений $\operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha}$, то следует определять фазу в виде

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha}; \quad k = 0.$$

В случае, если α – отрицательное число, т.е. Z лежит в III или II квадранте, за область

главных значений $\operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha}$, то фаза должна быть определена в виде

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha} \pm \pi$$

Это значит, что при переходе к экспоненциальной форме записи необходимо: проверить знак α : если $\alpha > 0$, то $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha}$;

если $\alpha < 0$, то $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha} \pm \pi$; и если, $\alpha < 0$,

то необходимо: - проверить знак β : если $\beta > 0$,

то $\varphi = \pi + \operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha}$; если $\beta < 0$, то

$$\varphi = -\pi + \operatorname{arctg} \frac{\beta}{\alpha}.$$

Постоянная распространения γ_2 определяется в виде:

$$\gamma_2 = \begin{cases} \frac{1}{d} \operatorname{Arth} \left(a \cdot e^{-j\frac{1}{2}\rho} \right), & \text{если } a > 1; \\ \frac{1}{2d} \ln \frac{1 + a \cdot e^{-j\frac{1}{2}\rho}}{1 - a \cdot e^{-j\frac{1}{2}\rho}}, & \text{если } a < 1. \end{cases}$$

Определение составляющих: значения коэффициента затухания p и коэффициента фазы q в составе постоянной распространения γ_2 осуществляется после ее представления в виде

$$\gamma_2 = \frac{1}{4d} \ln \frac{1 + a^2 + 2a \cdot \cos \frac{1}{2}\rho}{1 + a^2 - 2a \cdot \cos \frac{1}{2}\rho} - j \frac{1}{2d} \cdot q = \frac{1}{4d} p - j \frac{1}{2d} \cdot q.$$

Для определения коэффициента фазы q , необходимо проверить условия, которые соответствуют алгоритму этого вычисления, в виде

$$\zeta = \frac{a^2 \cdot \sin^2 \frac{1}{2}\rho}{1 - a^2} > 1;$$

$$\eta = \frac{a \cdot \sin \frac{1}{2}\rho}{1 + a \cdot \cos \frac{1}{2}\rho} > 0; \quad \delta = a \cdot \cos \frac{1}{2}\rho > 1.$$

Коэффициент фазы определяется в виде: Тогда постоянная распространения γ_2 имеет следующий вид

$$q = \begin{cases} \arctg \frac{2a \cdot \sin \frac{1}{2} \rho}{1-a^2}, & \text{если } \zeta < 1; \delta < 1; \\ \pi + \arctg \frac{2a \cdot \sin \frac{1}{2} \rho}{1-a^2}, & \text{если } \zeta > 1; \eta > 0; \delta < 1; \\ -\pi + \arctg \frac{2a \cdot \sin \frac{1}{2} \rho}{1-a^2}, & \text{если } \zeta > 1; \eta < 0; \delta < 1; \\ \arctg \frac{2a \cdot \sin \frac{1}{2} \rho}{1-a^2}, & \text{если } \zeta > 1; \delta > 1. \end{cases}$$

$$\gamma_2 = \alpha \cdot e^{-j\beta} = \sqrt{\left(\frac{1}{4d} p\right)^2 + \left(\frac{1}{2d} q\right)^2} \cdot e^{-j \arctg \left(2 \frac{q}{p}\right)}$$

$$\alpha = \sqrt{\left(\frac{1}{4d} p\right)^2 + \left(\frac{1}{2d} q\right)^2}; \quad \beta = \arctg \left(2 \cdot \frac{q}{p}\right).$$

Проверив условие

$$\xi = \frac{T_K \cdot T_O (1-r_K^2)(1-r_O^2)}{r_K \cdot r_O (1+T_K^2)(1+T_O^2)} \gg 1,$$

определяем среднегеометрическое значение произведения $Z_K \cdot Z_O$ из выражения

$$\frac{Z_2}{W} = \sqrt{\frac{Z_K \cdot Z_O}{W^2}} = b \cdot e^{-j \frac{1}{2} g},$$

$$p = \ln \frac{1+a^2+2a \cdot \cos \rho / 2}{1+a^2-2a \cdot \cos \rho / 2}$$

где
$$b = 4 \sqrt{\frac{(r_K^2 + T_K^2)(r_O^2 + T_O^2)}{(1-r_K^2 T_K^2)(1+r_O^2 T_O^2)}};$$

$$g = \begin{cases} \arctg \frac{r_O T_K (1-r_K^2)(1+T_O^2) + r_K T_O (1-r_O^2)(1+T_K^2)}{r_O r_K (1+T_K^2)(1+T_O^2) - T_K T_O (1-r_K^2)(1-r_O^2)}, & \text{если } \xi < 1, \\ \pi + \arctg \frac{r_O T_K (1-r_K^2)(1+T_O^2) + r_K T_O (1-r_O^2)(1+T_K^2)}{r_O r_K (1+T_K^2)(1+T_O^2) - T_K T_O (1-r_K^2)(1-r_O^2)}, & \text{если } \xi > 1, T_K > 0, \\ -\pi + \arctg \frac{r_O T_K (1-r_K^2)(1+T_O^2) + r_K T_O (1-r_O^2)(1+T_K^2)}{r_O r_K (1+T_K^2)(1+T_O^2) - T_K T_O (1-r_K^2)(1-r_O^2)}, & \text{если } \xi > 1, T_K < 0. \end{cases}$$

Далее целесообразно определить произведение x , равное постоянной распространения γ_2 на значение нормированного волнового сопротивления Z_2/W .

$$x = \gamma_2 \frac{Z_2}{W} = b \cdot \alpha \cdot \cos \left(\frac{g}{2} + \beta \right) - j \cdot b \cdot \alpha \cdot \sin \left(\frac{g}{2} + \beta \right).$$

Определяем также обратную величину этого произведения и получаем

$$y = \frac{1}{\gamma_2 \cdot Z_2} = \frac{1}{b \cdot \alpha} \cdot \cos \left(\frac{g}{2} + \beta \right) + j \cdot \frac{1}{b \cdot \alpha} \cdot \sin \left(\frac{g}{2} + \beta \right).$$

Кроме того, целесообразно определить отношение постоянной распространения к значению волнового сопротивления. При этом получаем

$$z = \frac{\gamma_2}{Z_2} = \frac{\alpha}{b} \cdot \cos \left(\frac{g}{2} - \beta \right) + j \cdot \frac{\alpha}{b} \cdot \sin \left(\frac{g}{2} - \beta \right).$$

Определив константы:

$$D = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_o}{\lambda_{кр}} \right)^2}; \quad C = \frac{2\pi}{\lambda_o};$$

$$E^2 = \left(\frac{2\pi}{\lambda_{кр}} \right)^2 = \left(\frac{2\pi}{2a_o} \right)^2,$$

в результате получаем искомые параметры ферритового композита:

- комплексную диэлектрическую проницаемость

$$\epsilon = \epsilon_0 - j \frac{\sigma_3}{\epsilon_0 \cdot \omega_0} = j \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_o}{\lambda_{кр}} \right)^2}}{\frac{2\pi}{\lambda_o}} \cdot \frac{1}{\frac{\gamma_2 \cdot Z_2}{W} \left[\left(\frac{2\pi}{\lambda_{кр}} \right)^2 - \gamma_2^2 \right]} = j \frac{D}{C} \cdot E^2 \cdot y - j \frac{D}{C} \cdot z;$$

- комплексную магнитную проницаемость

$$\mu = \mu_0 - j \frac{\sigma_M}{\mu_0 \cdot \omega} = j \frac{\frac{\gamma_2 \cdot Z_2}{W}}{\frac{2\pi}{\lambda_o} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_o}{\lambda_{кр}} \right)^2}} = -j \frac{1}{DC} \cdot x;$$

- удельную электрическую проводимость и относительную диэлектрическую проницаемость

$$\sigma_3 = \epsilon_0 \cdot 2\pi f_0 \cdot \text{Im } \epsilon;$$

$$\epsilon = \text{Re} \left\{ j \frac{D}{C} \cdot E^2 y - j \frac{D}{C} \cdot z \right\};$$

- магнитную проводимость и относительную магнитную проницаемость

$$\sigma_M = \mu_0 \cdot 2\pi f_0 \cdot \text{Im } \mu; \quad \mu = \text{Re} \left\{ -j \frac{1}{DC} \cdot x \right\}.$$

Расчеты с помощью компьютера по громоздким формулам предлагаемой методики существенно упрощают процедуру совместного измерения всех четырех электромагнитных параметров ферритовых композитов.

Результирующая погрешность оценки электромагнитных параметров образцов с помощью измерительной линии определяется следующей совокупностью частных погрешностей из-за: непостоянства связи волноводного зонда с линией; шунтирующего действия зонда; собственных отражений поля в линии; неточного определения положений и отсчета величин минимумов и максимумов в распределении поля в волноводе; ошибок расчета исходных параметров распределения поля в волноводе. Экспериментальным путем (по нашим опытным данным) установлено, что ожидаемая погрешность (среднеквадратичная ошибка) определения электромагнитных параметров типовых образцов оценивается величиной, не превышающей 7 %.

В заключение приведем пример практического применения результатов совместного измерения определяющих параметров ферритового композита.

Пусть необходимо, измеряя и корректируя параметры композитного покрытия, увеличить коэффициент преобразования электромагнитной энергии в тепловую, путём согласования волновых сопротивлений сред на границе их раздела при одновременном увеличении поглощающих свойств диэлектрической электромагнитной среды. В этом случае задача сводится к однозначному измерению и максимизации показателя K качества такого композита в виде [8, 9, 10]

$$K = \sigma_s \cdot \sigma_m / [(\varepsilon_s - \mu)^2 \cdot (\sigma_s / \varepsilon_o - \sigma_m / \mu_o)^2],$$

т.е., прежде всего, к выравниванию относительных проницаемостей и параметров проводимости, нормированных постоянными вакуума, а также к максимизации измеряемых параметров проводимости.

Выводы

1. Предлагаемые методические основы однозначного измерения электромагнитных параметров ферритовых композитов не требуют сложного технологического оборудования. С помощью предлагаемых условных переходов (при расчетах после измерений характеристик распределения поля в измерительном волноводе) это позволяет оперативно, однозначно и с

приемлемыми погрешностями определять и целенаправленно корректировать электромагнитные параметры композитов.

2. Компьютеризация экспериментально-расчетной методики определения электромагнитных параметров ферритовых композитов, по-видимому, позволит существенно сократить затраты времени и усилий исследователя на громоздкие расчеты. Это будет способствовать более широкому применению изложенных методических основ при решении важных для практики прикладных задач измерительной техники сверхвысоких частот.

Список использованных источников:

1. S. Roberts, A. Hippel, Phys. Rev., 57, 1056 (1940); J. Appl. Phys., 17, 610 (1946).
2. А. Хиппель. Диэлектрики и волны. Пер. с англ. Под ред. проф. Н.Г. Дроздова. – М.: Изд-во иностранной литературы, – 1960. – 417с.
3. Дж.К. Саусворт. Принципы и применения волноводной передачи. Пер. с англ. Под ред. В.И. Сушкевича. – М.: Сов.радио, – 1955. – 700с.
4. Валитов Р.А., Сретенский В.Н. Радиотехнические измерения. Методы и техника измерений в диапазоне от длинных до оптических волн//–М.: Сов. Радио – 1970. – 712с.
5. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, – 1989. – 543 с.
6. Беспярых Ю.И., Тарасенко В.В., Харитонов В.Д. Эффективная диэлектрическая и магнитная проницаемости ансамбля ферромагнитных частиц // Радиотехника и электроника. – 1988. – Т. 33, вып. 4. – С. 872.
7. Завьялов А.С., Дунаевский Г.Е. Измерение параметров материалов на сверхвысоких частотах//– Томск.: Изд. Томского ун-та. – 1985. – 203с.
8. Демьянчук Б.А. Принципы и применения микроволнового нагрева: Монография. - Одесса: Черноморье. – 2004. – 520 с.
9. Демьянчук Б.А. Основы технологии согласования волновых сопротивлений на границе раздела воздуха и ферромагнитной среды // Технология и конструирование в электронной аппаратуре – 2004. – №5. – С. 19-22.
10. Демьянчук Б.А., Полищук В.Е. Синтез ферромагнитных оксидов-наполнителей радиоматериалов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2007. – № 5 (71). – С. 61-64.

Рецензент: д.т.н., доцент Скачков В.В., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

УДК 621.83

В.А. Дербаба, В.И. Корсун, д.т.н., С.Т. Пацера, к.т.н.

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ.

АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЙНОГО СТОХАСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ТОВЩИНИ ЕВОЛЬВЕНТНОГО ЗУБЦЯ ТА ПОХИБКИ ЇЇ ВИМІРЮВАННЯ

Розроблено алгоритм імітаційного стохастичного моделювання технологічної послідовності формоутворення евольвентних зубців. Послідовно виконується імітація: стохастичного процесу формоутворення зубців по товщині і по діаметру вершин зубців, стохастичний процес похибок вимірювання висоти зубця зубоміром. В результаті моделювання визначаються показники дефектності виробництва: відсотки неправильно забракованих та неправильно прийнятих деталей.

Ключові слова: моделювання, вимірювання, зубчасте колесо, похибка, відхилення, дефектність.

В.А. Дербаба, В.И. Корсун, д.т.н., С.Т. Пацера, к.т.н.

АЛГОРИТМ ИМИТАЦИОННОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ТОЛЩИНЫ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗУБА И ПОГРЕШНОСТИ ЕЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Разработан алгоритм по имитационному стохастическому моделированию технологической последовательности формообразования эвольвентных зубьев. Последовательно имитируются: стохастический процесс формообразования зубьев по толщине и по диаметру вершин зубьев, стохастический процесс погрешности измерения высоты зуба зубомером. Как результат моделирования определяются показатели дефектности производства: проценты неправильно забракованных и неправильно принятых деталей.

Ключевые слова: моделирование, измерение, зубчатое колесо, погрешность, отклонение, дефектность.

V. Derbaba, V. Korsun, ScD, S. Patsera PhD

ALGORITHM OF IMITATION STOCHASTIC DESIGN OF EXACTNESS OF THICKNESS OF EVOLVENT TOOTH AND ERROR OF ITS MEASURING

Algorithm of imitation stochastic design of technological sequence of evolvent teeth formation is worked out. The following processes are imitated in consecutive order: stochastic process of teeth formation according to the thickness and the tooth top diameter; stochastic process of error in measuring of the tooth height with the help of a tooth measuring instrument. As a result of design the indexes of imperfectness of production are determined: percentage of erroneously defective and erroneously accepted details.

Keywords: modeling, measurement, gear wheel, deviation, variance, the defective.

Постановка проблеми

Толщина зуба является одним из нормируемых геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес [1]. Требования к точности толщины зуба определяются по ГОСТ 1643-81 в зависимости от вида сопряжения, степени точности по нормам плавности, величины делительного диаметра и допуска на радиальное биение [2].

Схема измерения действительной толщины зуба для случая, когда измерительной базой является наружный цилиндр, показана на рис. 1. Из рис. 1 видно, что измерительной базой для определения высоты зуба h_c является номинальный диаметр окружности выступов и,

если диаметр окружности выступов будет отличаться от номинального значения, высота зуба будет определена с погрешностью Δh_c . Это приводит к погрешности измерения толщины зуба ΔS_c .

Технология изготовления эвольвентных зубчатых колес (ЭЗК) характеризуется сложностью технологических методов формообразования боковых поверхностей зубьев, геометрической сложностью режущего инструмента.

Для зубчатых колес характерна взаимозависимость нормируемых показателей точности [3].

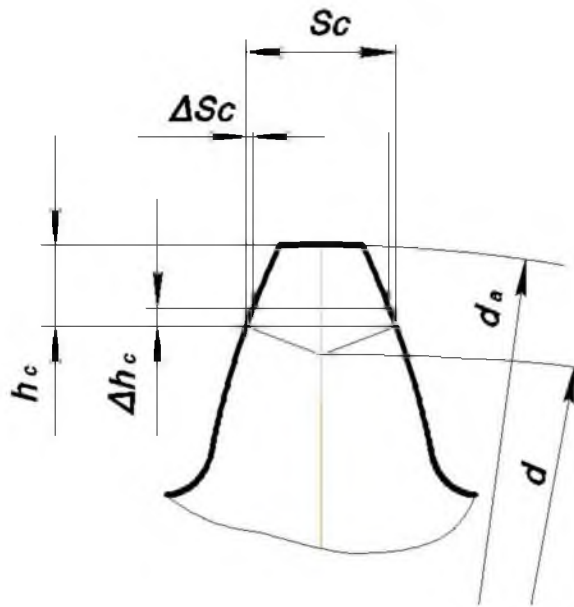


Рисунок 1 – Схема измерения толщины зуба:
 S_c – толщина зуба, ΔS_c – погрешность толщины зуба,
 h_c – высота зуба, Δh_c – погрешность высоты зуба,
 d – делительный диаметр, d_a – диаметр окружности выступов

По этим причинам разработчики технологических процессов изготовления зубчатых колес испытывают определенные трудности при расчетном (проектном) определении показателей дефектности производства ЭЗК [4].

Анализ последних достижений и публикаций

В работах [5 и 6] для количественной оценки влияния технологических и метрологических факторов на дефектность изделий применен метод имитационного статистического моделирования процессов изготовления и измерения. В этих работах изложены конкретные примеры статистического моделирования, которые основаны на моделировании с помощью электронных таблиц. Однако в указанных работах не формализован алгоритм моделирования.

Формулирование цели

Задача рассмотренного ниже исследования ставится как разработка алгоритма имитационного статистического моделирования для класса задач по определению зависимости уровня дефектности производства от погрешностей применяемых измерительных средств и параметров точности технологии изготовления ЭЗК.

Изложение основного материала

Для решения поставленной задачи применим алгоритмическую имитационную

стохастическую модель технологической системы по изготовлению зубчатых колес, включающей в себя технологические и метрологические элементы. Известно [7 и 8], что имитационные модели воспроизводят поведение изучаемой системы на основе анализа наиболее существенных взаимосвязей входящих в нее параметров.

Прежде всего, при моделировании будем выделять блоки, отражающие отдельно формообразующие процессы (технологические блоки) и блоки измерительные (метрологические). Тогда структуру рассматриваемой технологической системы можно представить, как состоящую из последовательных блоков «черных ящиков».

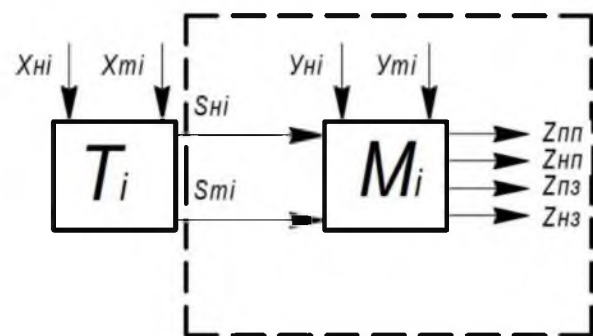


Рисунок 2 – Структура модели технологической системы с выделением технологических и метрологических элементов. Пунктирными линиями выделены составляющие параметры, исследованные ниже

В соответствии со структурой на рис. 2 технологическая система состоит из технологического T_i и метрологического M_i блоков. Технологический блок отражает в модели технологические составляющие: станок, приспособление, режущий инструмент, заготовку детали. В свою очередь, метрологический блок в модели соответствует измерительному инструменту и методике измерения параметров. Для технологического блока показаны входные параметры, обозначенные X_{ni} , X_{mi} , где индекс n соответствует параметру, влияющему на настроенность технологической системы, а индекс t соответствует параметру, влияющему на точность технологической системы. Выходные параметры технологического блока обозначены как S_{ni} , S_{mi} , индексы которых n и t делят эти параметры на две группы: параметры настроенности и точности технологического блока. Параметры S_{ni} , S_{mi} являются входными параметрами в метрологический блок и отражают свойства изделия. Входными параметрами для метрологического блока

являются также параметры Y_{ni} , Y_{mi} , индексы которых n и m также делят эти параметры на две группы: параметры метрологической настроенности (соответствует уровню систематической погрешности измерения), и метрологической точности (соответствует уровню случайных погрешностей измерения).

Выходными факторами в предложенной модели технологической системы приняты показатели дефектности – процент деталей [2]:

- $Z_{пп}$ – правильно принятых;
- $Z_{нп}$ – неправильно принятых;
- $Z_{пз}$ – правильно забракованных;
- $Z_{нз}$ – неправильно забракованных.

На рис. 3 показан разработанный алгоритм имитационного стохастического моделирования точности толщины эвольвентного зуба и погрешности ее измерения. Принятые обозначения расшифрованы непосредственно в блоках алгоритма.

Для моделирования использован пакет анализа, входящий состав программы Microsoft Excel, предназначенный для решения сложных статистических и инженерных задач.

Реализация алгоритма выполнена применительно к цилиндрическому прямозубому колесу, которое имеет следующие конструктивные параметры и допуски [1]:

- модуль $m = 3$ мм;
- делительный диаметр $d = 150$ мм;
- число зубьев $z = 50$;
- номинальное значение постоянной хорды $S_c = 4,161$ мм;
- номинальное значение высоты до постоянной хорды $h_c = 2,243$ мм;
- наименьшее отклонение толщины зуба $E_{cs} = 12$ мкм [1];
- допуск на толщину зуба $T_c = 45$ мкм.

