

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



*Одеська державна академія
технічного регулювання та якості*

ISSN 2412 – 5288 (Print)
ISSN 2414 – 9780 (Online)

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

1(8) 2016

ОДЕСА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ
Випуск 1(8) 2016

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: odatry@gmail.com

Сайти: www.kachestvo.od.ua, odatrya.org.ua.

Редакційна колегія

Голова редакційної колегії

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

Заступник голови редакційної колегії

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

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

Боряк Костянтин Федорович (д.т.н., доцент)

Ваганов Олександр Іванович (д.т.н., професор)

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

Волков Сергій Леонідович (к.т.н., доцент)

Гасанов Юсиф Надир огли (д.т.н., професор, Азербайджанська Республіка)

Гордієнко Тетяна Богданівна (д.т.н., с.н.с., доцент)

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

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, Російська Федерація)

Ленков Сергій Васильович (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., професор)

Солдо Божо (д.т.н., професор, Республіка Хорватія)

Янковський Олег Георгійович (к.т.н., доцент)

Відповідальний секретар Братченко Геннадій Дмитрович

Внесений наказом Міністерства освіти і науки України від 15.04.2014 р. № 455 до «Переліку наукових фахових видань України» за № 37 (технічні науки).

Затверджений до друку і розповсюдження через мережу Інтернет Вченою Радою Одеської державної академії технічного регулювання та якості (протокол № 12 від 26.05.2016 р.).

Свідectво про державну реєстрацію KB № 18770-7570P від 30.01.2012 р.

ЗМІСТ

О. V. Tsilvik LARGEST GLOBAL TRAINING EVENT IN THE HISTORY OF GFEI WAS HELD IN PARIS WITH THE PARTICIPATION OF REPRESENTATIVES FROM UKRAINE.....	5
Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості	8
Л. І. Григор'єва, д.б.н., Ю. А. Томілін, д.б.н., О. В. Макарова ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ.....	9
Л. В. Коломієць, д.т.н., О. І. Кисельова, к.пед.н., С. Л. Волков, к.т.н., Жаборюк Е. О. КОНЦЕПЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ	13
К. А. Лозова, О. М. Алексєєв, д.пед.н. СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОФЕСОРСЬКО-ВИКЛАДАЦЬКОГО СКЛАДУ ПРИ ЗМІШАНОМУ НАВЧАННІ.....	17
О. М. Velychko, DSc DEVELOPMENT AND TRANSFORMATION OF NATIONAL METROLOGY LEGISLATION IN UKRAINE.....	24
Т. В. Gordiyenko, DSc REFORMING OF NATIONAL LEGISLATION ON FIELD OF STANDARDIZATION.....	30
Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення	36
Ю. І. Адамов, О. Ф. Дяченко, к.т.н. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТАВКИ ЛЮДЕЙ, ТЕХНІКИ ТА ВАНТАЖІВ ПАРАШУТНИМ СПОСОБОМ.....	37
Л. Т. Зіангірова, к.т.н., В. В. Друмов, Г. І. Бірюков МЕТРОЛОГІЧНА АТЕСТАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ.....	42
Д. П. Орнатський, д.т.н. АНАЛОГОВИЙ ІНТЕРФЕЙС ДЛЯ ЄМНОСТІ ДАТЧИКА ПЕРЕМІЩЕНЬ З ВІДКРИТИМ ПОЛЕМ	46
В. П. Квасніков, д.т.н., А. О. Возняковський МЕТОДИКА БАЛАНСУВАННЯ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ МАЯТНИКОВОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА.....	50
В. Ф. Оробей, д.т.н., А. Ф. Дашенко, д.т.н., Л. В. Коломієць, д.т.н., А. Н. Лимаренко, к.т.н. К РАСЧЕТУ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	54
И. П. Солоненко, к.т.н. ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА.....	59
Інформаційно-вимірювальні системи і технології	
Г. Г. Смаглюк, Г. Д. Братченко, д.т.н., І. В. Папач ОЦІНКА ЯКОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ В УМОВАХ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ.....	65
А. П. Стахова ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕТОДОМ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ.....	69

А. В. Рудик, к.т.н. ВИКОРИСТАННЯ МЕДІАННОЇ ТА ДІАГНОСТИЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЙ В МОБІЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ.....	73
В. С. Кравчук, к.т.н., А. Ф. Дашенко, д.т.н., А. М. Лимаренко, к.т.н. ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТА УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	79
Ю. В. Щербина, к.т.н., Н. Ф. Казакова, д.т.н., Р. Г. Братченко, Г. В. Грабовский ВЫЧИСЛЕНИЕ НА ЯЗЫКЕ C# СПЕЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ERF(X) И ERF(X) ДЛЯ НУЖД КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	83
О. О. Шелуха ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ СТЕЖЕННЯ ЗА ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ	87
Ю. Б. Коваленко, к.пед.н. КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ЗАХИЩЕНОГО ЗАСТОСУВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ VOIP	91
Л. В. Кузьмич, к.т.н. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ ПРИЛАДОВИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН	95
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	100
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	101

УДК 629.113

O. V. Tsilvik

Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality, c. Odesa

LARGEST GLOBAL TRAINING EVENT IN THE HISTORY OF GFEI WAS HELD IN PARIS WITH THE PARTICIPATION OF REPRESENTATIVES FROM UKRAINE

The Global Fuel Economy Initiative (GFEI) held its largest ever global training event in Paris on 9-10th of June 2016. Over 70 participants from around fifty countries have attended the event, including Ukraine, which made commitments to improving fuel economy as part of the COP21 climate agreement.

The event was a huge success and became a unique opportunity for participants to learn from GFEI world-leading experts, as well as exchange gained experiences and build momentum for the development and implementation of a new national policy with fuel economy targets.

For information: The Global Fuel Economy Initiative (GFEI) was launched on March 4, 2009 by the United Nations Environment Programme (UNEP), with the participation of the International Energy Agency (IEA), the International Transport Forum (ITF), the International Automobile Federation Foundation (FIA Foundation), International Council on clean transportation (ICCT) and the Institute of transport studies UC

Davis (IST). The project is aimed at accelerating the process of large-scale reductions in greenhouse gas emissions and oil consumption by means of a more efficient automobile fuel economy in a rapidly growing global vehicle fleet.

Sheila Watson, GFEI Executive Secretary, and Deputy Director of the FIA Foundation said «Our global training event is always exciting, as we bring together global experts, implementing partners and country policy makers to share experiences, understand emerging challenges and find new ways to accelerate progress in improving fuel economy. The energy in the meeting this year was particularly inspiring, with a real commitment to implementing policy change».

The event brought together participants from all around the world. These included G20 countries such as Canada, France, South Africa, Argentina, Brazil, Mexico and Indonesia, as well as developing countries such as Kenya, Uganda, Zimbabwe, Costa Rica, Panama, Malaysia and Vietnam, Ukraine and others.



Ukraine in this global GFEI training was represented by Oleg Tsilvik – Executive director of the International Academy of Standardization, an Associate professor of Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality.



In his address to the participants of this event O. Tsilvik focused on the features of the implementation of the most important and time-consuming phase of the Global Fuel Economy Initiative project in Ukraine. A positive cooperation was highlighted with the Main Service Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine. Center's head V. Kriklii was able to grasp the essence of the project and minimize bureaucratic delays in obtaining the necessary and reliable information. It should also be noted here that this is one of the few precedents, when the Ministry of Internal Affairs, which is traditionally in the post-Soviet and Eastern European countries have been involved in the registration of vehicles, have assisted GFEI project by providing information in a very short time. We see an impact of the reforms in the Ministry of Internal Affairs of Ukraine. The openness of the Ukrainian ministry was positively acknowledged by international partners and colleagues, because many of the latter have spent from six months and up to two years on unproductive correspondence with officials to gain access to the required information.

During the course of the meeting O. Tsilvik shared the first results of the Ukrainian team with the international GFEI experts. In particular, the report that was prepared following GFEI

instructions, presented the database of initial registration of vehicles in Ukraine for the year 2014, with the information on the amount of fuel consumption and amount of CO₂ emissions per vehicle. The quality of initial information and the work done to process it has been highly appreciated by the experts.



It should be noted that it was not the first time that O. Tsilvik represented Ukraine in the framework of GFEI project. At a similar event in 2015 he participated as an invited guest and on the basis of working meetings and panel discussions with the project's top management, the latter made a decision to start implementation of GFEI objectives in Ukraine. In November of 2015, as a result of the preliminary agreements, the Executive director of the International Academy of Standardization, an Associate professor of Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality O. Tsilvik have signed a formal agreement with UNEP on the implementation of Global Fuel Economy Initiative in Ukraine. The goal of the first phase of the project is to create a national database of the vehicle fleet being first registered in Ukraine in the predetermined years and preparation on its basis of the economy data of the national vehicle fleet and trends in their changes.