В качестве контролируемого параметра S_i выбрано отклонение толщины зуба, наименьшее значение которого – E_{cs} , является показателем, определяющим гарантируемый боковой зазор, который, в свою очередь, определяет вид сопряжения [2]. Наименьшее отклонение толщины зуба E_{cs} является наименьшим предписанным уменьшением постоянной хорды S_c .

В табл. 1 приведен фрагмент имитационной электронной таблицы. Строки таблицы привязаны к номерам зубьев колеса, а столбцы отражают этапы алгоритма моделирования. В примере, приведенном в табл. 1 (столбец 2), принят нормальный уровень точности

технологии, при котором $K = 6$ (отношение величины поля допуска к стандартному отклонению). В столбце 3 проводится оценка годности зубьев по двухбалльной шкале: годным присваивается балл $\beta_i = \langle 1 \rangle$, а бракованным соответственно балл $\beta_i = \langle 0 \rangle$. Годными считаем зубья, у которых истинное значение отклонения толщины зуба находится в поле допуска. Сумма баллов в столбце 3 (50 из 50 зубьев) отображает долю годных зубьев при выбранной для моделирования точности технологии, т.е. 100%. В отличие от работы [6], вслед за статистическим моделированием толщины зуба в столбце 4 выполняется моделирование случайных отклонений диаметра вершин зубьев. При этом возможны различные варианты назначения качества точности. В столбце 5 отображаются результаты моделирования погрешности измерения высоты зуба (влияния интервальной меры неопределенности зубомера). В случае варианта с нулевой предельной погрешностью измерительного прибора оцениваются показатели дефектности зубьев только от величины качества точности окружности выступов.

В столбце 6 оценивается суммарное смещение измерительной базы высоты зуба от отклонения диаметра вершин зубьев и от погрешности прибора.

В столбце 7 вычисляется отклонение толщины зуба от номинального значения, обусловленное суммарным смещением измерительной базы с учетом эвольвентного профиля боковой поверхности зуба. Для этой цели графоаналитическим методом построен профиль боковой поверхности зуба и аппроксимирована величина ΔS отклонения измеренной толщины зуба от номинала ΔS в зависимости от смещения Δh измерительной базы высоты зуба. Для рассматриваемого примера эта зависимость описывается формулой

$$\Delta S_c = 0,7284 \Delta h. \quad (1)$$

В столбце 8 показаны результаты моделирования погрешности измерения толщины зуба (влияния интервальной меры неопределенности зубомера).

Действительное отклонение толщины зуба (столбец 9) определяется суммированием трех составляющих (столбцов 2, 7, 8):

В последней строчке табл. 1 в столбцах 11÷14 отображаются соответствующие показатели дефектности.

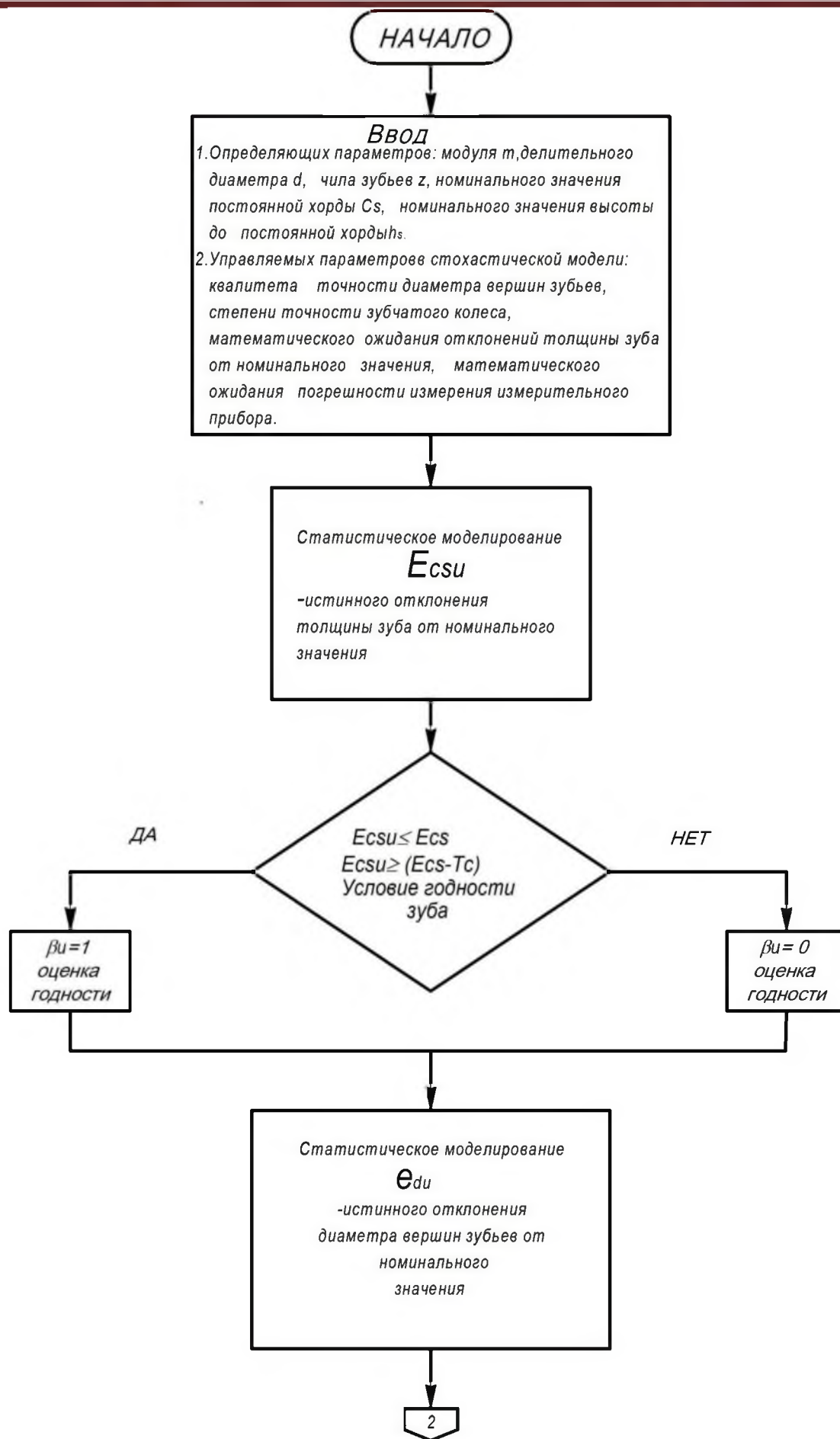


Рисунок 3 – Блок схема алгоритма (начало)

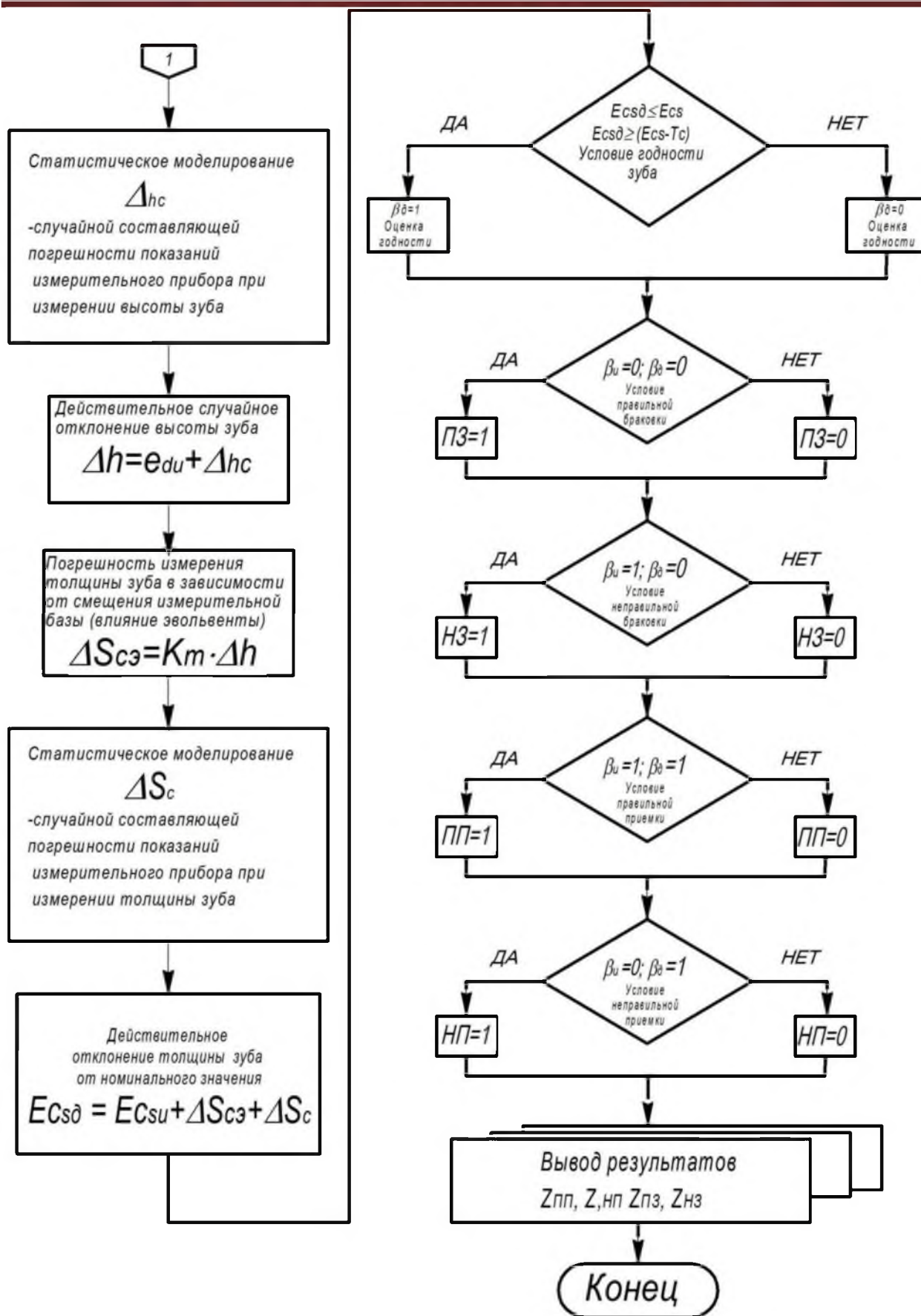


Рисунок 3 – Блок схема алгоритма (окончание)

Таблица 1 – Фрагмент электронной таблицы имитационного статистического моделирования процесса изготовления, измерения и разбраковки зубчатого колеса со следующими параметрами: степень точности 6; вид сопряжения H , интервальная мера неопределенности измерительного прибора 50 мкм, коэффициент точности технологии $K = 6$, квалитет диаметра выступов зубьев 6

Номер зуба	Истинное отклонение толщины зуба, обусловленное точностью оборудования и режущего инструмента	Оценка годности зуба по критерию толщины	Отклонение диаметра вершин зубьев от номинального размера, мкм	Погрешность измерения высоты зуба (влияние интервальной меры неопределенности зубомера), мкм	Сумма значения в столбце 5 и половины значения в столбце 4 (т.е. в радиусном выражении)	Отклонение измеряемой толщины зуба от номинала ΔS_c (вызванное эвольвентным профилем зуба), мкм	Погрешность измерения толщины зуба (влияние интервальной меры неопределенности зубомера), мкм	Действительное отклонение толщины зуба (сумма столбцов 2, 7, 8), мкм	Оценка годности зуба по критерию толщины (с учетом влияния изучаемых факторов)	Правильно забракованные зубья	Неправильно забракованные зубья	Правильно принятые зубья	Неправильно принятые зубья
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№3	-43	1	-10	-46	-51	-38	49	-32	1	0	0	1	0
№12	-64	0	-13	40	34	24	-25	-65	0	1	0	0	0
№16	-36	1	-11	-12	-17	-13	-44	-93	0	0	1	0	0
№47	-30	1	-12	-41	-47	-34	25	-40	1	0	0	1	0
Всего, %	100								50	10	40	50	0

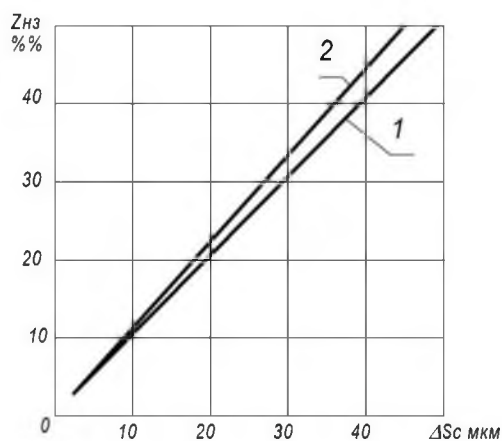


Рисунок 4 – Зависимость процента неправильно забракованных деталей от величины предельной погрешности зубомера для степени точности зубьев 6H: 1 – при шестом квалитете диаметра вершин зубьев; 2 – при седьмом квалитете диаметра вершин зубьев

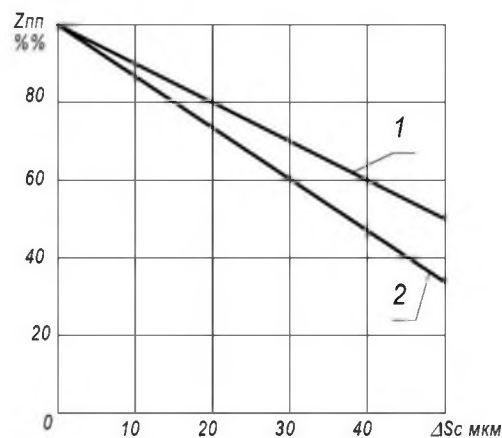


Рисунок 5 – Зависимость процента правильно принятых деталей от величины предельной погрешности зубомера для степени точности зубьев 6H: 1 – при шестом квалитете диаметра вершин зубьев; 2 – при седьмом квалитете диаметра вершин зубьев

Выводы

1. Разработанная имитационная стохастическая модель обеспечивает выполнение проектного анализа влияния точности применяемых средств измерения и случайных отклонений геометрических параметров эвольвентного зуба на показатели разбраковки продукции на следующие группы: правильно принятую, неправильно принятую, правильно забракованную и неправильно забракованную. Тем самым обеспечивается возможность управления структурой проектируемой производственной системы в плане выбора технологических и метрологических элементов и вариантов их сочетания.

2. Практическое опробование предложенной модели позволило сделать вывод, что имеющиеся в технической литературе рекомендации по назначению качества точности диаметра вершин зубьев для случая его использования в качестве метрологической базы нуждаются в коррекции. Так для зубчатых колес 6 и 7 степеней точности можно рекомендовать качества диаметра вершин зубьев соответственно 6 и 7, а не 8, как это указано в технической литературе [1].

3. Проведенные исследования позволили показать, что предельная погрешность зубоизмерительного прибора оказывает на дефектность производства более сильное влияние, чем точность диаметра вершин зубьев, принятого в качестве измерительной базы. Одновременно конкретизированы требования к точности зубоизмерительных приборов при 6, 7 и 8 степенях точности зубчатых колес эвольвентного зацепления. В этом случае можно рекомендовать для контроля толщины зуба зубчатого колеса приборы, имеющие интервальную меру неопределенности не более $U = \pm 2$ мкм.

Список использованных источников

1. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. Ч. 2.
2. Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении. Балакшин Б.С. и др. М., «Машиностроение», – 1972. – 615с.
3. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. М., «Машиностроение», – 1972 г., – с.368.
4. Балушок К.Б. Обеспечение точности и ускоренной технологической подготовки производства деталей ГТД с зубчатыми венцами на основе компьютерного моделирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Открытое акционерное общество «Мотор Сич», – Запорожье, – 2003
5. Дербаба В.А. Влияние расширенной неопределенности на риски изготовителя и заказчика при измерении длины общей нормали зубчатого колеса/ В.А. Дербаба, В.И. Корсун, С.Т. Пацера// – Системи обробки інформації. – Харків. – 2010. – Вип.4 (85).
6. Дербаба В.А. Влияние расширенной неопределенности на риски изготовителя и заказчика при измерении толщины зуба / В.А. Дербаба, В.И. Корсун, С.Т. Пацера // Системи обробки інформації. – Харків. – 2011. – Вип.1 (91).
7. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. – 1981. – 487 с.
8. Леонов С.Л. Обеспечение геометрических параметров качества деталей на основе прогнозирования законов распределения методами имитационного стохастического моделирования. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. Алтайский ГТУ имени И.И. Ползунова. – Барнаул. – 2009. – С.471

Рецензент: д.т.н., проф. Дидык Р.П., государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск

М.К. Жердев¹, д.т.н., проф., **П.А. Шкуліпа³**, к.т.н., **Г.Б. Жиров²**, к.т.н., с.н.с., **С.І. Глухов²**, к.т.н.

¹Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації «Київський політехнічний інститут»;

²Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ;

³Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНЗИСТОРА ДЛЯ РЕЖИМУ ВІДСІЧКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЕНЕРГОДИНАМІЧНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ

Розглядається нова діагностична модель транзистора в режимі відсічки для енергодинамічного методу діагностування. Ця діагностична модель дозволяє визначати діагностичні параметри транзистора і являється основою для побудови автономних автоматизованих систем технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки.

Ключові слова: діагностична модель, енергодинамічний метод.

Н.К. Жердев, д.т.н., проф., **П.А. Шкуліпа**, к.т.н. **Г.Б. Жиров**, к.т.н., с.н.с., **С.І. Глухов**, к.т.н.

РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРАНЗИСТОРА ДЛЯ РЕЖИМА ОТСЕЧКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГОДИНАМИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Рассматривается новая диагностическая модель транзистора в режиме отсечки для энергодинамического метода диагностирования. Эта диагностическая модель позволяет определять диагностические параметры транзистора и является основой для построения автономных автоматизированных систем технического диагностирования объектов радиоэлектронной техники.

Ключевые слова: диагностическая модель, энергодинамический метод.

N. Zherdev, ScD, **P. Shkulipa**, PhD, **G. Zirov**, PhD, **S. Gluchov**, PhD.

DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC CUTOFF MODE TRANSISTOR MODELS USING ENERGO DINAMIČESKOGO METHOD OF DIAGNOSIS

Is the new diagnostic model of transistor in pinch-off mode energy dynamic method for diagnosis. This diagnostic model allows to determine the diagnostic parameters of the transistor and is basis for the construction of the off-line automated systems of the technical diagnosing of objects of radio electronic technique.

Keywords: diagnostic model, energy dynamic method.

Вступ

Своєчасне виявлення й усунення причин відмов радіоелектронної техніки на місці експлуатації приводить до підвищення кількісних характеристик надійності і зниженню витрат на їх експлуатацію. Це визначає необхідність проведення якісного діагностування цих об'єктів [1]. До складу об'єктів радіоелектронної техніки входять аналогові і цифрові радіоелектронні пристрої. Проведення їх якісного діагностування покладається на їх системи технічного діагностування.

Аналіз стану проблеми

Стрімкий розвиток мікроелектроніки та інформаційних технологій потребує від конструкторів і виробників сучасних автономних автоматизованих систем технічного діагностування (АА СТД) розробки нових методів отримання та обробки діагностичної інформації для визначення технічного стану

аналогових і цифрових пристроїв [1]. Існуюче протиріччя між принциповою можливістю побудови високоефективних автономних автоматизованих систем технічного діагностування на основі використання останніх досягнень в області мікроелектроніки і низькою ефективністю існуючих автономних автоматизованих систем технічного діагностування в об'єктах РЕТ пропонується вирішити створенням сучасних АА СТД на основі нових методів отримання та обробки діагностичної інформації.

Перспективними методом технічного діагностування являється енергодинамічний метод. Однією із складових, що визначають метод діагностування являється діагностична модель об'єкта діагностування (ОД). Основою напівпровідникових радіоелектронних компонентів радіоелектронних пристроїв являються активні елементи (транзистори). Тому перед тим як будувати ДМ радіоелектронного

пристрою для енергодинамічного методу діагностування [2] необхідно розглянути модель транзистора. Для визначення діагностичних параметрів транзистора необхідно розробити його діагностичну модель з урахуванням процесів, що в ньому протікають. Дані процеси можуть бути проаналізовані за допомогою моделей, що враховують не тільки електрико-фізичні, а й фізико-хімічні властивості елементів в залежності від часу напрацювання. Знання цих властивостей дозволяє використовувати енергодинамічний метод діагностування, в якому використовується один найбільш інформативний параметр, що вимірюється в одній контрольній точці. Побудову діагностичної моделі пропонується проводити з використанням сучасних інформаційних технологій. Для цього необхідно розробити алгоритм і прикладну програму для побудови ДМ транзистора в режимі відсічки.