The current global training event covered a range of issues, including getting acquainted with the concepts of fuel economy, in-depth training on trends in the fuel economy and the creation of the initial vehicle database for the participating countries in order to assess trends in the preferences of consumers to purchase fuel-efficient cars and the development of scenarios of State's influence on the formation of the demand for energy-efficient cars.

This year within the framework of expert meetings a discussion also took place on energy efficiency of trucks and electric vehicles. The GFEI event was held with collaboration of the Energy Efficiency training week, organized by the International Energy Agency, which is a unique global opportunity for hands-on training, exchange of experiences and extend working practices.



РОЗДІЛ 1

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

Л. І. Григор'єва, д.б.н., Ю. А. Томілін, д.б.н., О. В. Макарова

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

У статті описується проблема скорочення споживання енергетичних, матеріальних ресурсів та шкідливих викидів у навколишнє середовище, розглянута необхідність удосконалення екологічного управління в технологічному процесі виробництва будівельних матеріалів.

Ключові слова: енергозбереження, матеріальні ресурси, резерв, технологічний процес, виробництво будівельних матеріалів, шкідливі викиди.

Будівельна галузь відноситься до суттєвих споживачів матеріальних та енергетичних ресурсів, в першу чергу палива та електроенергії.

Економне споживання палива та електроенергії при виробництві будівельних матеріалів – важлива задача оскільки таке споживання матеріальних та енергетичних ресурсів знижує собівартість продукції, питомі витрати палива та питому вагу паливно-енергетичних ресурсів в собівартості виробництва будівельних матеріалів [1, 2].

Сучасний стан технічного регулювання в будівництві розпочався з прийняттям Технічного регламенту [3], який розроблено з урахуванням вимог Директиви Ради Європи 89 ЄЕС [4]. Цей регламент визначає основні вимоги до будівельних виробів і споруд щодо установленням вимогам та порядок їх застосування. Нещодавно набрав чинності закон про будівельні норми [5], який визначає правові та організаційні засади розроблення, погодження, затвердження, реєстрації, застосування будівельних норм. Дія цього Закону поширюється також на важливий аспект – діяльність у сфері стандартизації будівельних матеріалів та виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед фахівців існує впевненість, що в будівельній галузі є значні резерви економії всіх видів ресурсів без скорочення виробництва та зниження якості продукції [1, 6, 7]. Серед оптимальних шляхів рішення проблеми дефіциту будівельних матеріалів, на думку Крилова Б. А. [8], є технічне переозброєння або реконструкція діючих підприємств – переведення їх на ресурсозберігаючі технології, проектування прогресивних технологій та методів виробництва будівельних матеріалів.

Крім того, утилізація вторинних енергетичних ресурсів є попередженням забруднення навколишнього середовища та збитків підприємства від забруднення довкілля. Так, Хачатуров Т. С. [9] вважає, що критерієм

ефективності є економічна доцільність такого заходу. Звичайно впровадження такого заходу вимагає розробки комплексу організаційних, економічних та технічних заходів, які попереджують витрати на нейтралізацію несприятливого впливу виробництва на навколишнє середовище.

Мета дослідження – провести аналіз стану проблеми енергозбереження і зменшення споживання енергоресурсів в будівельній галузі, зниження небезпечних викидів у довкілля, надання рекомендацій щодо покращення якості екологічного стану навколо підприємства.

На підприємствах виробництва будівельних матеріалів використовуються різні технологічні процеси. Отримання конкретних властивостей виробів обумовлено хімічним процесом, який домінує в технології виробництва. Це передусім теплові процеси – сушка, випалювання, автоклавна обробка тощо. При цьому споживання паливно-енергетичних ресурсів відіграє суттєву роль, що пояснює великі витрати палива по відношенню до ваги готової продукції (табл. 1) [10].

Таблиця 1 – Витрати умовного палива на виробництво будівельних матеріалів (в кг на 1 тону готової продукції) [10]

Вид матеріалу	Витрати палива
Цегла керамічна та глиняна	60 – 100
Вапно, цемент	175 – 330
Керамічна плитка	360 – 720
Скло листове	1000
Санітарно-будівельний фаянс	1500 – 2000

Питанням раціональної теплової обробки будівельних матеріалів, підвищенню енергетичної ефективності та екологічної

безпеки технології виробництва слід надавати велику увагу, не тільки тому, що воно займає в технології ряду виробництв і структурі витрат значне місце, але й тому що процеси тепло- та масообміну – комплексно-технологічна проблема. Від цих процесів залежать структурно-механічні характеристики матеріалів [11].

Серед основних теплових процесів у виробництві будівельних матеріалів домінуючим є автоклавна обробка будівельних матеріалів.

Автоклавне виробництво будівельних матеріалів викликає цілу низку екологічних проблем. Серед них можна виділити такі, як забруднення атмосфери та ґрунту. Так, фактичні обсяги викидів забруднюючих речовин АТ «Олександрівський завод силікатної цегли» за останні роки становили 830,7022 т. Серед них слід назвати такі шкідливі речовини: пил вугільний, окис вуглецю, двоокис азоту, сірчастий ангідрид, сажа, ванадію п'ятиокис, окис кальцію, пил неорганічний, свинець, марганець та їх сполуки [12]. Перелік забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу заводом, містить різні шкідливі речовини, склад яких значно перевищує ГДК [12].

В аеральних викидах у великій кількості присутні пил і сажа, що мають здатність підلужувати навколишнє середовище. Пил забиває пори ґрунту, порушуючи його газообмін з навколишнім середовищем. Забруднення під впливом аеральних токсикантів, зокрема сполук кальцію, марганцю та свинцю, змінює фізико-хімічні властивості ґрунту та негативно впливає на ґрунтову флору та фауну [13].

Таке виробництво потребує значних сировинних та енергетичних ресурсів. Так, питомі витрати на 1 тис. шт. умовної цегли становлять: пари – 670 кг, електроенергії – 36 кВт·год, піску – 2,3 м³, вапна – 440 кг [7]. Найбільший інтерес в розглянутому методі викликає стадія теплової обробки будівельних матеріалів. Для виробництва пари, яка використовується для термообробки, необхідне котельне господарство. Для отримання пари також витрачається паливо та вода. Так, для отримання 1 кг пари необхідно витратити 540 ккал тепла, але до цього слід додати 100 ккал на нагрів води до 100 °С [1]. Для живлення котлів використовують хімічно очищену воду. При виробництві будівельних матеріалів за автоклавною технологією вода не тільки активний хімічний компонент сировинної суміші, але й каталізатор, який руйнує і формує нові структури. Так, загальна кількість води, яка витрачається на 1000 шт. цегли, складає приблизно 0,75 м³ [6]. У свою чергу, спалювання вугілля, газу або мазуту в котельних призводить

до забруднення атмосферного повітря шкідливими поллютантами. Зокрема, при роботі котельної на природному газі – оксидом вуглецю, оксидом азоту, при мазуті – оксидом вуглецю, оксидом азоту, сірчистим ангідридом, оксидом ванадію (V₂O₅) та сажею. Протягом циклу автоклавної обробки будівельних матеріалів мають місце втрати теплоти в атмосферу з автоклаву через акумуляцію тепла (45 %) вільним об'ємом автоклаву та будівельним матеріалом. Після закінчення циклу автоклавної обробки ця частка теплоти втрачається в атмосферу та сприяє тепловому забрудненню довкілля.

Проблему підвищення енергетичної ефективності автоклавного виробництва будівельних матеріалів на підприємства вирішують за рахунок підвищення продуктивності самих автоклавів:

- встановлення пароперегрівачів, що дозволяє скоротити цикл до 8,5 год при тиску 8 атм.
- збільшення тиску пари в автоклавах з 8 до 12 атм, що створює технічну можливість скоротити цикл запарювання з 10,5 до 8,5 год.
- широкого використання сумісного помелу піску та вапна.
- підвищення якості теплової ізоляції.

Така ситуація характерна і для виробництва коміркового бетону. На більшості підприємств зусилля спрямовані також на підвищення коефіцієнту використання автоклавів та скороченню тривалості автоклавної обробки. Для підвищення коефіцієнту використання автоклаву проводяться такі заходи:

- використання форми з низьким піддоном;
- перехід на різальну та касетну технології.

Середня тривалість циклу запарювання складає для виробів з щільного силікатного бетону – 17,04 год.