Постановка задачі

Таким чином, в статті вирішується наукове завдання розробки діагностичної моделі транзистора для режиму відсічки, яка дозволяє оцінити вплив різних дефектів на діагностичні параметри об'єкта діагностування.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи автономних автоматизованих систем технічного діагностування в об'єктах РЕТ за рахунок використання енергодинамічного методу діагностування.

Виклад основного матеріалу

При розробці діагностичної моделі транзистора в режимі відсічки скористаємося класичними моделями Еберса-Мола, Бьюфойа-Спаркса, Лінвілла. При проведенні аналізу процесів в транзисторі введемо наступні припущення:

- тип транзистора $n-p-n$;
- в області бази існує прискорююче поле;
- домішки в базі вздовж вісі X (вісь, перпендикулярна переходам) розподілені за експоненціальним законом;
- колектор характеризується дифузійним механізмом переносу носіїв;
- емітерний перехід вважається різким, а колекторний плавним;
- модель транзистора в режимі відсічки одновимірною.

При аналізі процесів транзистора в режимі відсічки застосовується одновимірною модель [3]. Розглянемо дві складові цієї моделі:

а) стаціонарну, в якій зміна надлишкової концентрації електронів n в активну область бази протягом часу старіння t' не відбувається, іншими словами $\partial n / \partial t' = 0$;

б) складову, що описує процес старіння, для якої число акцепторів N_a та донорів N_d є функціями часу старіння t' .

Стаціонарна складова моделі може бути визначена наступним чином. Записуємо рівняння неперервності та розв'яжемо його при граничних умовах. Результати розв'язання підставляємо до рівняння струмів в напівпровідниках і визначаємо всі струми транзистора.

Якщо врахувати, що $t \ll t'$, де t – час перехідних процесів, то на достатньо великому проміжку часу модель можна розглядати як стаціонарну, для якої рівняння неперервності має вигляд [3]:

$$\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - \frac{2\eta}{W} \frac{\partial n}{\partial x} - \frac{n}{L_n^2} = 0, \quad (1)$$

де W – ширина бази; η – коефіцієнт поля в базі;

L_n – довжина дифузійного зміщення електронів в базі.

Введемо граничні умови

$$n_1 = n_p^0 (e^{\lambda U_{6e}} - 1), \quad n_2 = n_p^W (e^{\lambda U_{6k}} - 1),$$

де n_p^0 , n_p^W – рівноважні концентрації в базі на границі емітерного та колекторного переходів відповідно;

U_{6e} , U_{6k} – напруги, прикладені до емітерного та колекторного переходів відповідно.

В цих умовах розв'язком диференціального рівняння (1) є функція:

$$n(x) = n_1 e^{-\frac{ax}{2}} \frac{\text{sh} \theta(W-x)}{\text{sh} \theta W} + n_2 e^{-\frac{a(W-x)}{2}} \frac{\text{sh} \theta x}{\text{sh} \theta W}, \quad (2)$$

$$\text{де} \quad \theta = \sqrt{\left(\frac{\eta}{W}\right)^2 + \frac{1}{L_n^2}};$$

$$a = \frac{2\eta}{W} = \frac{\ln K}{2};$$

$$\lambda = \frac{q}{KT}.$$

Використовуючи рівняння квазінейтральності, можна записати [3]:

Колектора

$$\phi - U_e = \frac{KT}{q} \ln \frac{p_p}{p_n}; \quad \phi - U_e = \frac{KT}{q} \ln \frac{n_n}{n_p}; \quad (3) \quad I_k = -qD_n K^{0.5} \operatorname{sch} \theta W n_1 + qD_n S (\theta \operatorname{cth} \theta W - \eta) n_2. \quad (6)$$

де q – заряд електрона;

$\phi = \frac{KT}{q} \ln \frac{N_a N_d}{n_i^2}$ – контактна різниця потенціалів.

Позначимо

$$\chi = \frac{n_i^2}{N_a N_d} e^{\lambda U_{6e}}.$$

Розв'язуючи систему рівнянь (3), отримаємо

$$p_n = \frac{\chi}{1 - \chi^2} (N_a + \chi N_d);$$

$$p_p = \frac{1}{1 - \chi^2} (N_a + \chi N_d);$$

$$n_p = \frac{\chi}{1 - \chi^2} (N_d + \chi N_a);$$

$$n_n = \frac{1}{1 - \chi^2} (N_d + \chi N_a).$$

Густина струму може бути визначена по відомому рівнянню струмів у напівпровіднику

$$j_n = q\mu_n n(x_1) E(x) + qD_n \frac{dn(x_1)}{dx}, \quad (4)$$

де μ_n – проникливість електронів;

$E(x)$ – напруженість електричного поля в точці x ;

D_n – коефіцієнт концентрації електронів.

Після множення обох частин виразу (4) на площу напівпровідника S (зокрема, колектора), диференціювання виразу (2) і підстановки результату диференціювання до виразу (4) отримаємо наступні аналітичні залежності для струмів:

Емітера

$$I_e = qD_n S (\theta \operatorname{cth} \theta W + \eta) n_1 - qD_n S \theta \operatorname{sch} \theta W K^{0.5} n_2; \quad (5)$$

Позначимо

$$A = qD_n S (\theta \operatorname{cth} \theta W + \eta) n_1;$$

$$B = qD_n S \theta \operatorname{sch} \theta W K^{0.5} n_2;$$

$$C = qD_n \theta K^{0.5} S \operatorname{sch} \theta W n_1;$$

$$D = qD_n S (\theta \operatorname{cth} \theta W - \eta) n_2.$$

Тоді запис статичної моделі ідеального транзистора має вигляд:

$$\begin{aligned} I_e &= A(e^{\lambda U_{6e}} - 1) - B(e^{\lambda U_{6k}} - 1); \\ I_k &= -C(e^{\lambda U_{6e}} - 1) - D(e^{\lambda U_{6k}} - 1) \end{aligned} \quad (7)$$

В режимі відсічки обидва переходи зміщені в зворотному напрямку, при цьому через електроди закритого транзистора протікають:

а) струми з активної області бази, що визначаються виразом (7).

Якщо ми знехтуємо експоненціальними членами, ці струми описуються виразами:

$$\begin{cases} I_e^a = -qD_n S_e n_p^0 \theta \left[\frac{a}{2\theta} + \operatorname{cth} W' - \operatorname{csch} \theta W' e^{\frac{aW'}{2}} \right]; \\ I_k^a = qD_n S_e n_p^0 \theta e^{\frac{aW'}{2}} \left[\operatorname{csch} \theta W' - e^{\frac{aW'}{2}} \left(\operatorname{cth} \theta W - \frac{q}{2\theta} \right) \right]; \\ I_6^a = I_e^a + I_k^a, \end{cases}$$

де:

$$W' = W_0 - 0.5 \left(\frac{9\epsilon_0 |U_{6e} - U_{6k}|}{qN'} \right)^{1/3};$$

$$n_p^0 (e^{\lambda U_{6e}} - 1) = -n_p^0;$$

$$n_p^w (e^{\lambda U_{6k}} - 1) = -n_p^0 e^{aW'};$$

$$|U_{6k}|, |U_{6e}| > (2 \dots 3);$$

б) струм колектора з пасивної області бази з урахуванням поверхневої рекомбінації має вигляд [3]:

$$I_{\kappa}^n = qD_n(S_{\kappa} - S_e)n_p^w \theta \frac{\frac{S}{\theta} \left[\operatorname{ch} W_n' \theta - \frac{a}{2\theta} \operatorname{sh} W_n' \theta \right] + D_n \left[\operatorname{sh} W_n' \theta - \frac{a^2}{4\theta^2} \operatorname{sh} W_n' \theta \right]}{\frac{S}{\theta} + \operatorname{sh} W_n' \theta + D_n \left[\operatorname{ch} W_n' \theta + \frac{a}{2\theta} \operatorname{sh} W_n' \theta \right]}, \quad (8)$$

в) струми термогенерації в переходах.

Величина струму термогенерації пропорційна об'єму, який займає перехід. При концентрації носіїв в переходах, близькій до власної, кількість пар, що утворились в переході за одиницю часу, рівна

$$N = \frac{S \ln n_i}{\tau_i}.$$

Тоді струми термогенерації емітерного I_{π}^e та колекторного I_{π}^{κ} переходів відповідно рівні:

$$I_{\pi}^e = 0,5 \frac{q}{\tau_i} S_e n_e \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_0}{qN_a}} |U_{6e}|; \quad (9)$$

$$I_{\pi}^{\kappa} = 0,5 \frac{q}{\tau_{\varepsilon}} S_{\kappa} n_i \sqrt{\frac{9\mathcal{E}_0}{qN'}} |U_{6\kappa}|. \quad (10)$$

Складові струму бази, що обумовлені інжекцією неосновних носіїв $S_{6e}^{6\text{ич}}(I_e^{6\text{ич}})$ і $S_{\kappa}^{6\text{ич}}(I_{\kappa}^{6\text{ич}})$, та складову рекомбінаційного струму в пасивній області бази, яка обумовлена інжекцією неосновних носіїв бічною поверхнею колекторного переходу ($I_{\kappa}^{\text{пас}}$), можна визначити, використовуючи закон переходу:

$$I_e^{6\text{ич}} = \frac{1}{L_n} qD_n S_e^{6\text{ич}} \tilde{n}_p^0 (e^{\lambda U_{6e}} - 1); \quad (11)$$

$$I_{\kappa}^{6\text{ич}} = \frac{1}{L_n} qD_n S_{\kappa}^{6\text{ич}} \tilde{n}_p^w (e^{\lambda U_{6\kappa}} - 1); \quad (12)$$

$$I_{\kappa}^{\text{пас}} = \frac{1}{L_n} qD_n S_n n_p^w (e^{\lambda U_{6\kappa}} - 1). \quad (13)$$

Результати проведеного аналізу дають змогу визначити діагностичну модель роботи транзистора в режимі відсічки для

енергодинамічного методу діагностування у вигляді залежностей струму I_e і I_{κ} від його електрико-фізичних та фізико-хімічних параметрів.

Для побудови діагностичних моделей різних типів транзисторів розроблено алгоритм на основі сучасних інформаційних технологій [3].

Висновки

Проведений аналіз процесів транзистора в режимі відсічки роботи дозволив зробити важливі практичні висновки:

- розроблено діагностичну модель транзистора в режимі відсічки роботи для енергодинамічного методу діагностування;

- розроблена діагностична модель транзистора дозволяє визначати його діагностичні параметри у вигляді залежностей струму I_e і I_{κ} від його електрико-фізичних та фізико-хімічних параметрів;

- для побудови діагностичних моделей різних типів транзисторів необхідно розробити прикладну програму на основі алгоритму, що приведений в [3].

Список використаних джерел:

1. Клец Ю.П. Бессловарный поиск неисправностей – новый подход к диагностированию цифровых устройств / Ю.П. Клец, Ю.Г. Савченко, В.Н. Чешун // Управляющие системы и машины. – 2001. – № 3. – С. 36 - 41.
2. Гаховичт С.В. Аналіз видів дефектів мікропроцесорних великих інтегральних схем і умови їх прояву з урахуванням енергодинамічного процесу / С.В. Гаховичт, М.І. Резніков, І.В. Пампуха // 36. наук. пр. КВІУЗ. Вип. №3. – К.: КВІУЗ, –2000. –С. 142 - 149.
3. Шкуліпа П.А. Алгоритми побудови діагностичної моделі транзистора для енергодинамічного методу діагностування // Наукові нотатки постійно діючого семінару науковців, здобувачів та ад'юнктів. Вип. №21. – К: ВІКНУ, – 2011. – С.33 - 46.

Рецензент: д.т.н., професор Ленков С.В., Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ

С.В. Ленков¹, д.т.н., **К.Ф. Боряк²**, д.т.н., **Ю.О. Гунченко³**, к.т.н., **В.М. Цицарев¹**, к.т.н.,
Р.Ю. Кольцов¹

¹Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ;

²Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса;

³Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ІЄРАРХІЧНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СТРУКТУРИ

Запропонована математична модель та алгоритми для виявлення показників надійності складного технічного об'єктом з урахуванням його конструктивної структури. Запропонований приклад розрахунків.

Ключові слова: технічні об'єкти, комплектуючі елементи, структура.

С.В. Ленков¹, д.т.н., проф., **К.Ф. Боряк²**, д.т.н., **Ю.А. Гунченко³**, к.т.н., **В.Н. Цыцарев¹**, к.т.н., доц.,
Р.Ю. Кольцов¹

ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ИХ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ

Предложены математическая модель и алгоритмы для определения показателей надежности сложного технического объекта с учетом его конструктивной структуры. Приведен пример расчетов.

Ключевые слова: технические объекты, комплектующие элементы, структура.

S. Lenkov¹ ScD, **K. Boriak²**, ScD, **Y. Gunchenko³**, PhD, **V. Cicarev¹** PhD, **R. Koltsov¹**

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS THEIR HIERARCHICAL DESIGN STRUCTURE

The mathematical model and algorithm for determination of reliability of difficult indexes technical objects given his structural structure. An example of calculations is made.

Keywords: technical objects hardware elements, structure.

Вступление

Одной из характерных черт сложных технических объектов является их иерархическая конструктивная структура. От того, насколько продуманной (оптимальной) является конструктивная структура объекта, существенно зависит его свойство ремонтпригодности, удобство и экономичность процесса технической эксплуатации в целом. Сложные технические объекты обычно рассчитываются на длительный срок эксплуатации, в течение которого проявляются деградационные процессы износа и старения комплектующих элементов. Вследствие этих процессов уровень безотказности объекта имеет тенденцию к снижению по мере увеличения суммарной наработки. Нетрудно показать, что уровень безотказности стареющего объекта зависит не только от факторов износа и старения комплектующих элементов, но также и от конструктивной структуры объекта. Степень этой зависимости может быть разной для различных технических объектов – от незначительной до заметной и значимо

влияющей на показатели надежности и стоимости эксплуатации объекта.

В данной статье рассматриваются математическая модель и методика определения показателей надежности сложного технического объекта с учетом иерархической конструктивной структуры, анализируются механизмы влияния конструктивной структуры объекта на его свойства ремонтпригодности и безотказности.

1. Формализованное описание конструктивной и надежной структуры объекта

Конструктивную структуру сложного технического объекта будем описывать деревом

$$G = \langle E, R \rangle,$$

где E – множество всех конструктивных элементов объекта; R – отношение вложенности элементов. Конструктивными элементами объекта могут быть шкафы, блоки, агрегаты, узлы и т.п. Условимся произвольный элемент обозначать e_i^u , где u – номер конструктивного уровня (уровень вложенности) элемента, i –

порядковый номер (индекс) элемента. Номер конструктивного уровня отсчитывается от корневой вершины e^0 , которая представляет объект в целом. Отношение R представляет собой множество пар вида $\langle e_i^u, e_j^{u-1} \rangle$, в которых элемент e_i^u непосредственно входит в состав элемента e_j^{u-1} ($\langle e_i^u, e_j^{u-1} \rangle \in R$).

Множество всех элементов $(u+1)$ -го уровня, которые непосредственно входят в состав элемента e_i^u , обозначим $E(e_i^u)$. Множество $E(e_i^u)$ через отношение R можно определить как сечение по элементу e_i^u симметричного к R отношения R^{-1} . Записывается это так: $R^{-1}(e_i^u)$. Симметричное к R отношение R^{-1} представляет собой множество всех пар $\langle e_j^{u-1}, e_i^u \rangle$, полученных путем перестановки элементов e_i^u и e_j^{u-1} в соответствующих парах отношения R [1].

Элементы, в составе которых имеются другие элементы, условимся называть составными. Если состав элемента не детализируется (не определяются в его составе какие-либо другие конструктивные элементы), то такой элемент будем называть простым. Простой элемент в действительности может представлять собой достаточно сложное техническое изделие, однако в данном конкретном случае нас не интересуют его внутреннее устройство. Примерный вид дерева G показан на рис. 1.

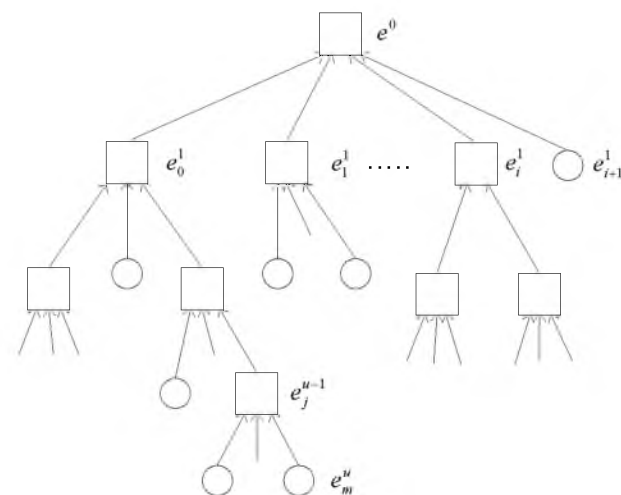


Рисунок 1 – Дерево конструктивной структуры
объекта

Стрелки указывают направление вхождения элементов. Составные элементы изображены прямоугольниками, простые – кружками. На нижнем уровне конструктивной структуры

должны быть представлены наименьшие элементы, разборка которых в условиях эксплуатации невозможна или нецелесообразна. Дерево G должно быть построено таким образом, чтобы в нем были представлены все потенциально съёмные и заменяемые в процессе эксплуатации элементы.

Будем полагать для простоты, что объект имеет последовательную надежную структуру. Это значит, что отказ произвольного элемента $e_i^u \in E$ возникает в случае, если откажет хотя бы один из элементов $e_j^{u+1} \in E(e_i^u)$. В этом случае вероятность безотказной работы элемента e_i^u определяется как произведение

$$p(e_i^u) = \prod_{\forall e_j^{u+1} \in E(e_i^u)} p(e_j^{u+1}). \quad (1)$$

С учетом этого вероятность безотказной работы объекта в целом может быть определена следующей цепочкой формул:

$$p(e^0) = \prod_{e_i^1 \in E(e^0)} \prod_{e_{ij}^2 \in E(e_i^1)} p(e_{ij}^2) = \dots = \prod_{e_m \in E_0} p(e_m), \quad (2)$$

где E_0 – множество всех простых элементов (элементов нижнего конструктивного уровня).

Условие (1) является условием полноты конструктивной структуры объекта, представляемой деревом G . Соблюдение этого условия обеспечивает корректность дальнейших вычислений показателей надежности объекта с учетом его иерархической конструктивной структуры.

2. Понятие множества восстанавливаемых элементов

Согласно принятому формальному описанию структуры объекта причиной его отказа всегда является отказ какого-либо из элементов нижнего конструктивного уровня (или элемента, находящегося внутри простого элемента). Восстановление работоспособности объекта производится путем замены конструктивного элемента, в составе которого находится отказавший элемент. Очевидно, что из соображений экономичности обслуживающий персонал будет стремиться производить замену элемента как можно более низкого конструктивного уровня. Однако из-за конструктивных особенностей объекта может оказаться, что проще произвести замену элемента более высокого конструктивного уровня.

Пусть для примера элемент e_i^u состоит из трех конструктивных элементов e_0^{u+1} , e_1^{u+1} и e_2^{u+1}

(рис. 2). В соответствии с принятым допущением о последовательном надежном соединении элементов отказ элемента e_i^u происходит в случае отказа одного из элементов e_0^{u+1} , e_1^{u+1} или e_2^{u+1} . На рис. 2 рядом со значком элемента указана продолжительность его замены $\tau_{\text{зам}}$.

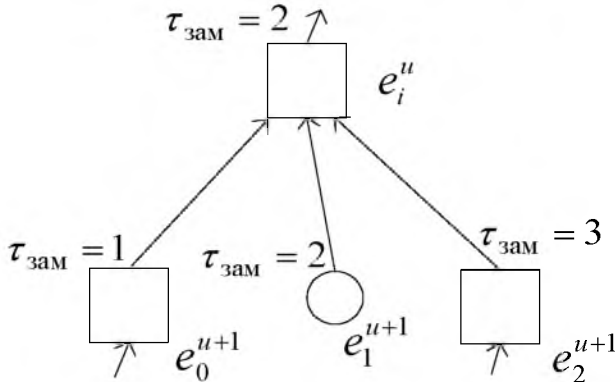


Рисунок 2 – Фрагмент дерева конструктивной структуры

Если откажет элемент e_0^{u+1} или e_1^{u+1} , то восстановление работоспособности объекта целесообразно производить путем замены соответственно элемента e_0^{u+1} или e_1^{u+1} . Если откажет элемент e_2^{u+1} , то целесообразно заменять весь элемент e_i^u . Очевидно, что так следует действовать в том случае, если критерием эффективности замен является условие минимизации времени восстановления объекта.

Введем понятие множества восстанавливаемых элементов и будем обозначать его $E_{\text{в}}$. В множество $E_{\text{в}}$ включаются все элементы, которые с наибольшей вероятностью будут заменяться при отказах объекта.

Обозначим W отношение, с помощью которого будем устанавливать соответствие между отказывающимися и восстанавливаемыми элементами. Отношение W представляет собой множество пар $\langle e_i^u, e_j^m \rangle$, в которых $e_i^u \in E_0$ – отказывающийся элемент, а $e_j^m \in E_{\text{в}}$ – элемент, который будет заменяться в случае отказа элемента e_i^u . Можно сказать, что отношением W определяется функциональное отображение $W: E_0 \rightarrow E_{\text{в}}$, то есть каждому элементу e_i^u соответствует один восстанавливаемый элемент e_j^m . С учетом этого для заданного отказавшего элемента e_i^u соответствующий ему

восстанавливаемый элемент будем определять как $W(e_i^u)$.