Для скорочення циклу автоклавної обробки використовують:

- вакуумування автоклаву (розрідження глибиною 400 – 500 мм рт. ст. перед впуском пари протягом 30 хвилин, дозволяє скоротити тривалість запарювання до 12 – 14 год);
- використання двохстадійної теплової обробки;
- перехід на підвищений тиск [11].

Актуальними є роботи щодо пошуку ефективних методів використання відпрацьованої пари.

Серед проблем, пов'язаних з тепловою обробкою будівельних матеріалів в автоклаві, з'являється проблема втрати теплоти з

відпрацьованою парою та пошуку шляхів її рекуперації (повернення відпрацьованої пари в виробництво), завдяки чому досягається економія ресурсів та підвищення ККД котельної [6, 7].

Шляхи повторного використання відпрацьованої в автоклавах пари для термообробки цегли розглядалися Вахніним М.П. і Аніщенком А.А. [6], Хавкіним Л.М. [7], Зейфманом М.І. [14]. Автори дійшли висновку, що завдяки перепуску відпрацьованої пари з автоклаву в автоклав досягається економія пари і підвищується ККД котельної. Питомі витрати пари зменшуються за рахунок перепуску пари та застосування її конденсату для зволоження суміші. Теплоту відпрацьованої пари можна також використовувати для нагріву живильної води котлів і води системи опалення заводських приміщень [6, 7, 14].

Таким чином, проблема скорочення шкідливих викидів і зменшення витрат тепла в процесі виробництва будівельних матеріалів стоїть дуже гостро. Постає необхідність впровадження ресурсозберігаючих технологій, що вирішить не тільки проблему дефіциту ресурсів, але і сприятиме зменшенню екологічного навантаження автоклавного виробництва будівельних матеріалів на оточуюче середовище.

Найбільш поширеними шляхами використання відпрацьованої пари є її перепуск у підготовлені до роботи автоклави під дією перепаду тиску в автоклаві-джерелі й автоклаві-приймальнику [6, 7]. Оскільки час перепуску обмежений, процес закінчують при абсолютному тиску 0,4...0,5 МПа в автоклаві-джерелі та 0,3...0,4 МПа в автоклаві-приймальнику. Ефективність такого перепуску становить 23 % [7].

Витратам теплоти на прогрів сирцю при перепуску відпрацьованої пари в автоклав-приймальник, який сполучається з атмосферою, за рахунок перепаду тиску можна запобігти, якщо прогрів здійснювати відхідними газами. Такими газами можуть бути як відхідні гази процесу випалювання вапна, тобто попереднього етапу технологічного ланцюга, так і продукти згоряння від котельної. Запропонована авторами технологія автоклавного виробництва, що передбачає застосування перепуску відпрацьованої пари з автоклава-джерела в завантажений сирцем автоклав-приймальник, попередньо прогрітий відхідними газами, скорочує шкідливі викиди котельні на величину, пропорційну зменшенню витрат пари на нагрів сирцю до температури 100 °С, тобто майже на 40 %.

При другому із запропонованих авторами способі перепуск відпрацьованої пари

здійснюється шляхом її ежектування гострою парою до досягнення в автоклаві-джерелі тиску 0,2...0,3 МПа. Створюваний ежектором напір забезпечує перепуск навіть при від'ємному градієнті тиску, коли тиск в автоклаві-джерелі нижче, ніж в автоклаві-приймальнику. Ефективність такого перепуску становить 30 % [15].

Все це визначає актуальність підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки автоклавного виробництва будівельних матеріалів шляхом удосконалення існуючих, створення нових екологічно безпечних технологічних процесів теплової обробки будівельних матеріалів та устаткування, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів, додержання нормативних шкідливих впливів на довкілля [1, 10, 16].

Висновки

1. Проблема енергозбереження в будівельній промисловості є актуальною сьогодні та потребує розв'язання. Виробництво будівельних матеріалів володіє значними резервами економії енергетичних та матеріальних ресурсів. З'ясовано, що відомі шляхи економії паливно-енергетичних ресурсів в автоклавному виробництві будівельних матеріалів не забезпечують в достатній мірі повного використання наявних резервів.

2. Пошук шляхів раціонального використання наявних резервів буде сприяти підвищенню енергетичної ефективності та екологічної безпеки виробництва будівельних матеріалів. Повторне використання відпрацьованої пари автоклавного виробництва будівельних матеріалів як теплоносія запропонованими авторами способами забезпечує зменшення:

- витрат пари на термообробку будівельного матеріалу у автоклавах на 30 % та 40 %;
- витрат палива на 30 % та води на 40 % на виробництво пари в котельних;
- шкідливих і токсичних викидів від котельних на величину, пропорційну кількості рекуперованої пари.

Завдяки раціональному використанню паливних та водних ресурсів безпосередньо в автоклавному виробництві будівельних матеріалів знижується антропогенне навантаження від котельних на довкілля, підвищується екологічна безпека виробництва в цілому.

Список використаних джерел

1. Рекитар Я. А. Пути снижения материалоемкости в строительстве и промышленности строительных материалов /

- Я. А. Рекитар., Ю. Г. Алтухов. – М.: Стройиздат, 1975. – 101 с.
2. Бойко В. Е. Тепловая обработка в производстве сборного железобетона / В. Е. Бойко, Е. В. Тихомиров. – К.: Будівельник, 1987. – 144 с.
3. Технічний регламент будівельних виробів будівель і споруд, затверджений постановою КМ України від 20.12.06 № 176у.
4. Council Directive 89/106/ECC of December 1988 on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating of construction products – OIL 40, 11.2.1989.
5. «Про будівельні норми» Закон України від 05.11.2009 а 1704-VI.
6. Вахнин М. П. Производство силикатного кирпича / М. П. Вахнин, А. А. Анищенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 200 с.
7. Хавкин Л. М. Технология силикатного кирпича / Л. М. Хавкин. – М.: Стройиздат, 1982. – 384 с.
8. Крылов Б. А. Эффективное ресурсосбережение. (На примере железобетонных конструкций) / Б. А. Крылов. – М.: Знание, 1989. – 64 с.
9. Охрана окружающей природной среды и ее социально-экономическая эффективность / Т. С. Хачатуров, М. Н. Лойтер, Н. Г. Фейтельман и др.; Отв. ред. Т. С. Хачатуров. – М.: Наука, 1980.
10. Рекитар Я. А. Экономика производства и применения строительных материалов / Я. А. Рекитар. – М.: Высшая школа, 1972. – 302 с.
11. Берх Е. М. Пути повышения эффективности производства местных строительных материалов / Е. М. Берх, В. С. Карелин. – М.: Издательство лит. по строительству, 1971. – 200 с.
12. Проект нормативов предельно допустимых выбросов для АО «Александровский завод силикатного кирпича». – Николаев: УКРАГРОСТРОЙ Николаевское отделение «ОБЛАГРОСТРОЙ», Специализированный центр по техническому обслуживанию и наладке оборудования «СИРЕНА», 1994. – 77 с.
13. Влияние выбросов цементного завода на физико – химические свойства лесных почв / К. Э. Армолайтис, М. В. Вайчис., Л. В. Кубяртавичене, А. Д. Рагуотис // Почвоведение. – 1995. – № 9. – С. 1160 – 1165.
14. Зейфман М. И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов. – М.: Стройиздат, 1990. – 184 с.
15. Патент 71358 Україна, B01J3/04. Автоклава установка термообработки паром под давлением / М.І. Радченко, О.А. Сирота, Ю.Г. Щербак, О.В. Макарова, заявник і власник патенту Миколаївський державний гуманітарний університет ім. Петра Могили. – № 20031212270; заявл. 24.12.2003; опубл. 15.11.2004; Бюл. № 11.
16. Кашкаев И. С. Производство керамического кирпича: Учебник для подготовки рабочих на производстве. – 4-е изд., перераб. и доп. / И. С. Кашкаев, Е. М. Шейнман. – М.: Высшая школа, 1983. – 223 с.

Надійшла до редакції 16.03.2016

Рецензент: к.х.н., доцент Сичов М. І., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Л. И. Григорьева, д.б.н., Ю. А. Томилин, д.б.н., Е. В. Макарова

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье описывается проблема сокращения потребления энергетических, материальных ресурсов и вредных выбросов в окружающую среду, рассмотрена необходимость совершенствования экологического управления в технологическом процессе производства строительных материалов.

Ключевые слова: энергосбережение, материальные ресурсы, резерв, технологический процесс, производство строительных материалов, вредные выбросы.

L. I. Grigoreva, DSc, Y. A. Tomilin, DSc, O. V. Makarova

PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

In the article the problem of reducing the consumption of energy, material resources and harmful emissions into the environment is described, the need for improvement of environmental management in the technological process of production of building materials is considered.