Обозначим $P(e_i^u)$ путь, соединяющий вершину e_i^u с корневой вершиной e^0 графа G . Путь $P(e_i^u)$ можно представить последовательностью вершин $(e_i^u, e_j^{u-1}, \dots, e^0)$, связанных попарно отношением вложенности R . Поскольку G – это дерево, путь $P(e_i^u)$ является единственным.

С учетом введенных обозначений можно предложить следующий алгоритм формирования множества $E_{\text{в}}$ (рис. 3).



Рисунок 3 – Алгоритм формирования множества $E_{\text{в}}$

Входной информацией для алгоритма являются данные о составе и структуре объекта: E, G, E_0 , данные о времени восстановления конструктивных элементов $\{\tau_{\text{в}}(e_i); e_i \in E\}$.

Оператором 1 создается вспомогательное множество E'_0 , тождественное множеству E_0 , иницируются вначале пустые множества E_B и W . Оператор 2 выбирает из E'_0 произвольный элемент e_i . Оператором 3 строится путь $P(e_i)$. Оператор 4 отыскивает среди элементов пути $P(e_i)$ элемент e_k , для которого время восстановления $\tau_B(e_i)$ минимально.

Оператор 5 добавляет в множество E_B элемент e_k , в множество W добавляет пару $\langle e_i, e_k \rangle$. Оператор 6 удаляет из вспомогательного множества E'_0 использованный элемент e_i . Если множество E'_0 не пусто, оператор 7 передает управление оператору 2 для продолжения процесса формирования множеств E_B и W . Работа алгоритма завершается, когда после очередного цикла исполнения операторов 2-6 окажется, что множество E'_0 пусто.

3. Определение показателей надежности методом имитационного статистического моделирования

В качестве показателей надежности объекта будем рассматривать показатель безотказности «средняя наработка на отказ» T_0 и показатель ремонтпригодности «среднее время восстановления» T_B [2]. В общем случае при произвольных законах распределения наработки до отказа элементов формулы для определения этих показателей следующие:

$$T_0 = T_3 \int_0^{T_3} \Omega(t) dt, \quad T_B = \sum_{i \in I_B} \frac{T_{0i}}{T_0} \tau_{Bi}, \quad (3)$$

где $\Omega(t)$ - параметр потока отказов объекта;

T_3 - продолжительность эксплуатации объекта;

T_{0i} - средняя наработка на отказ i -го элемента ($e_i \in E_0$);

τ_{Bi} - среднее время восстановления i -го элемента;

I_0 - множество номеров (индексов) всех простых элементов ($|I_0| = |E_0|$).

По аналогии с T_0 величина T_{0i} определяется по формуле:

$$T_{0i} = T_3 \int_0^{T_3} \omega_i(t) dt, \quad (4)$$

где $\omega_i(t)$ - параметр потока отказов i -го элемента

$$(\Omega(t) = \sum_{i \in I_B} \omega_i(t)).$$

Формулы (3, 4) справедливы в том случае, если отказывающимися и восстанавливаемыми (заменяемыми при отказах) являются все простые элементы. Но мы ранее выяснили, что сложные технические объекты имеют иерархическую конструктивную структуру и в случае отказов могут заменяться элементы более высоких конструктивных уровней (восстанавливаемые элементы из множества E_B). В этом случае формулы (3, 4) останутся справедливыми только при экспоненциальном распределении наработки до отказа элементов. В случае же не экспоненциальных, например, стареющих распределений (а это наиболее типичная ситуация для сложных объектов) формулы (3, 4) будут не верны. К сожалению, в настоящее время отсутствуют математические модели, с помощью которых могли бы быть получены оценки T_0 и T_B с учетом реальной конструктивной структуры объекта при не экспоненциальных распределениях. Поэтому предлагается для определения показателей T_0 и T_B применить метод имитационного статистического моделирования [3].

На рис. 4 изображена упрощенная структурная схема алгоритма имитационной статистической модели, позволяющей получать оценки T_0 и T_B с учетом конструктивной структуры объекта. Входной информацией являются все данные о составе, структуре объекта, показатели надежности всех простых элементов, и др. Для экономии места мы не детализируем эту информацию.

Оператор 1 инициализирует переменные, в которых будет накапливаться статистика, необходимая для вычисления оценок T_0 и T_B .

Оператор 2 инициализирует так называемый «календарь событий» – массив, в котором сохраняются запланированные моменты времени отказов всех простых элементов. Случайные значения наработки до отказа элементов генерируются с помощью программного датчика случайных чисел. Оператор 3 определяет текущее значение модельного времени t , которое определяется путем поиска в календаре событий минимального значения.

Если текущее время t не превысило заданное значение продолжительности эксплуатации T_3 , то выполняются операторы 5-8, обрабатывающие текущее событие, связанное с временем t .



Рисунок 4 – Алгоритм имитационного статистического моделирования

Оператор 5 определяет отказавший элемент e_i . Оператор 6 определяет восстанавливаемый элемент e_j . Оператор 7 имитирует замену элемента e_j новым: заново генерируется случайная наработка элемента до отказа τ_j , определяется новое запланированное время отказа $t_j = t + \tau_j$, полученное значение t_j вместо прежнего значения записывается в календарь событий. Оператор 8 производит накопление необходимой статистики.

Если текущее модельное время превысило продолжительность эксплуатации T_0 , оператор 4 передает управление оператору 9, в котором по накопленной статистике вычисляются оценки T_0 и T_b , текущая ошибка ϵ . Если текущая ошибка превышает заданное требуемое значение ϵ^{np} , оператор 10 передает управление оператору 2 и процесс моделирования продолжается описанным выше образом. Процесс моделирования завершается после того, как будет достигнута требуемая точность результатов.

Рассмотренная имитационная статистическая модель реализована программно в системе программирования Delphi. Ниже приводится пример применения модели.

4. Пример расчетов и выводы

В качестве примера для расчетов показателей T_0 и T_b с учетом конструктивной структуры возьмем простой объект, состоящий из 10 одинаковых простых элементов.

Объект имеет 3-уровневую конструктивную структуру, показанную на рис. 5. Все простые элементы имеют одинаковое значение средней наработки до отказа $T_{срi} = 10000$ ч. В качестве закона распределения наработки до отказа элементов задано диффузионное немонотонное распределение (DN-распределение), являющееся наиболее универсальной моделью отказов стареющих элементов [4]. В рассматриваемом примере полагаем, что все конструктивные элементы являются потенциально съёмными, однако существенно различаются временем, требующимся для их замены. Величина среднего времени замены элементов $\tau_{замi}$ указана на рис. 5 рядом с соответствующим значком элемента. Система диагностирования объекта идеальная и позволяет определять состояние объекта с точностью до простого элемента.

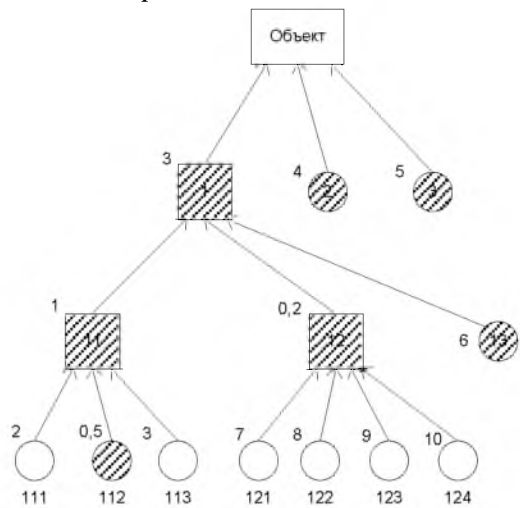


Рисунок 5 – Дерево конструктивной структуры тестового объекта

В соответствии с алгоритмом рис. 3 в рассматриваемом примере получаются следующие множества:

$$E_b = \{112, 11, 12, 13, 1, 2, 3\};$$

$$W = \{\langle 111, 11 \rangle, \langle 112, 112 \rangle, \langle 113, 11 \rangle, \langle 121, 12 \rangle, \langle 122, 12 \rangle, \langle 123, 12 \rangle, \langle 124, 12 \rangle, \langle 13, 1 \rangle, \langle 2, 2 \rangle, \langle 3, 3 \rangle\}.$$

Определение показателей надежности объекта T_0 и T_b производилось путем применения имитационной статистической модели (рис. 4) в двух режимах моделирования:

а) отказывающими являются все простые элементы, восстановление производится путем замен восстанавливаемых элементов E_b ;

б) отказывающими так же являются все простые элементы, восстановление производится путем замены отказавших простых элементов E_0 .

Очевидно, что в режиме а – имитируется реальный (естественный) процесс, при котором

восстановление производится путем замены наиболее легкоъемных элементов.

В режиме б – имитируется неестественный процесс, когда восстановление производится путем замены отказавшего элемента низкого уровня, не смотря на то, что в большинстве случаев проще (быстрее) можно заменить элемент более высокого конструктивного уровня.

В табл. 1 приведены результаты расчетов, полученные в обоих режимах при различных законах распределения наработки до отказа элементов: для DN-распределения (для двух значений коэффициента вариации ν), и экспоненциального распределения (Е-

распределение). Моделирование для случая Е-распределения позволило, с одной стороны, подтвердить адекватность модели (так как только для Е-распределения может быть рассчитано точное теоретическое значение средней наработки до отказа T_0), а, с другой стороны, показать, как закон распределения наработки до отказа элементов влияет на получаемые показатели T_0 и T_b .

Точность результатов моделирования оценивалась относительной ошибкой ε оценки показателя T_0 .

Таблица 1 – Результаты расчетов, полученные в обоих режимах при различных законах распределения наработки до отказа элементов

Показатели надежности	Заменяются восстанавливаемые элементы (режим а)			Заменяются отказывающие (простые) элементы (режим б)		
	Е-распределение	DN-распределение		Е-распределение	DN-распределение	
		$\nu = 1,0$	$\nu = 0,8$		$\nu = 1,0$	$\nu = 0,8$
T_0 , ч	1000	1260	1459	996	989	1002
T_b , ч	1,54	1,84	2,04	5,45	5,45	5,45
ε	0,14	0,12	0,11	0,14	0,13	0,11

Полученные результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы:

1. Фактическая конструктивная структура сложного технического объекта в общем случае существенно влияет на показатели надежности объекта T_0 и T_b . Механизм этого влияния заключается в том, что при восстановлении после отказов заменяются не обязательно отказывающие элементы, а элементы более высоких конструктивных уровней. Показатель T_0 при этом возрастает за счет того, что при восстановлении помимо отказавшего элемента происходит обновление также некоторой части еще исправных элементов. Среднее время восстановления T_b уменьшается благодаря тому, что заменяются элементы, требующие меньшего времени на их замену.

2. Возрастание средней наработки на отказ T_0 для реальных сложных технических объектов может быть несущественным, так как относительная доля обновляемых элементов, как правило, не велика, и эффект повышения уровня безотказности за счет этого обновления существенно зависит от скорости процессов деградации (износа и старения) элементов.

3. Уменьшение среднего времени восстановления T_b за счет рациональной конструктивной структуры объекта может быть весьма существенным, причем такое

уменьшение практически не зависит от законов распределения наработки до отказа элементов. Поэтому фактор влияния конструктивной структуры объекта на показатель T_b является основным и его обязательно необходимо учитывать при конструировании объекта.

4. Предложенные в статье модели и алгоритмы для оценки влияния иерархической конструктивной структуры объекта на показатели T_0 и T_b могут использоваться при выборе и обосновании рациональной конструктивной структуры на этапе проектирования объекта.

Список использованных источников:

1. Р. Фор, А. Кофман, М. Дени-Папен. Современная математика. – М.: Изд. Мир. – 1966. – 272 с.
2. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука. – 1978. – 400 с.
4. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – К.: Логос. – 2002. – 486 с.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. Братченко Г.Д., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

М.А. Манзарук*Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса.***НОВЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ЛОКОМОТИВОВ***Обоснована необходимость создания нового испытательного стенда для проверки демпфирующих характеристик гидравлических гасителей колебаний локомотивов в условиях эксплуатации. Рассматриваются преимущества и отличия предложенного испытательного стенда марки «ИГК – 90.1» от аналогичных стендов других производителей.***Ключевые слова:** гидравлический гаситель, испытательные стенды.**М.О. Манзарук****НОВИЙ ПІДХІД ДО ВИПРОБУВАНЬ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСИТЕЛІВ КОЛИВАНЬ ЛОКОМОТИВІВ***Обґрунтована необхідність створення нового випробувального стенду для перевірки демпфуючих характеристик гідравлічних гасителів коливань локомотивів в умовах експлуатації. Розглядаються переваги та відмінності запропонованого випробувального стенду марки «ИГК – 90.1», від аналогічних стендів інших виробників.***Ключові слова :** гідравлічний гаситель, випробувальні стенди.**M. Manzaruk****A NEW APPROACH TO HYDRAULIC TEST SHOCK ABSORBER LOCOMOTIVES***The necessity of creating a new test bed for testing damping characteristics of hydraulic shock absorbers of locomotives in operation. The advantages and differences the proposed test bench mark "IUC - 90.1" from similar stands from other manufacturers.***Keywords:** hydraulic damper, test benches.

На Одесской железной дороге эксплуатируются электровозы серии ВЛ80т/с, ВЛ40у, 2ЭЛ5, 2ЭС5К, тепловозы серии ЧМЭЗ, на которых установлены, четыре основных типа гидравлических гасителей колебаний: КВЗ 45.30.045, ТЕ 1-10А, 677.000-01 и 678.000

Проблема с эксплуатацией гасителей колебаний всегда остро стояла на Одесской железной дороге. Проблема приобрела более серьезную актуальность в последние годы, когда тепловозы серии ЧМЭЗ начали массово эксплуатироваться в качестве «диспетчерских» на полигонах плеч обслуживания с поездами соответствующих весов. Недостаточная оснащенность технологическим оборудованием ремонтной базы в депо для проведения ремонта гидравлических гасителей колебаний, а главное отсутствие возможности проводить на должном уровне их испытание, привело к ситуации, когда на один тепловоз ЧМЭЗ приходилось в среднем лишь 50% исправных гасителей колебаний. В результате, из-за наличия вертикального

галлопирования кузова тепловоза их эксплуатация со скоростями более 50 км/ч (при конструктивной 95 км/ч) стала не возможной. А это влечет за собой снижение участковых скоростей движения поездов и, как следствие, уменьшение общей пропускной способности железной дороги

Такая ситуация складывается из-за того, что в действующем нормативном документе отсутствуют четкие рекомендации относительно критериев выбора испытательного оборудования и предъявляемых к ним технических требований. Это приводит к тому, что эксплуатационные транспортные предприятия и производители гидравлических гасителей колебаний проводят испытания на различных испытательных стендах, которые отличаются как по конструкции та и по принципу действия, что в «корне» является не верным.

На наш взгляд подход к испытанию новых гидравлических гасителей колебаний и уже побывавших в эксплуатации должен быть

разным. Поскольку при испытаниях в заводских условиях важно проверить соответствие выбранных конструкторских решений, а именно выполнение гасителем своих функций демпфирования в заданном конструкторами диапазоне скоростей перемещения поршня и частот колебаний, а также проверка на прочность конструктивных узлов и согласованность работы механизмов сопряжения. Перед эксплуатационниками транспортных средств при испытаниях стоит совершенно другая задача –

проверить соответствие демпфирующих характеристик «бэушного» гасителя паспортным в указанном производителем диапазоне погрешности. Поэтому в конструкции испытательных стендов производственных предприятий используется в приводе кривошипно-шатунный механизм для обеспечения частотной реализации простого гармонического синусоидального закона перемещения поршня гасителя (рис. 1).

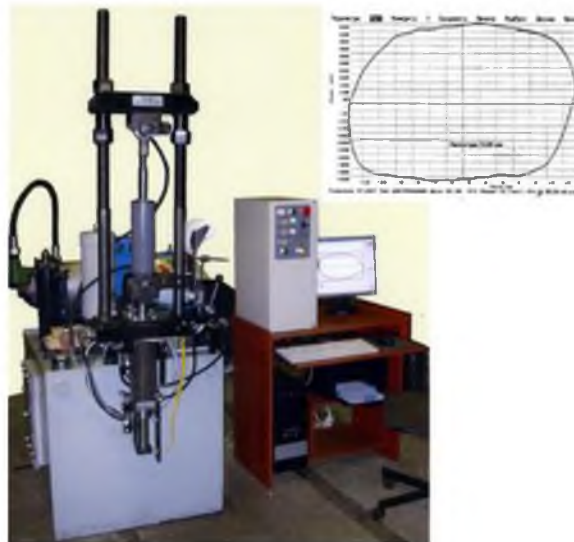


Рисунок 1 – Внешний вид стенда СА-5 производства ОАО ЭНИМС (Россия)

В действительности, установленный на локомотиве гаситель колебаний, совершает более сложные и не гармонические колебания, и это подтверждается экспериментальными исследованиями [1]. Другой особенностью является то, что на производственных стендах гасители испытываются при фиксированных скоростях, при этом по непонятным для нас причинам испытания ограничиваются только тремя значениями скоростей и весьма узким диапазоном (50÷100 мм) перемещения поршня.

Если представить, что контроль качества на предприятии, выпускающем гасители, осуществляется одинаково хорошо на всех промежуточных этапах, то для новых изделий такие условия можно принять. Но для побывавших в эксплуатации гасителей колебаний испытания необходимо проводить при максимально рабочем ходе поршня.

Мы предлагаем новый подход к испытанию гидравлических гасителей колебаний, побывавших в эксплуатации. Суть его заключается в том, что нас не интересует, каким нагрузкам гаситель подвергался в эксплуатации. Нас интересует только его демпфирующая характеристика (параметр сопротивления) на момент времени его испытания. Мы предполагаем, что функция параметра сопротивления гасителя колебаний не зависит от

вида закона механического нагружения гасителя, а для определения демпфирующей характеристики требуется всего лишь построить зависимость между силой сопротивления и скоростью перемещения поршня в достаточно широком диапазоне.

Наши допущения базируются на том основании, что вязкая несжимаемая жидкость имеет инфинитезимальную (короткую) память. Бесконечно короткая память – не просто одно из главных свойств вязкой несжимаемой жидкости – это ее определяющее свойство. Жидкость реагирует только на деформации, которым она подвергается в рассматриваемый момент времени, и полностью забывает те деформации, которым она подвергалась любое конечное время тому назад, сколь бы недавно это ни происходило [2]. Таким образом, можно допустить, что гидравлическая компонента гасителя колебаний является безинерционной и практически мгновенно реагирует на изменение воздействий дорожного полотна. Запаздывание может обуславливаться лишь сжимаемостью присутствующего в цилиндре гасителя колебаний воздуха и объективной инерционностью срабатывания его механических элементов (клапанов).

На наших научных допущениях специалистами ЧМП «КОМПРО» был создан

конструктивно принципіально новий стенд ИГК-90.1 (рис.2).

Стенд ИГК-90 имеет ряд других преимуществ и существенных отличий от стендов известных производителей аналогичного оборудования.

В конструкции стенда используется пневматический привод (встроенный компрессор) малой электрической мощности 2,2 кВт, который обеспечивает механическое

возвратно-поступательное перемещение штока гасителя при испытаниях по синусоидальному закону. В случае использования для пневмопривода стенда магистрали воздуха имеющейся в депо, потребление электроэнергии стендом можно снизить до 0,7 кВт. Известные аналоги гидроприводных стендов имеют мощность 22 кВт. Это позволяет отнести стенд ИГК-90.1 к классу энергосберегающего технологического оборудования.



Рисунок 2 – Стенд ИГК-90.1 производства ЧМП «КОМПРО» (Украина)

В приводном механизме для перемещения штока гасителя отсутствует промежуточный кривошипно-шатунный узел, что позволяет проводить испытания гасителя во всем рабочем диапазоне перемещения поршня ($0 \div 240$ мм), в более широком диапазоне скоростей ($0 \div 500$ м/с) и при изменяющейся частоте (не гармонических) колебаний гасителя, имитирующего его работу на локомотиве. Конструкция стенда выполнена таким образом, что в ходе испытаний позволяет определить для каждого конкретного испытуемого гасителя его "реальный" максимальный ход поршня. Это очень важно, поскольку только на максимальных ходах поршня при испытаниях можно выявить наличие или отсутствие воздуха в цилиндре гасителя, и соответственно нормируемый уровень демпфирующей жидкости (масла).

Экологическая чистота пневмопривода и рабочего места, на котором отсутствует загрязнение маслом от гидропривода и его соединений в конструкции, является немаловажным достоинством стенда при его эксплуатации в условиях ремонтных депо.

Вывод

На стенде можно проводить испытания всех четырех типов гасителей колебаний, которые устанавливаются на электровозах серии ВЛ80с, ВЛ40у, ЧМЭЗ, 2ЕЛ5 и 2ЭС5К. Испытания

гидравлических гасителей колебаний на стенде ИГК-90.1 выполняются в соответствии с инструкцией [3].

Полная автоматизация процесса проведения испытаний, удобная визуализация протекания процесса в режиме реального времени на экране монитора, наличие встроенной базы сохранения проведенных испытаний и информационно справочной нормативно-технической базы, все это в комплексе позволяет повысить не только контроль над качеством ремонта гасителей, но и персональную ответственность рабочего персонала за свою работу.

Список использованных источников:

1. Säglitz M. Выбор параметров для диагностирования гасителей колебаний //Журнал «Железные дороги мира», №12, 1999. –С. 24 - 28
2. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. – М.: Мир, 1975. – 592 с.
3. ЦТ-0062 "Інструкція по утриманню, ремонту та випробуванню гасителів коливальних локомотивів і моторвагонного рухомого складу", утверждённой Главным управлением локомотивного хозяйства УКРЗАЛІЗНИЦІ (приказ №53-ц от 27.02.2003).

Рецензент: д.т.н., Боряк К.Ф., Одесская государственная академия технического регулирования и качества, Одесса

В.И. Солодка*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, г. Одесса.***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕТОЧНЫХ МЕТОДОВ С ПОМОЩЬЮ ЗАДАЧ ТРИАНГУЛЯЦИИ***В статье рассматриваются различные алгоритмы визуализации трехмерных объектов на эквидистантной сетке. Проводится исследование и описание методов визуализации, показываются преимущества и недостатки существующих методов.***Ключевые слова:** задача триангуляции, сеточные методы, трехмерные объекты.**В.І. Солодка****ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СІТКОВИХ МЕТОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАДАЧ ТРИАНГУЛЯЦІЇ***У статті розглядаються різні алгоритми візуалізації тривимірних об'єктів на еквідистантній сітці. Проводиться дослідження і опис методів візуалізації, показуються переваги і недоліки існуючих методів.***Ключові слова:** завдання тріангуляції, сіткові методи, тривимірні об'єкти.**V. Solodka****COMPARATIVE ANALYSIS OF NET METHODS BY TASKS OF TRIANGULATION***The In the article the different algorithms of visualization of three-dimensional objects are examined on an ekvidistantnoy net. Research and description of methods of visualization is conducted, advantages and lacks of existent methods are shown.***Keywords:** task of triangulation, net methods, three-dimensional objects.

Данная статья посвящена сравнительному анализу алгоритмов визуализирующих заданную поверхность с помощью аппроксимации её треугольниками. Это так называемая задача триангуляции. Проблема визуализации поверхности, заданной различными способами возникает во многих областях математики, физики, медицины, телевидении.

Под задачей триангуляции понимается визуализация поверхности заданной с помощью функции от трех аргументов и фиксированного значения этой функции - уровня.

$$\{(x, y, z) / f(x, y, z) = c\},$$

где $f(x, y, z)$ - это заданная функция, а c - заданный уровень.

Множество точек, удовлетворяющее этой формуле, и есть искомая поверхность. Однако удобнее восстанавливать не саму поверхность, а поверхность аппроксимирующую искомую с помощью треугольников. Такой способ визуализации называется триангуляцией.

При решении задачи визуализации большинство задач функция задается таблично

на сетке с эквидистантным шагом или имеет явное отображение, описываемое заданной формулой.

Но могут возникать задачи, в которых нет явно заданного отображения, или таблица значений задана на сетке с неэквидистантным шагом. Такие задачи могут возникать во многих приложениях, например, в задаче реконструкции трехмерной структуры с помощью множества контуров- «срезов» (в медицинских исследованиях). В таких задачах предлагается использовать следующий алгоритм действий [3]: поверхность S , заданная выборкой X , аппроксимируется касательными плоскостями, проходящими через каждую точку выборки X . Затем искомая функция, задающая поверхность, считается следующим образом: для каждой точки P пространства R функция в этой точке равна расстоянию до ближайшей касательной плоскости, взятому со знаком «+», если точка находится внутри объема, ограниченного построенными плоскостями, или со знаком «-», если точка находится вне этого объема. Затем проводится триангуляция поверхности, заданной с помощью получившейся функции.

Рассмотрим методы решения задачи триангуляции. Ячеечные методы. В методах такого типа происходит разбиение области триангуляции на ячейки – параллелепипеды [1] или треугольные пирамиды. Далее производится триангуляция поверхности в каждой ячейке отдельно. Причем каждая ячейка триангулируется одним из заданных ранее способов, т.е. значения координат для треугольников просто «подставляются» из заранее заданной таблицы.

Для применения методов этого типа необходимо задать допустимую ошибку аппроксимации, на основе которой выбрать размер ячейки - треугольной пирамиды. После этого с помощью уже известных таблиц триангуляции получить искомое множество треугольников. При этом процедура триангуляции каждой ячейки сводится к анализу значений функции в вершинах этой ячейки – другими словами, определяется, какие вершины лежат «внутри» поверхности, а какие – «снаружи». На основе этого можно сделать вывод о достаточности определения функции только в вершинах ячеек.

Наиболее известные ячейчные алгоритмы: метод Канейро [2], метод «МТ6», метод Скалы [4], метод «Марширующих кубов» [1].

Метод предиктора-корректора (predictor-corrector). Методы из этого класса основаны на добавлении к уже имеющемуся множеству точек триангуляции ещё одной, лежащей на касательной плоскости к заданной функции (это положение предиктора (predictor) – предсказанное) и затем передвижению её до визуализируемой поверхности (это положение корректора (corrector) – скорректированное).

При использовании методов из этого класса, необходимо знать значение функции во всех точках пространства и найти хотя бы одну точку, принадлежащую искомой поверхности. Метод заключается в «наращивании» треугольников – на каждой итерации метода к уже существующему множеству треугольников добавляется еще один, построенный на ребре крайнего треугольника и предсказанной (а затем скорректированной по кривизне поверхности) точки на поверхности.

Мозаичные методы (pre-tessellation methods & particle-based methods). Суть таких методов заключается в разбиении искомой поверхности на части дальнейшей их триангуляции. Разбиение на части в pre-tessellation методах подразумевает разбиение поверхности на «примитивные» поверхности – фрагменты сфер и плоскостей. Разбиение на части в методах из плеяды particle-based – менее «интеллектуально» – ищутся только фрагменты плоскостей. При этом возникает проблема «соединения» уже

«протриангулированных» частей. Чаще всего этот процесс сводится к подбору локальных по Делоне треугольников, соединяющих части искомой поверхности.

Определение: треугольник локализован по Делоне, если его самая маленькая сфера ограничения не содержит никакой другой точки триангуляции, которая имеет ту же самую поверхностную ориентацию.

Перечислим достоинства и недостатки методов триангуляции.

Основа методов первого типа – независимая триангуляция каждой ячейки с помощью таблиц триангуляции – является одновременно их сильной и слабой стороной. Высокая скорость работы этих методов делает их наиболее привлекательными по отношению к другим методам и дает возможность использовать их в интерактивных приложениях, но большим недостатком считается их относительная индифферентность к поведению функции вне выбранного множества точек. Другими словами это невозможность правильно визуализировать локальные искривления – масштаб треугольников всегда пропорционален размеру ячейки. Такие методы идеально подходят для визуализации трехмерных скалярных полей, заданных на регулярной сетке.

Методы второго и третьего типа применимы только при визуализации полей определенных в каждой точке той части пространства, которое нас интересует. Большим преимуществом таких методов можно считать их зависимость от локального искривления функции – в таких методах мелкие детали не «пропадут». Несмотря на сильную потерю в скорости по сравнению с методами первой группы и ограничения на дифференцируемость функции и связность поверхности, привлекают высоким «качеством» получаемой поверхности.

Заметное различие между ячейчными методами и методами второго и третьего типа заключается еще и в том, что методы первого типа часто довольно просты в реализации, и предоставляют возможность визуализации «нетривиально» заданных скалярных полей. Так, к примеру, создать регулярную сетку на основе нерегулярной значительно проще, нежели восстановить функцию в каждой точке пространства. Это же относится и к проблеме восстановления поверхности по «срезам» [5], возникающей в томографии.

Таким образом, учитывая постановку задачи, необходимо провести сравнительный анализ алгоритмов, относящихся к ячейчным методам по следующим критериям: скорость работы, ошибка аппроксимации, количество сгенерированных треугольников, качество генерируемых треугольников.

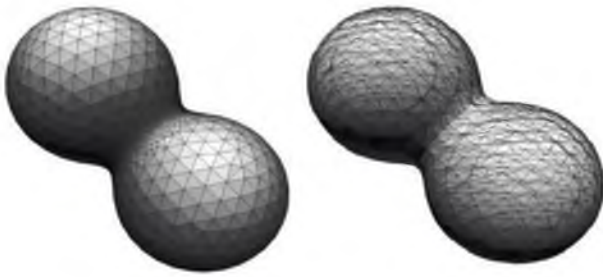


Рисунок 1 – Слева – триангуляция с учетом локальных искривлений; справа – без локальных искривлений. (Поверхность справа получена с помощью метода «Марширующих кубов»), слева – с помощью метода Стюарта (predictor-corrector).

Однако, рассматриваемые алгоритмы имеют одну и ту же основу. Поэтому скорость и ошибка аппроксимации различаются незначительно [4].

Таким образом, анализ алгоритмов достаточно провести по следующим критериям – количество треугольников, «качество» треугольников.

Алгоритм Скалы, относящийся к разряду ячеечных методов, был разработан для визуализации трехмерных скалярных полей, заданных с помощью функции, определенной в каждой точке пространства. Однако, метод разбиения пространства на ячейки таков, что дает возможность использовать этот алгоритм для визуализации скалярных полей заданных на регулярной сетке.

Для разбиения пространства на ячейки метод Скалы использует узлы регулярной сетки, находящиеся в вершинах параллелепипеда, полученного тем же способом, что и в предыдущих рассмотренных методах, и дополнительную точку, находящуюся на пересечении диагоналей этого параллелепипеда. Значение функции в этой точке предлагается считать как линейную интерполяцию значений функции в вершинах параллелепипеда. Для каждого параллелепипеда, полученного из узлов регулярной сетки, строится ячейка способом. При таком разбиении для каждой ячейки используются «срединные» точки «соседних» параллелепипедов.

Алгоритм «МТ6» был предложен Гуезеком [3] как альтернатива алгоритму Канейро. Основное отличие этих двух методов в том, что для алгоритма «МТ6» отпадает необходимость смены шаблонов с прямого на зеркальный и обратно. Это достигается путем симметричного разбиения параллелепипеда, показанного на рис. 2.

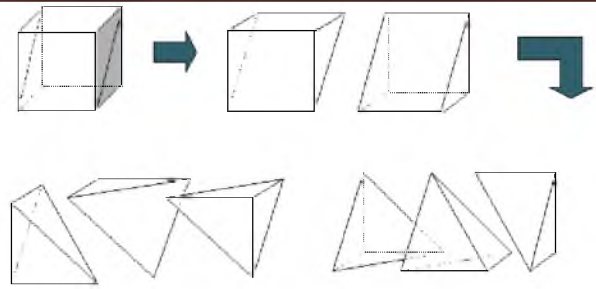


Рисунок 2 – Симметричное разбиение параллелепипеда

Алгоритм «Марширующие кубы» Алгоритм «Марширующие кубы», предложенный Лоренсом [1], можно разбить на два этапа:

1. Разбиение области G пространства R^3 на конечное множество ячеек, поиск ячеек пересекаемых искомой поверхностью.

2. Аппроксимация поверхности в найденных ячейках.

Алгоритм Канейро [2], основанный на разбиении пространства на треугольные пирамиды, как и алгоритм «Марширующие кубы», состоит из двух этапов:

1. Разбиение пространства на конечное множество ячеек, поиск ячеек пересекаемых искомой поверхностью.

2. Аппроксимация поверхности в найденных ячейках.

Для сравнения методов были использованы следующие критерии:

- Количество генерируемых треугольников
- «Качество» генерируемых треугольников

Сравнение производилось следующим образом: на ввод алгоритмам подавались тестовые поверхности, заданные на регулярной сетке $30 \times 30 \times 30$. Для каждой поверхности просчитывалось количество треугольников, вектор качества треугольников и средняя мера правильности треугольника.

Вектор качества треугольников определяется следующим образом:

$$BKT = \{a_1, a_2, \dots, a_{10}\}, a_i \in [0, 100], \sum_i a_i = 100$$

При этом, i -ый элемент вектор качества треугольников определяется как процентное содержание треугольников с мерой качества V , во множестве сгенерированных треугольников, где V удовлетворяет следующему неравенству:

$$\frac{i-1}{10} \leq V < \frac{i}{10}, \quad i \neq 10$$

$$V \geq 0.9, i = 10$$

Средняя мера правильности треугольников подсчитывалась как среднее арифметической мер правильности всех треугольников.

При анализе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

Алгоритм Скалы генерирует неоправданно большое количество треугольников (к примеру, при визуализации поверхности тора этот алгоритм произвел в 5 раз больше треугольников, чем алгоритм «Марширующие кубы»).

Алгоритм МТ6 показал на всех тестовых поверхностях результаты хуже, чем алгоритм Канейро (для каждой тестовой поверхности количество генерируемых треугольников алгоритмом МТ6 было выше, чем количеством генерируемых треугольников алгоритмом Канейро, а средняя мера качества ниже).

Алгоритм «Марширующие кубы» генерирует значительно меньшее количество треугольников, чем другие алгоритмы.

Таким образом, можно сказать, что алгоритм «Марширующие кубы» имеет лучшие показатели качества по выбранным критериям. Однако, Дёрст (Durst) в своей работе показал топологическую неточность построенных поверхностей с помощью алгоритма «Марширующие кубы».

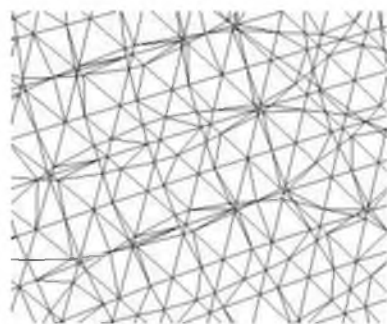
Решения этой проблемы, основаны на изменении шаблонов триангуляции и попытке

«предугадать» (отсюда пошло название – asymptotic decider) как на самом деле себя ведет поверхность в ячейке. Однако такой подход в несколько раз увеличивает количество треугольников, генерируемых алгоритмом «Марширующие кубы». К тому же, такой алгоритм уже нельзя считать интерактивным [6].

Несмотря на существование топологической неточности в генерируемой поверхности, алгоритм «Марширующие кубы» широко используется на практике, т.к. вероятность проявления ошибок такого рода достаточно мала. К примеру, при визуализации тестовых поверхностей топологическая неточность ни разу не проявилась.

Таким образом, при решении прикладных задач на интерактивную визуализацию трехмерных скалярных полей заданных на эквидистантной сетке, лучше всего использовать алгоритм Канейро, в том случае, если важна топологическая точность получаемой поверхности. В противном случае, целесообразнее использовать алгоритм «Марширующие кубы».

Однако показатели качества алгоритма «Марширующие кубы» далеки от тех результатов, которые дают не интерактивные алгоритмы.



а



б.

Рисунок 3 – Фрагмент сферы: а – полученный в результате работы алгоритма «Марширующие кубы», б – после не интерактивного преобразования того же множества треугольников

Список использованных источников:

1. William E. Lorensen, Harvey E. Cline, CG vol.21, no.4, – July 1987
2. Bernardo P. Carneiro, Arie E. Kaufman, SIGGRAPH'96, pp. 205 – 210.
3. H. Hoppe, T. DeRose, T. Duchamp, J. McDonald, and W. Stuetzle. SIGGRAPH'92 proceedings, 26(2), pp. 71 – 78.
4. Vaclav Skala, Conference on Scientific Computing – 2000. pp. 368 – 378. http://www.emis.de/journals/AMUC/_contributed/algo2000/skala.pdf
5. Paolo Cignoni, IEEE Transaction on visualization and CG, vol.3, no.2 April-June 1997
6. Andre Guezic, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 1, Issue 4, pp. 328 – 342, – December 1995

Рецензент: д.т.н., профессор Гофайзен О.В., Одесская национальная академия святы им. А.С. Попова, Одесса

РОЗДІЛ 3

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

В.Т. Беліков², к.т.н., **О.Ф. Дяченко¹**, к.т.н., **О.І. Лещенко¹**, к.т.н.

¹Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса;

²Науковий центр бойового застосування Сухопутних військ. Військова академія, м. Одеса.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТИ ВІЙСЬКОВОЇ БРОНЬОВАНОЇ МАШИНИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО МОДУЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ

В статті розглядаються переваги впровадження безпосереднього модульного електромеханічного приводу за рахунок чого досягається підвищення загального коефіцієнту корисної дії механізму повороту башти, швидкості наведення зброї на ціль та підвищення надійності опорного вузла з'єднання башти з корпусом броньованої машини.

Ключові слова : модульний електромеханічний привод, трансверсальний електродвигун.

В.Т. Беликов², к.т.н., **А.Ф. Дяченко¹**, к.т.н., **О.И. Лещенко¹**, к.т.н.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА БАШНИ БРОНИРОВАННОЙ МАШИНЫ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО МОДУЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА

В статье рассматриваются приоритеты внедрения непосредственного модульного электромеханического привода благодаря которому достигается повышение общего коэффициента полезного действия механизма поворота башни, скорости наведения вооружения на цель и повышение надежности опорного узла соединения башни с корпусом бронированной машины.

Ключевые слова: модульный электромеханічний привод, трансверсальний електродвигун.

V. Belykov², Ph.D., **A. Dyachenko¹**, Ph.D., **O. Leshchenko¹**, Ph.D.

PERFECTION OF MECHANISM OF TURN OF TOWER OF THE ARMoured VEHICLE'S FOR ACCOUNT OF INTRODUCTION OF DIRECT MODULE ELECTRO-MECHANICAL DRIVE

In the article priorities of introduction of direct module electro-mechanical drive are examined which the increase of general coefficient of useful effect of mechanism of turn of tower is arrived at due to, speeds of aiming of armament on a purpose and increase of reliability of supporting knot of connection of tower with the corps of the armoured vehicle's machine.

Keywords: modular electro-mechanical drive, transversal engine.

У роботі подані результати прикладних досліджень у галузі удосконалення електроприводу башти військової броньованої гусеничної або колісної машини (ВКГМ).

За способом регулювання швидкості і зміни напрямку обертання башти розрізняють механізми повороту башт (МПБ) з електроприводом і гідроприводом [1]. У МПБ з електроприводом різними методами змінюють швидкість обертання ротора виконавчого електромотора, а передавальне число механізму повороту башти залишається постійним. У МПБ з гідроприводом швидкість обертання ротора приводного електромотора не регулюється, а зміна швидкості обертання башти забезпечується змінним передавальним числом гідрооб'ємної передачі, що входить до складу механізму

повороту башти. Це досягається зміною літражу гідронасосу, пов'язаного з приводним електромотором, тоді як літраж гідромотора, з'єднаного з баштою, залишається постійним. На сучасних зарубіжних танках використовуються плунжерні гідрооб'ємні передачі. На сучасних вітчизняних танках використовуються МПБ з електроприводом.

Переваги системи наведення зброї з електричними методами регулювання в порівнянні з другим типом полягають: у високій надійності роботи в різних кліматичних умовах; у можливості отримання досить високих (до 40 град/с) та вельми малих швидкостей обертання башти (0,05-0,08 град/с), що використовуються для виправлення наведення зброї у ціль; у зручності прокладки електричних комунікацій, у

тому числі і передачі електроенергії з корпусу танка в башту.

МПБ з гідроприводом, вигідно відрізняються від механізмів першого типу меншою вагою і габаритними розмірами основних регулюючих машин: гидронасоса і гідромотора. Простішим виявляється механічний редуктор, від якого завдяки тихоходності гідромотора не вимагається таке велике передавальне число, як в механізмах з електроприводом.

Недоліки гідравлічної системи полягають в меншій надійності роботи через небезпеку витоків масла і особливо попадання повітря в систему, у складності прокладки гідравлічних комунікацій, у впливі температури навколишнього повітря на характеристики гідрооб'ємної передачі.

Застосування електричних двигунів для приведення в рух транспортних систем і механізмів, у яких основними джерелами енергії є двигуни внутрішнього згорання, або електрохімічні джерела, є однією з принципових тенденцій розвитку сучасної техніки.

Велика увага розробкам в області електричних приводів для забезпечення функціонування практично всього комплексу механізмів бронетанкової техніки приділяється фахівцями всіх розвинених у військово-технічному відношенні країн, що виробляють гусеничну бронетанкову техніку. Зусилля більшості розробників ВКГМ направлені на досягнення науково-технічного прориву в цій області військової техніки в принципово новому напрямі, який полягає в концепції створення повністю електричних танків АЕТ (All Electric Tank) і інших бойових броньованих машин [2].

Однак, традиційне використання у МПБ циліндричного обертового електродвигуна у сполученні з редуктором з великим передаточним числом не дозволяє позбутися основних недоліків електроприводу такого типу. Вони обумовлені наявністю системи проміжних механічних передач між ротором електродвигуна, на який впливає створюване в результаті електро механічного перетворення енергії електромагнітне зусилля, і корпусом башти.

Наявність редуктора з високим передаточним числом збільшує вартість приводу, збільшує інерційні моменти, втрати енергії, підвищує похибки наведення зброї, знижує надійність МПБ у цілому, що особливо важно для механізмів, що розробляються для використання у військовій техніці. Саме тому найсучасніші тенденції розвитку електро механічних приводів у всіх без виключення областях техніки, припускають

застосування прямих, безпосередніх, безпередаточних електроприводів.

Електро механічні приводи такого типу засновані на тому, що електро механічне перетворення енергії відбувається практично в безпосередній близькості від зон основних технологічних процесів, в даному випадку, – в зоні сполучення башти з корпусом.

Очевидно, що в прямих, безпосередніх, безпередаточних електро механічних приводах повністю усунені проміжні передачі будь-якого вигляду, оскільки конструктивні елементи ротора, що створюють електромагнітне зусилля двигуна, безпосереднім чином, тобто механічно жорстко, об'єднуються з тими деталями механізму, які повинні бути приведені в рух. Завдяки цьому значно спрощується конструкція всього пристрою, знижується його вартість і, відповідно, підвищується надійність механізму, а саме - підвищується точність та зменшується час встановлення усього механізму на заданий кут.

Проте існує ще одна важлива принципова особливість прямих, безпосередніх приводів повороту башти ВГМ, визначувана специфікою конструкції приводного електричного двигуна. Ряд конструктивних виконань таких двигунів дає можливість використовувати вельми значні зусилля одностороннього магнітного тяжіння, що виникають між рухомим і нерухомим елементами приводного електродвигуна, для розвантаження підшипникового опорного вузла, на якому обертається башта, що приводиться двигуном.

З метою усунення недоліків МПБ на основі циліндричного обертового електродвигуна, запропоновано забезпечити ВГМ безпосереднім модульним електро механічним приводом повороту башти [3]. Для цього пропонується використовувати електродвигуни з поперечним контуром замикання основного магнітного потоку, тобто електричні двигуни трансверсального типу (ТЕД), які розроблені в Німеччині співробітниками Військового інституту Бундесверу [4,5].

Крім простоти конструкції ТЕД в тих же габаритах, що і звичайні електричні двигуни обертового типу з постійними магнітами, розвивають потужності, збільшені на 40-45%. Це є особливо важливим чинником для приводних електричних двигунів таких механізмів, робота яких проходить в динамічно форсованих режимах, особливо характерних для МПБ.

Простота конструкції ТЕД, з одного боку, обумовлена тим, що їх якірні обмотки виконані у вигляді кільцевих обмоток, які у двигунів трансверсальної конструкції, на відміну від секцій якірних обмоток електродвигунів звичайного виконання, позбавлені елементів, що

безпосередньо не беруть участь в електромеханічному перетворенні енергії.

З іншого боку, простота конструкції ТЕД обумовлена застосуванням високоенергетичних постійних магнітів простої прямокутної форми для створення основного магнітного поля.

З метою застосування описаних вище електричних двигунів у ВГМ з безпосереднім модульним електроприводом повороту башти (ЕПБ) запропоновано жорстко закріпити на башті висококоерцивні постійні магніти збудження основного магнітного поля приводного ТЕД, рівномірно розподіливши їх по всьому колу її корпусу.

Таким чином, корпусний елемент башти в електромагнітному плані стає ротором приводного двигуна її повороту. Статор приводного двигуна повороту башти з кільцевою якірною обмоткою може бути встановлений як у внутрішній частині корпусу ВГМ, так і ззовні нього.

У обох випадках комплект модульних блоків-модулів, що входять до складу статора приводного двигуна, повинен бути жорстко закріплений на монтажних елементах конструкції зовні або усередині корпусу танка.

Перший варіант безпосереднього модульного ЕПБ містить приводний ТЕД, статор якого виконаний у вигляді суцільної кільцевої конструкції Ш-подібного поперечного перерізу і вертикально закріплений на горизонтальній кільцевій площадці, встановлений на кронштейнах, жорстко прикріплених до внутрішньої поверхні корпусу ВГМ, причому постійні магніти вказаного приводного двигуна закріплені на вертикальному феромагнітному кільці, яке, у свою чергу, закріплене на верхньому погоні башти.

У другому конструктивному варіанті безпосереднього модульного ЕПБ магнітопровід статора приводного ТЕД так само запропоновано виконати у вигляді суцільної кільцевої конструкції з Ш-подібним поперечним перерізом, але, на відміну від першого варіанту, встановленою під кутом до горизонту на вертикальних кронштейнах, закріплених на внутрішній поверхні корпусу ВГМ. В цьому випадку постійні магніти вказаного приводного ТЕД необхідно так само закріпити під таким же кутом нахилу до горизонту на внутрішній поверхні башти.

Таке конструктивне виконання приводного ТЕД дозволяє корисно використовувати зусилля одностороннього магнітного тяжіння між рухомою і нерухомою частинами приводного двигуна щодо магнітного розвантаження опорного підшипникового вузла повороту башти.

Розрахунки зусилля тяжіння показують, що при куті нахилу, рівному 30 градусів, сила одностороннього магнітного тяжіння складе 50 кН, що розвантажить опорний вузол башти приблизно на 30%. При цьому застосування високоенергетичних постійних магнітів забезпечує постійне розвантаження опор незалежно від того, підключений приводний електродвигун до електромережі живлення чи ні.

Конструктивне виконання третього варіанту безпосереднього модульного ЕПБ відрізняється тим, що кільцевий Ш-подібний магнітопровід статора приводного ТЕД встановлений горизонтально на суцільному кільцевому Г-подібному кронштейні, закріпленому на зовнішній поверхні корпусу поза баштою ВГМ, при цьому комплект постійних магнітів двигуна так само розміщений горизонтально і жорстко встановлений на горизонтальному кільці верхнього погону башти.

Розрахунки показують, що у такому випадку розвантажувальне зусилля зменшить навантаження на опорний вузол вже на 60%.

Для реалізації можливості повороту башти при відмові системи електроживлення запропоновано доповнити безпосередній модульний ЕПБ механічним приводом з цівковим зачепленням, в якому додаткове колесо, що приводиться вручну, має механічне зачеплення з постійними магнітами приводного електродвигуна, які виконують роль зубців цівкової передачі.

Конструкція безпосереднього модульного ЕПБ може бути спрощена, якщо магнітопровід статора приводного ТЕД буде виконаний у вигляді набору дискретних дугових елементів, мінімальна кількість яких принципово може дорівнювати одному.

На рис. 1 і 2 в поперечному перерізі представлена конструктивна схема ТЕД. Ш-подібний магнітопровід 1 статора жорстко закріплений на циліндрі 2, встановленому на нерухомому валу 3.

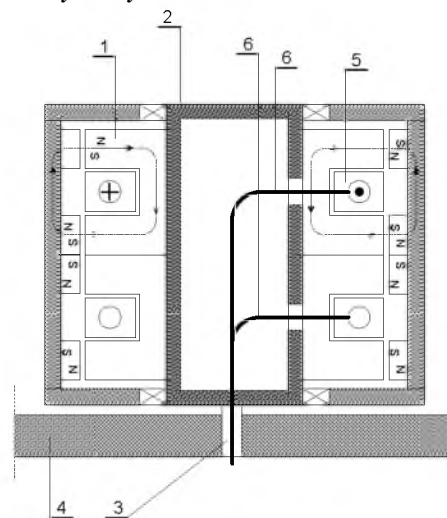


Рисунок 1 – ТЕД, поперечний розріз

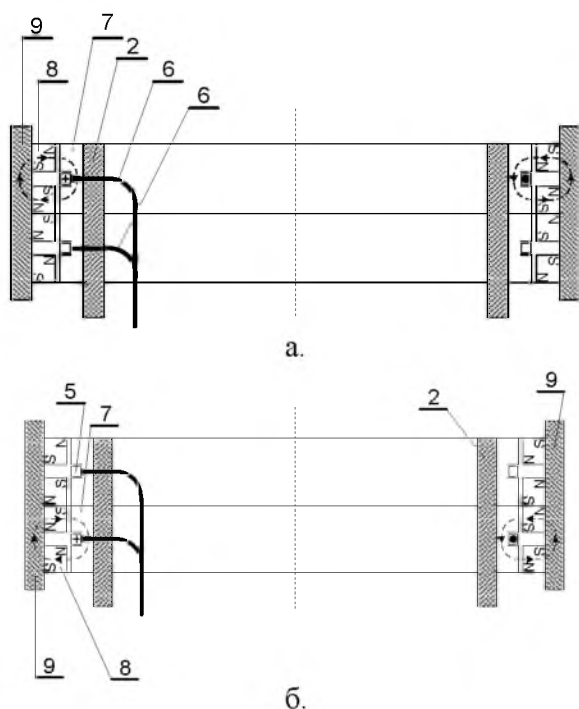


Рисунок 2 – Конструкція ТЕД, пристосована для застосування в електроприводі повороту башти при подачі живлення на верхній (а) та нижній (б) елемент якорної обмотки, поперечний розріз

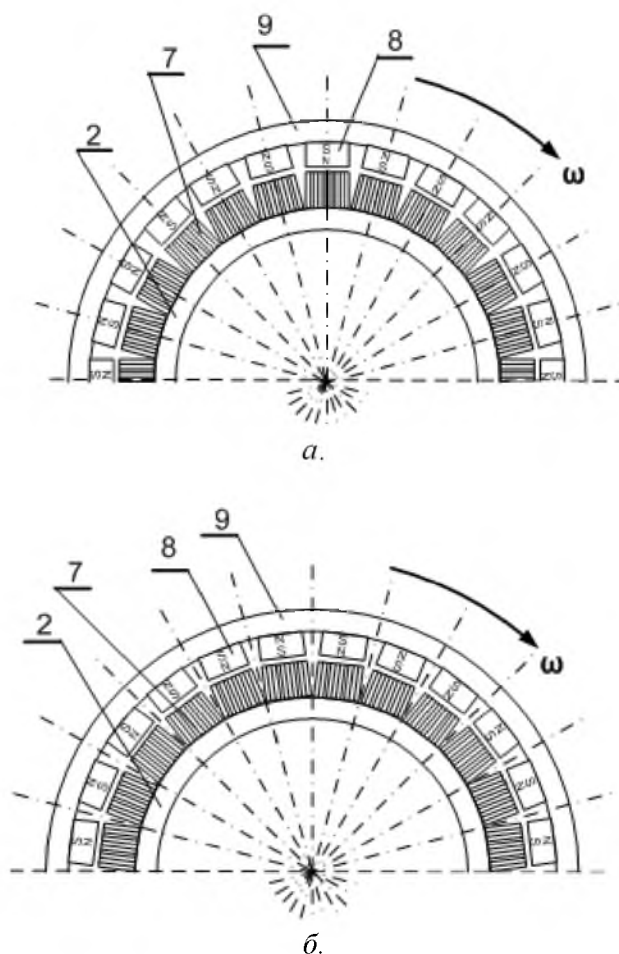


Рисунок 3 – ТЕД при подачі живлення на верхній (а) та нижній (б) елемент якорної обмотки, вигляд зверху

Нерухомий вал 3 прикріплений до корпусу 4 ВГМ. У двох пазах Ш-подібного магнітопроводу 1 розміщені кільцеві якорні обмотки 5, які підключені до бортової живлячої мережі 6.

На рис. 3, 4 представлений магнітопровід 1 виконаний у вигляді набору розміщених на зовнішній поверхні циліндра 2 статора П-подібних шихтованих феромагнітних модулів 7.

Як впливає з приведених конструктивних схем, магнітопроводи 7 нижнього ряду зрушені по колу щодо магнітопроводів 7 верхнього ряду на половину полюсної поділки.

При подачі живлення на верхню кільцеву обмотку 5 статора набір верхніх високоенергетичних постійних магнітів 8, жорстко закріплених на внутрішній поверхні феромагнітного циліндра 9 ротора займе положення, показане на рис. 3.а. При відключенні верхньої якорної обмотки 5 і подачі живлення на нижню якорну обмотку 5 нижній ряд постійних магнітів буде зафіксований в положенні, показаному на рис. 3.б. Далі, при повторенні порядку почергового підключення якорних обмоток 5 цикл зсуву магнітів 8 повторюється. Напрямок обертання ротора показаний на рис. 3.а і б стрілкою.

На рис. 4.а приведена конструктивна схема башти ВКГМ з безпосереднім модульним ЕПБ у вигляді поперечного перерізу башти 10 з елементом 11 корпусу. Шихтовані феромагнітні модульні паралелепіпеди 12 закріплені на зовнішній поверхні кругового магнітопроводу 13 статора, який має прямокутну форму поперечного перерізу і вертикально закріплений на кронштейні 14. Останній жорстко прикріплений до броньових листів 11 корпусів ВКГМ. На верхньому погоні 15 башти вертикально закріплений феромагнітний магнітопровід 16 ротора приводного електродвигуна повороту башти. На зовнішньому магнітопроводі 16 встановлений комплект постійних магнітів 8, обернених до магнітопроводів 12.

На рис. 4.б представлений варіант конструктивного виконання башти ВКГМ з безпосереднім модульним ЕПБ так само у вигляді поперечного перерізу башти з елементом 11 корпусів, що відрізняється від попереднього тим, що магнітопровід 13 статора двигуна, несе комплект якорних обмоток 5, закріплений на кронштейні 14 під гострим кутом до горизонту. Як впливає з рис. 4.а, під таким самим кутом нахилений до горизонту броньовий лист 18 башти 10. На броньовому листі 18 по колу закріплений комплект постійних магнітів 8.

Завдяки виникненню електромагнітного зусилля одностороннього тяжіння між статором 13 приводного трансверсального електродвигуна і магнітами 8 вторинного елемента цього двигуна відбувається силове розвантаження

опорного підшипникового вузла 19 башти ВКГМ, що збільшує термін його безаварійної експлуатації.

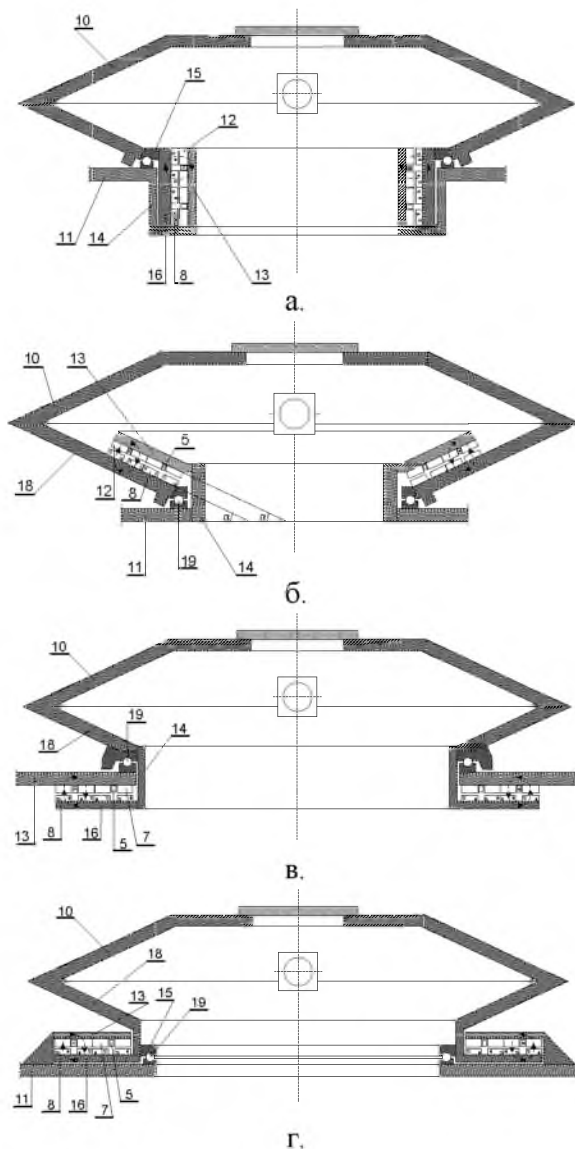


Рисунок 4 – ВКГМ з безпосереднім модульним ЕПБ при вертикальному (а) похилому (б) горизонтальному (в) кріпленні кільцевого Ш-образного магнітопровода статора усередині корпусу та (г) при горизонтальному кріпленні кільцевого Ш-подібного магнітопровода статора поза корпусом ГМ, поперечний розріз башти і корпусу

На рис. 4.в і 4г представлені конструктивні варіанти ВКГМ з безпосереднім модульним ЕПБ, засновані на горизонтальному розташуванні магнітопровода 13 статора приводного двигуна при закріпленні цього магнітопровода зовні і усередині корпусу ВКГМ, відповідно. Повністю очевидно, що при такій конструктивній компоновці активних елементів приводного електродвигуна реалізується максимальний ступінь силового розвантаження опорного підшипникового вузла 19. Для здійснення повороту башти при втраті електричного живлення електропривод доповнюється цівковою механічною передачею з

використанням постійних магнітів приводного електродвигуна як зубців вказаної передачі.

Статор приводного двигуна повороту башти так само може бути виконаний у вигляді набору дискретних кільцевих конструктивних елементів, що приводить до зменшення маси, а, отже, і вартості ЕПБ.

Пропонований безпосередній модульний ЕПБ працює таким чином. Електрична енергія, що створена основною енергетичною установкою, перетвориться до вигляду, придатного для споживання приводним електричним двигуном повороту башти ВКГМ. Потім, по команді внутрішнього або зовнішнього оператора або автоматичної системи, що управляє, імпульси живлячої напруги по черзі подаються на елементи якірної обмотки 5 приводного двигуна.

Башта приводиться в обертання і позиціонується в заданому напрямі стрільби. Швидкість обертання приводного двигуна регулюється зміною частоти імпульсів живлячої напруги, що подається на елементи кільцевої якірної обмотки 5. Для зміни напрямку обертання башти змінюється порядок чергування імпульсів напруги живлення.

Таким чином розробка та впровадження запропонованого безпосереднього модульного електроприводу башти ВКГМ може забезпечити підвищення загального коефіцієнту корисної дії МПБ на 0,15% – 0,18%, швидкість наведення зброї на ціль до 45 град/с. та підвищити надійність опорного вузла з'єднання башти з корпусом ВКГМ

Список використаних джерел:

1. Буров С.С. Конструкция и расчет танков. – М: Воениздат, – 1973, – 608 с.
2. Іванов О. «Американский электрический танк АЭТ». Зарубежное военное обозрение. – М. – 1997. – № 4, – С. 25.
3. Пат. №99509 Україна, МПК F 41 H 7/00, F 41 A 27/00. Військова гусенична машина з безпосереднім модульним електромеханічним приводом повороту башти / Беліков В.Т., Борисюк М.Д., Дяченко О.Ф., Лещенко О.І., Магерамов Л.К., Поповіченко О.В. заявл. 03.09.2010; пуб. 27.08.2012. Бюл.№15
4. H.Weih, H.Mosebach: "Transversal-flussmaschinen", Wehrtechnisches Symposium "Moderne elektrische Energietechnik in der Bundeswehr", 27 – 29.11.1989. Synchronous machines", Proc. ICEM 1990, Cambridge, USA H.Weih, H.May, M.Shalaby: "Highly Effective Magnetic Circuits Permanent Magnet Exited

Рецензент: д.т.н. Боряк К.Ф., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

Ю.Г. Даник¹, д.т.н., М.Ю. Яковлев², д.т.н., І.В. Матала²¹Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова національного авіаційного університету, м. Житомир;²Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

В статті проаналізовано існуючі науково-технічні проблеми у створенні безпілотних авіаційних комплексів і шляхи їх вирішення, розглянуто перспективи розвитку безпілотних авіаційних систем військового призначення в Україні.

Ключові слова: безпілотний авіаційний комплекс, системи розвідувально-інформаційного забезпечення.

Ю.Г. Даник¹, д.т.н., М.Ю. Яковлев², д.т.н., И.В. Матала²**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В статье проанализированы существующие научно-технические проблемы создания беспилотных авиационных комплексов и пути их решения, рассмотрены перспективы развития беспилотных авиационных систем военного назначения в Украине.

Ключевые слова: беспилотный авиационный комплекс, системы разведывательно-информационного обеспечения.

J. Danik¹, ScD, M. Yakovlev², ScD, I. Matala²**SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF PILOTLESS AVIATION SYSTEMS OF MILITARY-ORIENTED**

The article analyzes today's scientific-technical issues pertaining to building of unmanned aircraft systems and ways of their solving. It examines the prospects for development of military unmanned aircraft systems in Ukraine.

Keywords: pilotless aviation complex, systems of the reconnaissance-informative providing.

Постановка проблеми

Науково-технічний прогрес, зростання складності, вартості створення та експлуатації новітньої військової пілотованої авіаційної техніки, навіть у розвинутих у військовому відношенні країнах, призвели до інтенсивного розвитку бойових (розвідувальних, ударних) безпілотних авіаційних систем (БпАС) різноманітного призначення. Не оминув цей процес і військово-промисловий комплекс України, який активно займається розробкою безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) і має у своєму арсеналі розробки, що відповідають сучасним вимогам.

Огляд останніх досліджень і публікацій

Аналізу проблем, що виникають при створенні БпАК, прийнятті їх на озброєння з'єднань та частин Сухопутних військ України присвячено багато робіт [1-4]. Проведені дослідження авторами цих та інших робіт [5-7] свідчать, що створення сучасних БпАК супроводжується рядом науково-технічних

проблем. Поряд з цим, автори не завжди намагаються знайти шляхи їх вирішення, лише констатуючи їх.

Формулювання завдання дослідження

Визначити основні проблеми, що виникають в ході створення сучасних БпАК для Сухопутних військ України та можливі шляхи їх вирішення, виходячи з можливостей держави та потреби сучасної військової техніки у Збройних Силах України.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сучасні концепції «глобальної бойової дії», «асиметричних бойових дій», «глобального обхвату», «мережі центричних війн», «стратегічного паралічу» та «паралельних війн» передбачають бойову дію на ймовірних противників дистанційно з використанням всеосяжного розвідувально-інформаційного забезпечення, інформаційної, високоточної ракетної зброї, безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та інших бойових засобів.

БпЛА – лігальні апарати, управління якими здійснюється без екіпажу. До них відносяться дистанційно пілотовані (ДпЛА) і БпЛА лігакової схеми, управління якими здійснюється автономно, а також автоматичні космічні апарати. ДпЛА і БпЛА можуть бути бойовими (ударними), розвідувальними і бути мішенями одно- чи багаторазового застосування.

Загалом, класифікувати БпЛА можна за такими ознаками: за масштабом вирішуваних завдань, за рівнем і ланкою використання, за характером завдань, за вагою, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом лігального апарата, за базуванням, за кратністю застосування, за типом двигуна. Початок практичного застосування БпЛА сягає років Другої світової війни, коли їх вперше використовували як мішені для тренування зенітників. Широке застосування БпЛА арміями країн НАТО у війнах, військових конфліктах та миротворчих операціях надало їм можливість досягти високої ефективності розвідки і мати постійну інформаційну перевагу над противником.

Досвід застосування військової техніки у локальних конфліктах кінця XX-початку XXI сторіч свідчить, що основними проблемами підвищення ефективності застосування озброєння та військової техніки (ОВТ) у бойових діях є:

- складність забезпечення оперативної взаємодії родів військ в умовах складної обстановки у районі ведення бойових дій;
- висока маневреність частин і підрозділів при виконанні бойових завдань;

- постійно зростаюча потреба у контролі за обстановкою у зоні бойового зіткнення з противником, що зумовлено відсутністю чітко вираженої смуги оборони або наступу;

- необхідність приведення порядку та способів застосування з'єднань, частин та підрозділів ЗС України до вимог стандартів НАТО в рамках програми «Партнерство заради миру».

Аналіз тенденцій у світовому розвитку БАС свідчить, що основним напрямом є розробка та створення комплексів повітряної розвідки різного призначення. Постійно зростає кількість країн-розробників БпАК (рис. 1).

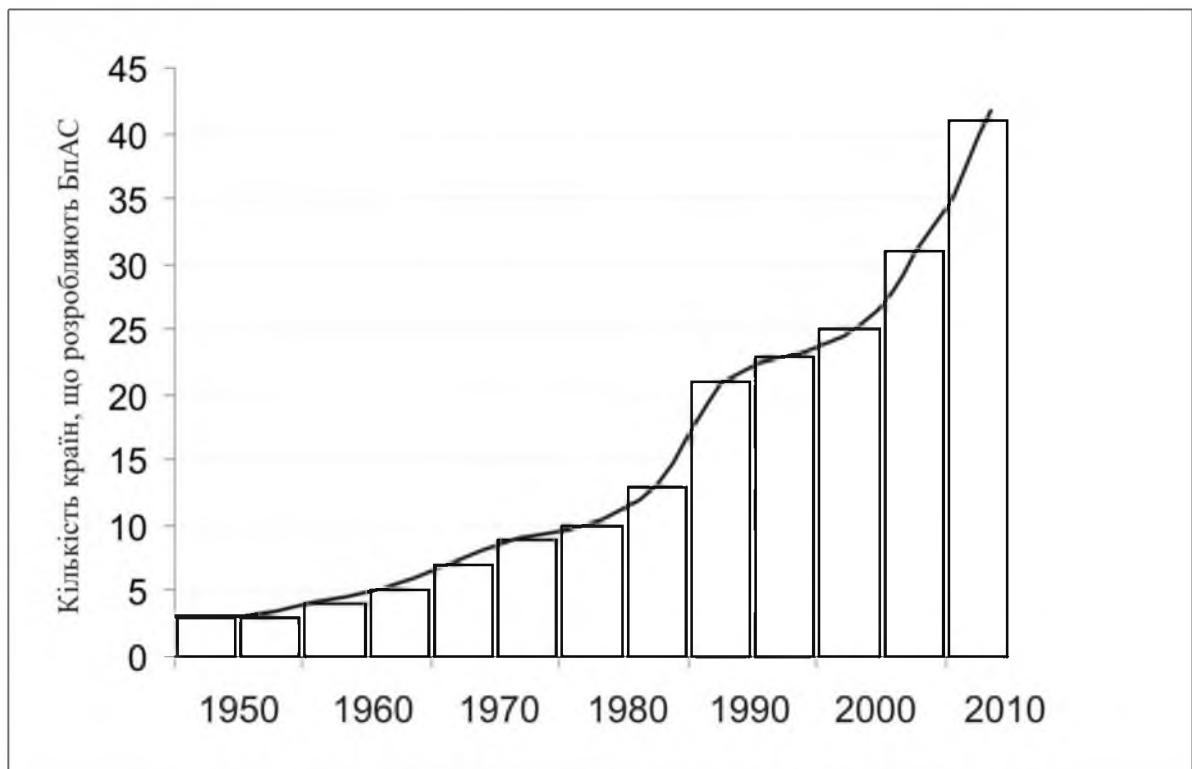


Рисунок 1 – Динаміка зміни країн-розробників БпАК різного призначення

Причому, найбільш широкого розвитку та поширення починають набувати комплекси з малими БпЛА (міні-БпЛА), що призначені для вирішення завдань спостереження та розвідки обстановки в районі поля бою і тактичній глибині оборони противника (рис. 2). Такий стан пояснюється такими чинниками:

- доступністю технології створення малорозмірних БпЛА, в тому числі і використання досягнень авіаційного моделювання;

- високим рівнем розвитку елементної бази радіоелектроніки і мініатюризацією датчиків, приладів і пристроїв, що використовуються в комплексах бортового обладнання;

– зниженням рівня спеціальних вимог до бортового обладнання для малих БпЛА, і як наслідок, розширення номенклатури обладнання, що застосовується, аж до використання приладів і комплектуючих побутового призначення;

– наявністю великої кількості малопотужних електричних і поршневих двигунів внутрішнього згоряння, що придатні для використання в якості рушійної сили БпЛА;

– відсутністю необхідності у дорогій науково-виробничій базі для розробки та виготовлення міні-БпЛА.

Слід зазначити, що незважаючи на високі темпи робіт зі створення БпЛА та БпАК, жодній з провідних країн світу й дотепер не вдалося до кінця вирішити деякі технологічні проблеми. Взагалі на сьогоднішній день БпАК можна розглядати як особливий вид військової техніки, успішне освоєння і застосування якої вимагає створення єдиної структури, яка замовляє, випробовує і використовує цю техніку в інтересах збройних сил та інших силових відомств.

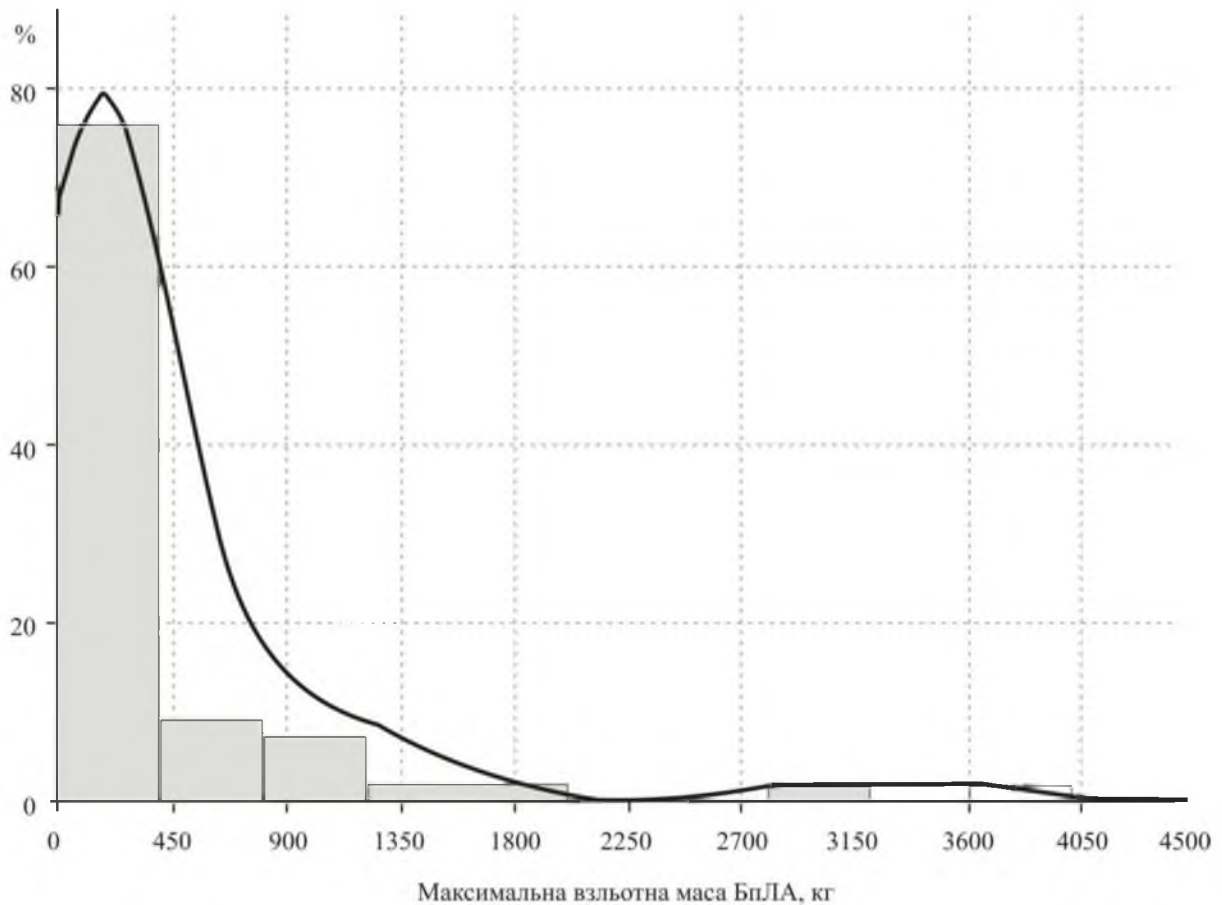


Рисунок 2 – Розподіл БпЛА різного призначення за злітною масою

Для обґрунтованого вибору варіанту забезпечення Сухопутних військ Збройних Сил України і підрозділів інших силових відомств безпілотними авіаційними комплексами необхідно детально проаналізувати та використати досвід, отриманий у цій сфері іншими країнами, з'ясувати найбільш актуальні на цей час проблеми та можливі шляхи їх подолання.

Незважаючи на перспективність створення БпЛА, в Україні існує цілий ряд проблем, що стримують їх розвиток і швидке впровадження. Зокрема, законодавча і нормативна база для проектування, виробництва, експлуатації та

сертифікації безпілотної техніки потребує деталізації і уточнення деяких положень. До цього часу чітко не визначені потреби видів Збройних Сил України в БпЛА, хоча деякі зрушення останнім часом у цьому напрямі з'явилися, недостатньо фінансуються перспективні науково-дослідні роботи по створенню БпЛА, як правило, фінансування здійснюється за залишковим принципом.

Але найбільш суттєвою є проблема забезпечення передачі інформації каналами зв'язку між літальним апаратом і наземним пунктом управління в достатній кількості, з

заданою швидкістю і без спотворення в умовах штучних і природних завад.

Для вирішення вищезазначених проблем, перш за все необхідно виділити наступні пріоритетні напрями створення і розвитку безпілотних авіаційних технологій військового призначення в Україні.

1. Створення на державному рівні департаменту в структурі Міністерства оборони України, що відповідав би за координацію організацій, діяльність яких пов'язана з розробкою та виготовленням БПЛА.

2. Внесення змін до Повітряного Кодексу України.

3. Розробка і затвердження Норм політної придатності БПЛА, правил і методів сертифікації БПЛА, правил експлуатації БПЛА.

4. Розробка методів оцінки застосування БПЛА для вирішення кола завдань в мирний та воєнний час.

5. Визначення переліку завдань, що повинні вирішуватися за допомогою БПЛА, розробка тактико-технічних вимог до БПЛА, визначення термінів і виконавців робіт щодо проектування і виробництва БПЛА.

6. Проектування і виробництво БПЛА у відповідності з прийнятими нормами та правилами із застосуванням сучасних засобів проектування і виробництва.

7. Розробка вимог до обладнання, розробка нового або придбання готових виробів, вирішення питань сертифікації імпортного обладнання в Україні.

8. Підготовка інженерного складу у вищих навчальних закладах, які спроможні створювати БПЛА, а також підготовка фахівців з експлуатації БПЛА у вищих військових навчальних закладах.

Висновки

У статті розглянуто основні проблеми, що в тій або іншій мірі ускладнюють розробку та прийняття сучасних БПЛА на озброєння з'єднань, частин і підрозділів Сухопутних військ Збройних Сил України. На реальних прикладах доведено, що ефективне використання БПЛА неможливе без створення сучасної інфраструктури систем обміну інформацією між БПЛА і споживачами, в якості яких виступають командири і штаби усіх рівнів. Створення цих систем є одним із найбільш складних і відповідальних завдань у побудові БПЛА для

Збройних Сил України. При реалізації вищезазначених принципів і підходів Україна зможе подолати відставання від передових країн світу в сфері створення БПЛА і на паритетних умовах конкурувати на світовому ринку схожих технологій.

Список використаних джерел:

1. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие / А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк и др. – Х.: Нацаэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", – 2008. – 377 с.
2. Кутовий О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О.П. Кутовий // Наука і оборона. – 2000. – № 4. – С. 39–47.
3. Формирование облика многофункционального беспилотного авиационного комплекса гражданского назначения / Белый В. Д., Мялица А. К., Гребеников А. Г., Черановский В. О., Парфенюк В. В. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2001. – Вып. 9. – С. 3–16.
3. Васи́лин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. Боевые. Разведывательные / Н.Я. Васи́лин. – Минск: ООО «Попурри», – 2003. – 272 с.
4. Харченко О.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // Наука і оборона, – 2005. – №1. – С. 57–60.
5. Мосов С.П. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах: Монография / С.П. Мосов. – К.: Изд. дом "Румб", – 2008. – 248 с.
6. Мосов С.П. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: Монография / С.П. Мосов. – К.: Изд. дом "Румб", 2008. – 160 с.
7. Сайт www.defense.update.com [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.defense.update.com/>.
8. Сайт www.whitehouse.com [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.whitehouse.com/>.

Рецензент: д.т.н. Зубков А.М., Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

М.Ю. Яковлев, д.т.н., І.В. Матала*Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.*

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ ЗАВДАНЬ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

В статті визначено й наведено обґрунтування переліку завдань, які мають вирішуватись оперативно-тактичними і тактичними безпілотними авіаційними комплексами Сухопутних військ Збройних Сил України та розглянуто основні вимоги до них.

Ключові слова: безпілотний авіаційний комплекс, системи розвідувально-інформаційного забезпечення.

М.Ю. Яковлев, д.т.н., І.В. Матала

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕЧНЯ ЗАДАНИЙ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

В статье определено и приведено обоснование перечня задач, решаемых оперативно-тактическими и тактическими беспилотными авиационными комплексами Сухопутных войск Вооружённых Сил Украины и рассмотрены основные требования к ним.

Ключові слова: беспилотный авиационный комплекс, системы разведывательно-информационного обеспечения.

M. Yakovlev, ScD, I. Matala

DETERMINATION AND GROUND OF LIST OF TASKS FOR PILOTLESS AVIATION COMPLEXES OF GROUND FORCES

The article defines and states justification for missions to be completed by operational-tactical and tactical unmanned aircraft systems of the Army of the Ukrainian Armed Forces and considers main requirements for them.

Keywords: pilotless aviation complex, systems of the reconnaissance-informative providing.

Постановка проблеми

Сьогодні безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) стали невід'ємною частиною озброєння сучасних армій. У теперішній час у світі нараховується біля 140 підприємств у 49 країнах, що займаються розробкою та серійним виробництвом БпАК та комплектуючими до них. Україна також є представником країн-виробників БпАК і має достатній практичний досвід їх створення. Але БпАК, що стоять на озброєнні у Збройних Силах (ЗС) України були розроблені ще у 70-х роках минулого сторіччя та порівняння їх бойових можливостей з БпАК провідних країн світу свідчить про їх невідповідність сучасним вимогам. Тому перед ЗС України актуальним стає завдання формування поглядів та вибору ряду малогабаритних БпАК тактичного та оперативно-тактичного призначення, в залежності від спектру завдань, що будуть вирішуватися за їх допомогою в інтересах з'єднань та частин Сухопутних військ (СВ).

Огляд останніх досліджень і публікацій

Розгляду питань розробки, виробництва та застосування БпАК присвячено велика кількість

робіт [1-4]. Проведені дослідження авторами цих та інших робіт [5-7] сформуvalи методологічну базу створення та експлуатації сучасних БпАК, але в цих працях практично не розглядаються системно питання визначення основних вимог та завдань, які мають вирішуватись оперативно-тактичними і тактичними БпАК СВ ЗС України.

Формулювання завдання дослідження

Визначити й обґрунтувати перелік завдань, які мають вирішуватись оперативно-тактичними і тактичними безпілотними авіаційними комплексами СВ ЗС України та основні вимоги до них.

Виклад основного матеріалу дослідження

За результатами аналізу особливостей дій підрозділів СВ провідних країн світу у локальних війнах та конфліктах, шляхів визначення можливих способів застосування малогабаритних БпАК, можна встановити наступні основні вимоги до малогабаритних БпАК [8, 9]:

– висока мобільність, реалізація у переносному варіанті з відповідними масо-габаритними характеристиками;

- простота та надійність в обслуговуванні і експлуатації, легкість розгортання, запуску, керування;

- багатократність використання з можливістю підзарядки (заміни, дозаправки) елементів живлення в польових умовах;

- живучість та захищеність від впливу засобів технічної розвідки, радіоелектронної боротьби та іншої протидії противника (стрілецька зброя), а також протидія засобам протиповітряної оборони;

- оперативність та безперервність отримання інформації;

- достовірність і точність класифікації, визначення координат та необхідних характеристик об'єктів спостереження;

- скритність функціонування (слабка видимість, безшумність двигунів);

- можливість широкої інтеграції з засобами зв'язку;

- модульність конструкції, можливість оперативної адаптації до швидко змінних умов тактичної обстановки;

- можливість дій вдень і вночі, при обмеженій видимості, в складних метеорологічних умовах;

- можливість дій на будь-якій місцевості (на рівнинах, в горах, містах, лісах, пустелях тощо);

- забезпечення повного охопту району проведення операції;

- можливість проведення подальшої модернізації (заміни) застарілого бортового обладнання з урахуванням швидких темпів розвитку радіоелектронної техніки, у тому числі видової оптико-електронної розвідки, та сполучення з іншими технічними засобами.

Слід зазначити, що наведений перелік не є повним та включає в себе тільки основні вимоги до БпАК.

Відомо, що повітряна розвідка є складовою воєнної розвідки, вона ведеться в тому числі частинами та підрозділами безпілотних літальних апаратів (літаки, автоматичні аеростати тощо) з метою своєчасного одержання даних про противника (об'єкти, сили і засоби, місцевість і таке інше), необхідних для успішного ведення воєнних дій всіма видами збройних сил і родами військ, виключення раптовості дій противника та його ефективного ураження. Повітряна розвідка здатна в короткий термін виявляти війська противника в районах їхнього розташування і при пересуванні визначати наявність і місця розташування (координати) вогневих позицій артилерії, командних пунктів, радіоелектронних засобів і інших малорозмірних цілей. Поряд з цим повітряна розвідка розкриває систему інженерного обладнання місцевості, наявність зон радіоактивного забруднення, райони руйнувань, завалів, пожеж і затоплення, а також місця розташування об'єктів у тилу противника. Основні зусилля розвідки зосереджуються на своєчасному

викритті угруповання противника, особливо місць розташування засобів масового ураження, систем високоточної зброї і радіоелектронного придушення, пунктів управління військами і зброєю, його замислу дій, боєздатності і готовності до завдання ударів, а також на здобуванні інших відомостей, що необхідні для успішних дій військ.

Основним обов'язком командирів усіх рівнів, у підпорядкуванні яких є частини та підрозділи БпЛА, залишається організація безперервної та активної розвідки. Виходячи з завдань, що стоять перед органами розвідки СВ ЗС України, до їх складу щонайменше повинні входити три види БпАК. Це насамперед, оперативно-тактичні, тактичні та БпАК розвідки поля бою.

В залежності від того в якій організаційно-штатній структурі БпАК знаходяться та підпорядкованості вони повинні вирішувати певне коло завдань. Наприклад, на рис. 1 схематично представлено порядок ведення повітряної розвідки *оп* безпілотних літальних апаратів (БпЛА) командування СВ, ескадрильєю БпЛА корпусного підпорядкування та взводу БпЛА в інтересах командира *омбр* (*отбр*). На рис. 2, відповідно схематично представлено процес організації та порядок ведення розвідки БпАК в умовах перегрупування (пересування) своїх військ. Місця розгортання стартових позицій визначаються завчасно, переміщення у нові місця базування здійснюється приховано.

Військова частина БпАК оперативно-тактичного призначення, що підпорядковується Командувачу СВ ЗС України, повинна вести розвідку місцевості на глибину до 300 км в інтересах підготовки і застосування з'єднань та частин СВ.

До основних завдань, які повинний вирішувати оперативно-тактичний БпАК, відносяться:

- уточнення характеру місцевості в районі майбутніх бойових дій, виявлення наявності і характеру інженерного обладнання місцевості, районів загороджень та руйнувань;

- викриття угруповань, бойового складу, характеру діяльності військ противника у районі планування та проведення бойових дій;

- виявлення шляхів і напрямків переміщення військ противника;

- виявлення наземних і надводних об'єктів розвідки;

- визначення координат наземних і надводних об'єктів розвідки та видача їх на командні пункти і пункти управління засобами ураження, а за необхідності, підсвічування об'єктів лазерним цільказувачем для наведення високоточної зброї;

- визначення результатів нанесення масованого вогневого удару по об'єктах противника;

- визначення стану, організації охорони і оборони об'єктів розвідки для забезпечення дій розвідувально-диверсійних груп;
- ведення метеорологічної розвідки;
- ведення аерофотографічної зйомки районів, що підлягають картографуванню (в мирний час);
- ведення аерофотографічної зйомки позицій своїх військ, на яких виконуються заходи маскуванню;
- знімання радіометричних портретів об'єктів для забезпечення бойового застосування багатофункціонального ракетного комплексу;
- доставка передавачів завад та генераторів електромагнітного імпульсу, що закидаються на територію противника і т.д.

Поряд з цим БпАК оперативно-тактичного призначення може вирішувати ряд невластивих йому завдань. Це, насамперед, ведення повітряної розвідки у прикордонній смузі (шляхом перспективного фотографування місцевості) та спостереження за незаконними збройними формуваннями і їх переміщенням.

Підрозділ БпАК тактичного призначення, що безпосередньо підпорядковується командирі армійського корпусу і веде розвідку в його інтересах повинний виконувати наступні завдання:

- виявлення елементів системи управління військами – пунктів управління рівня армійський корпус, бригада, полк;
- виявлення елементів системи управління зброєю пунктів управління розвідувально-ударних комплексів та розвідувально-вогневих комплексів, вузлів зв'язку, радіолокаційних постів;
- виявлення елементів системи протиповітряної оборони (вогневі позиції дивізіонів, батарей зенітних ракетних військ середньої, малої та близької дії, позиції зенітної артилерії);
- виявлення вогневих позицій дивізіонів і батарей ствольної та реактивної артилерії, позицій тактичних ракет та оперативно-тактичних ракет;
- виявлення місць розташування частин і підрозділів СВ від механізованого (танкового) батальйону;
- встановлення місць базування аеродромів штурмової і армійської авіації, вертолітних майданчиків та наявності на них авіаційної техніки;
- уточнення стану мостів, переправ, елементів інфраструктури, пунктів заправки паливом;
- виявлення оперативних резервів противника в районах зосередження і на марші;
- уточнення елементів інфраструктури – залізничні вузли і станції, автошляхи та їх пропускна здатність;

- виявлення місць базування складів пально-мастильних матеріалів, озброєння і боєприпасів;
- уточнення базування аеродромів тактичної авіації та наявності на них літальних апаратів;
- виявлення баз ремонту озброєння і військової техніки.

Підрозділи БпАК розвідки поля бою, що безпосередньо підпорядковуються командирам механізованої, аеромобільної, артилерійської або ракетної бригади, полку спеціального призначення повинні виконувати наступні завдання:

- виявлення у смузі бойових дій бригади військ противника у районах їх розташування та переміщення;
- виявлення наявності і місцеположення (координати) систем високоточної зброї, зброї масового ураження;
- виявлення вогневих позицій артилерії і засобів протиповітряної оборони;
- виявлення пунктів управління, радіоелектронних засобів й інших об'єктів (цілей);
- виявлення системи інженерного обладнання місцевості, наявність зон зараження, районів руйнувань, пожеж і затоплень, місця розташування об'єктів тилу противника;
- дорозвідка противника перед завданням по ньому вогневого удару;
- забезпечення спостереження на марші та у місцях відпочинку.

Незалежно від свого призначення БпАК повинен виконувати повітряну розвідку у простих і складних метеорологічних умовах, у будь-яку пору року, час доби та в умовах сильної протидії протиповітряної оборони противника і складної радіоелектронної обстановки. Крім цього БпАК повинні бути придатними для використання їх в будь-яких фізико-географічних умовах.

БпАК повинен бути здатний виконувати завдання над горами з висотою вершин до 4000 м. Це забезпечує при можливій висоті польоту апарату близько 5000 м задане перевищення над горами – у межах 300-500 м, яке необхідне для забезпечення безпеки польоту (сильні пориви вітру та турбулентність потоків повітря), а також виключення ділянок затінення від гірських вершин при виконанні розвідки об'єктів противника у гірській місцевості.

Виходячи з необхідності забезпечення безпеки, БпАК при виконанні завдань розвідки терористичних угруповань та незаконних збройних формувань, що можуть бути озброєні переносними зенітними ракетними комплексами, повинен мати можливість польоту на висоті 5000-6000 м.

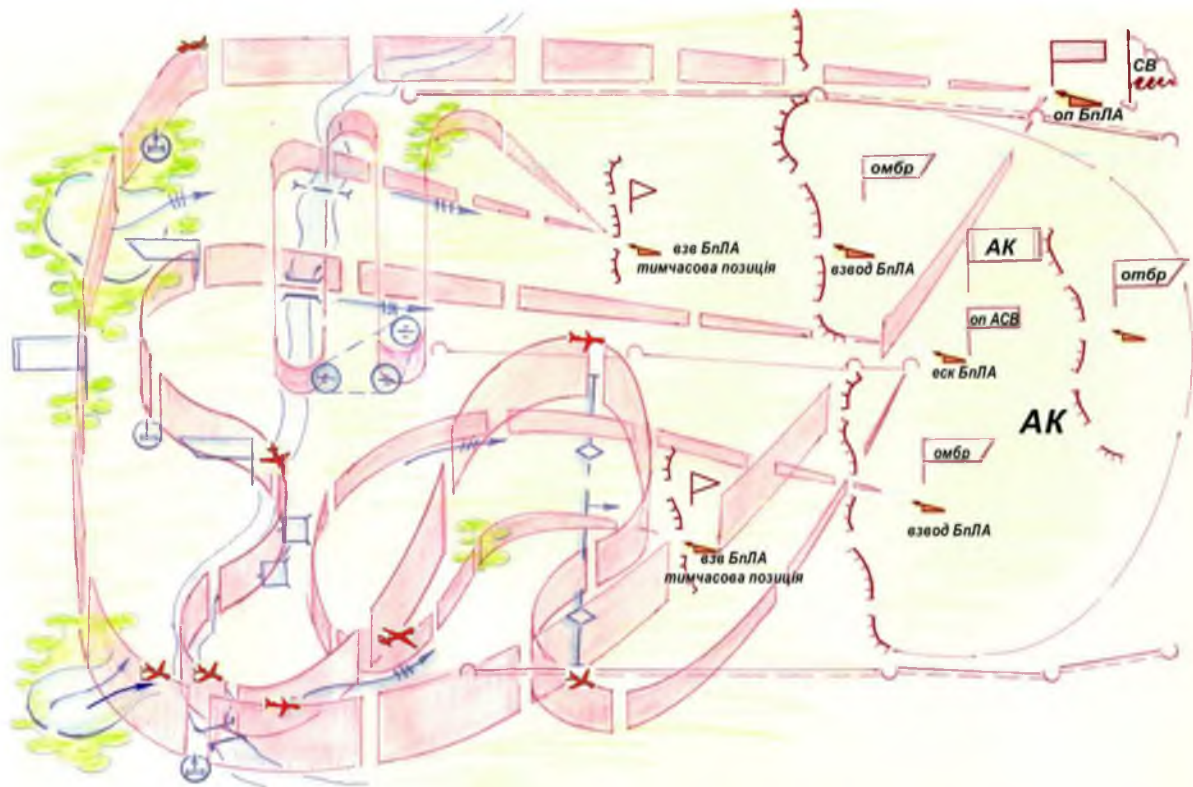


Рисунок 1 – Завдання повітряної розвідки БпЛА в обороні (варіант)



Рисунок 2 – Завдання повітряної розвідки БпЛА під час перегрупування (пересування) військ (варіант)

Під час виконання завдань у складній радіоелектронній обстановці БпАК повинен мати заводозахищений зв'язок. А у разі втрати зв'язку БпАК повинен у накопичувати розвідувальну

інформацію на борту та після виконання програми польоту самостійно повертатися в район посадки, при відновленні ж зв'язку знову переходити до дистанційного керування.

Кількісні значення показників, що характеризують бойові можливості і особливості бойового застосування розвідувального БпАК, повинні враховувати наступні чинники: надійність, живучість, мобільність, боеготовність.

Під живучістю слід розуміти імовірність подолання типової системи протиповітряної оборони противника. Імовірність подолання типової протиповітряної оборони, що створена на базі переносних зенітних ракетних комплексів та стрілецького озброєння противника повинна складати не менш 0,95. Для цього БпАК повинен мати відповідну малу теплову помітність та малий рівень шуму.

Для підвищення можливості подолання протиповітряної оборони, яка створена на базі зенітних ракетних комплексів та винищувальної авіації забезпечена ефективна відбиваюча поверхня БпАК має бути на рівні 0,2-0,5 м² та передбачена можливість установки на БпАК станції постановки радіоелектронних завад для індивідуального захисту.

Імовірність успішного виконання типового завдання (виявлення та визначення координат пункту управління оперативно-тактичних ракет у квадраті 30х30 км) за один політ БпАК повинна складати не менш 0,9.

Для БпЛА оперативно-тактичного і тактичного призначення ресурс (кількість зльотів/посадок) при виконанні бойового завдання в заданих типових умовах повинен становити не менше 50. Імовірність безвідмовної роботи БпАК за цикл застосування повинна бути не менше 0,99; середній час відновлення працездатного стану комплексу не більше 2 год. У разі відмови двигуна повинна забезпечуватися безпечна посадка БпАК. Крім цього БпАК повинен мати автономну та (або) керовану систему самоліквідації.

Виконання розвідувальних польотів, в залежності від призначення БпАК, повинне здійснюватися в діапазоні висот від 100 до 5000 м на швидкостях, що забезпечують виконання поставлених завдань в повному обсязі.

Глибина базування БпАК в польових умовах – до 50 км від лінії бойового зіткнення. Старт і посадка по-літаковому повинні забезпечуватися з ґрунтових і трав'янистих злітно-посадкових смуг із міцністю ґрунту не менше 5 кг/см², з злітно-посадкових смуг із штучним покриттям розмірами – не більше 300х20 м. Посадка по-літаковому повинна забезпечуватися на майданчик не більше 50х50 м. При використанні стартового комплексу БпАК повинен мати можливість базування на майданчиках обмежених розмірів, розташованих на місцевості із складним рельєфом.

Висновки

У статті визначено та обґрунтовано завдання, що повинні вирішуватись оперативно-тактичними, тактичними БпАК та БпАК розвідки поля бою у складі СВ, які доцільно прийняти на озброєння найближчим часом. Розглянуто основи тактики БпАК при виконанні ними завдань в інтересах командування СВ ЗС України, командирів армійських корпусів та *омбр (отбр)*. Запропоновано варіанти застосування БпАК при пересуванні та в ході оборонної операції. Показано, що СВ ЗС України маючи на озброєнні БпАК оперативно-тактичного, тактичного призначення та БпАК розвідки поля бою зможуть ефективно вирішувати комплекс завдань щодо забезпечення розвідувальною інформацією командирів і штабів загальновійськових з'єднань та частин СВ.

Список використаних джерел:

1. Кутовий О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О.П. Кутовий // Наука і оборона. – 2000. – № 4. – С. 39-47.
2. Ткаченко В.І. Теорія і техніка протидії безпілотним засобам повітряного нападу. Книга 1. Безпілотні засоби повітряного нападу. Застосування та перспективи розвитку. Виявлення малопомітних засобів повітряного нападу / В.І. Ткаченко, Ю.Г. Даник та інш. – Х.: ХВУ, 2002. – 220 с.
3. Васи́лин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. Боевые. Разведывательные / Н.Я. Васи́лин. – Минск: ООО «Попурри», 2003. – 272с.
4. Харченко О.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // Наука і оборона, 2005. – №1. – С. 57-60.
5. Мосов С.П. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах: Монография /С.П. Мосов. – К.: Изд. дом. “Румб”, 2008. –248 с.
6. Мосов С.П. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: Монография / С.П. Мосов. – К.: Изд. дом. “Румб”, 2008. – 160 с.
7. Черенков Е. Беспилотные летательные аппараты Израиля / Е. Черенков // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – №5. – С. 54-58.
8. Сайт www.defense.update.com [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.defense.update.com/>.
9. Сайт www.whitehouse.com [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.whitehouse.com>

Рецензент: д.т.н. Зубков А.М., Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Беліков В.Т.	79	Клещов Г.М.	24
Бердієв Б.Ч.	5	Коломієць Л.В.	5,11,24
Боряк К.Ф.	65	Кольцов Р.Ю.	65
Братченко Г.Д.	32	Корсун В.І.	41, 54
Величко О.М.	11	Лещенко О.І.	79
Волков С.Л.	17, 32	Лєнков С.В.	65
Глухов С.І.	61	Манзарук М.О.	71
Глухова Н.В.	41	Матала І.В.	84, 88
Гордієнко Т.Б.	11	Наконечна Т.І.	17
Грабовський О.В.	17	Пацера С.Т.	54
Гунченко Ю.О.	65	Пісоцька Л.А.	41
Даник Ю.Г.	84	Скачков В.В.	32
Дем'янчук Б. О.	47	Солодка В.І.	74
Дербаба В.А.	91	Царева Н.С.	30
Дяченко О.Ф.	79	Цицарєв В.М.	65
Жердев М.К.	61	Чепкій В.В.	32
Жиров Г.Б.	61	Шкуліпа П.А.	61
Задорожний А.В.	30	Яковлев М.Ю.	84, 88

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

БЕЛКОВ Віктор Трифонович	Військова академія, Одеса, науковий співробітник наукового центру бойового застосування Сухопутних військ, кандидат технічних наук, доцент
БЕРДИЄВ Берди Чарієвич	Коледж Одеської державної академії технічного регулювання та якості, Одеса, заступник директора коледжу з виховної роботи
БОРЯК Костянтин Федорович	Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення, доктор технічних наук
БРАТЧЕНКО Геннадій Дмитрович	Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків, доктор технічних наук, старший науковий співробітник
ВЕЛИЧКО Олег Миколайович	Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, завідувач кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, доктор технічних наук, професор
ВОЛКОВ Сергій Леонідович	Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук
ГЛУХОВ Сергій Іванович	Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, завідувач кафедри бойового застосування радіолокаційних, радіотехнічних та метрологічних засобів Повітряних Сил, кандидат технічних наук.
ГЛУХОВА Наталія Вікторівна	Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій кандидат технічних наук, доцент
ГОРДІЄНКО Тетяна Богданівна	Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
ГРАБОВСЬКИЙ Олег Вікторович	Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, директор інституту заочно-дистанційного навчання
ГУНЧЕНКО Юрій Олександрович	Одеський національний політехнічний університет, Одеса, докторант, кандидат технічних наук
ДАНИК Юрій Григорович	Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова національного авіаційного університету, Житомир, Начальник інституту, доктор технічних наук, професор
ДЕМ'ЯНЧУК Борис Олександрович	Військова академія, Одеса, старший науковий співробітник Наукового центру бойового застосування Сухопутних військ, доктор технічних наук, доцент
ДЕРБАБА Віталій Анатолійович	Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, аспірант кафедри технології гірничого машинобудування
ДЯЧЕНКО Олександр Феодосійович	Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, проректор з навчальної та виховної роботи, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
ЖЕРДСЬ Микола Костянтинович	Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації «Київський політехнічний інститут», Київ, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру, доктор технічних наук, професор
ЖИРОВ Геннадій Борисович	Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, старший науковий співробітник начальник науково-дослідного центру, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ЗАДОРЖНИЙ <i>Андрій Віталійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, декан факультету технічного регулювання та якості, кандидат технічних наук, доцент</i>
КЛЕЩОВ <i>Геннадій Михайлович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент</i>
КОЛОМІЄЦЬ <i>Леонід Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, ректор академії, доктор технічних наук, професор</i>
КОЛЬЦОВ <i>Руслан Юрійович</i>	<i>Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, начальник навчального картографічного комплексу кафедри топогеодезичного та навігаційного забезпечення військ</i>
КОРСУН <i>Валерій Іванович</i>	<i>Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, завідувач кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, професор</i>
ЛЕЩЕНКО <i>Олег Іванович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук</i>
ЛЕНКОВ <i>Сергій Васильович</i>	<i>Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, начальник науково-дослідного центру, доктор технічних наук, професор</i>
МАНЗАРУК <i>Марія Олександрівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, викладач-асистент кафедри метрології та метрологічного забезпечення, аспірант</i>
МАТАЛА <i>Ігор Володимирович</i>	<i>Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, науковий співробітник Наукового центру Сухопутних військ</i>
НАКОНЕЧНА <i>Тетяна Ігорівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, бакалавр</i>
ПАЦЕРА <i>Сергій Тихонович</i>	<i>Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, доцент кафедри технології гірничого машинобудування, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник</i>
ПІСОЦЬКА <i>Людмила Анатоліївна</i>	<i>Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, професор кафедри екології, доктор медичних наук, доцент</i>
СКАЧКОВ <i>Валерій Вікторович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, доцент</i>
СОЛОДКА <i>Валентина Іванівна</i>	<i>Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса, викладач-асистент кафедри метрології, стандартизації та сертифікації, аспірант</i>
ЦАРЬОВА <i>Надія Сергіївна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, викладач кафедри якості та безпеки життя людини</i>
ЦИЦАРЄВ <i>Вадим Миколайович</i>	<i>Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, науковий співробітник науково-дослідного центру, кандидат технічних наук, доцент</i>
ЧЕПКІЙ <i>Віктор Васильович</i>	<i>Міжнародний гуманітарний університет, Одеса, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, кандидат технічних наук, доцент</i>
ШКУЛПА <i>Павло Альфредович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат технічних наук</i>
ЯКОВЛЕВ <i>Максим Юрійович</i>	<i>Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, заступник начальника Наукового центру Сухопутних військ з наукової роботи, доктор технічних наук, старший науковий співробітник</i>

Наукове видання

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**

Випуск 1(1)2012

Редактори: Братченко Г.Д.;
Лещенко О.І.

Комп'ютерна верстка Лещенко О.І.

Адреса редакції: 65020, м. Одеса, вул. Ковальська 15, ОДАТРА,
Проректор з наукової роботи.

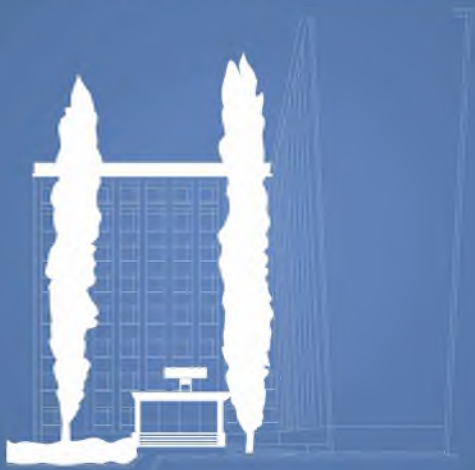
Тел.: (048)728-07-11 – довідки;

E-mail: odatrya.nd@gmail.com

*Надруковано з готового оригінал макету
в видавництві - друкарні «ВМВ»*

*Підписано до друку 05.12.2012
Формат 60*88/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум.друк.арк. 12
Тираж 300 прим.
65053, м. Одеса, пр-т Добровольського 84-а.
www.vmv.odessa.ua*

ODESA STATE ACADEMY OF TECHNICAL REGULATION AND QUALITY



65020, м. Одеса, вул. Ковальська, 15
тел.: (048) 726-68-92 факс. (048) 726-76-95



e-mail: odivt@mail.ru
www.kachestvo.od.ua