Keywords: problem of energy-savings, power and material resources, reserve, technological process, production of building materials.

Л. В. Коломієць, д.т.н., О. І. Кисельова, к.пед.н., С. Л. Волков, к.т.н., Жаборюк Е. О.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

КОНЦЕПЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ

У статті розкриваються ключові положення концепції індивідуально-орієнтованого навчання студентів ВНЗ: організація навчально-виховного процесу за індивідуальним навчальним планом студента, формування розкладу занять за «дисциплінарним» принципом, гнучкий навчальний графік, надання студентам можливості самим визначати необхідність і час відвідування занять, забезпечення мобільності студентів та можливості індивідуально виконати і здати тематичні і контрольні завдання, проведення тематичного і підсумкового контролю успішності та введення системи моніторингу успішності.

Ключові слова: індивідуально-орієнтоване навчання, принципи, форми навчання, індивідуальний навчальний план студента, тематичний і рубіжний контроль.

Актуальність дослідження визначається європейським вибором України, який характеризує не тільки стратегічний напрям міжнародного співробітництва, а й докорінні зміни у різних сферах суспільно-економічного життя. Проте зміна економічних, політичних, соціокультурних, наукових й освітніх пріоритетів не повинна привести до втрати Україною власних надбань, якими вона завжди вирізнялась серед країн європейського простору. Зокрема, це стосується сфери вищої освіти, яка має багаторічну історію, традиції, надбання і відкриття світового рівня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останні роки, в контексті міжнародної євроінтеграції України та її приєднання до європейського освітнього простору, проводилось багато досліджень учених (С. Благодетелева-Вовк, В. Вишньова, О. Горуненко, І. Дегтярьова, Р. Захарчин, А. Іщенко, О. Красовська, О. Нітенко, Л. Пшенична та ін.), у яких розглядаються питання реформування системи вищої освіти, підвищення її конкурентоспроможності, гармонізації взаємовідносин вищої школи з ринком праці в напрямку адаптації програм підготовки фахівців до запитів економіки [2, 4].

Незважаючи на досить велику кількість досліджень, публікацій та нововведень в освітній процес ВНЗ, актуальною залишається проблема оптимізації навчального процесу, підвищення якості навчання, мобільності і конкурентоспроможності випускників технічних ВНЗ.

Завдання дослідження: розробити концепцію індивідуально-орієнтованого навчання студентів ВНЗ, яка відповідатиме вимогам європейського вектору розвитку вищої освіти України.

Виклад основного матеріалу дослідження

Індивідуально-орієнтоване навчання – це не тільки система знань, умінь і навичок, які отримують студенти у ВНЗ, а набір ключових професійно спрямованих компетентностей. Його основу становить положення про свободу вибору студентом різних елементів навчального процесу та організаційних форм навчальної діяльності, паритетність учасників навчально-виховного процесу з урахуванням професійних і культурних норм спілкування, відкритість і визнання унікальності особистості, неповторності та індивідуальності всіх співучасників освітнього процесу – головна ідея нової парадигми індивідуально орієнтованої освітньої системи у ВНЗ.

У контексті досліджуваної проблеми слушною є думка М. Коляди [3], який визначає свободу вибору студента як розвиток і самовизначення, а також самостійність і відповідальність у прийнятті рішень. При цьому, студенти мають визначити власні бажання, здібності та спланувати освітню діяльність для досягнення поставлених професійних цілей, це основна цінність та умова для становлення і розвитку індивідуальності і професійності студента.

Розробляючи концепцію індивідуально-орієнтованого навчання студентів технічних ВНЗ, ми керувалися наступними принципами:

- *Принцип усвідомленої перспективи* («зроби себе сам»), згідно з яким кожна людина має можливість активно брати участь у власній освіті. Знання автоматично стають затребуваними, а не нав'язаними жорсткими рамками навчального плану, посилюється мотивація навчання і ефективність засвоєння знань;

- *Принцип гнучкості системи вищої освіти,*

згідно з яким, зміст навчання і шляхи засвоєння знань і придбання професійних навичок відповідають потребам або рівню прагнень особистості. Це підтверджує ефективність системи багаторівневої вищої освіти при здійсненні можливості зміни спеціалізації або отриманні кількох спеціальностей за період навчання у ВНЗ;

- *Принцип динамічності системи вищої освіти*, пов'язаний зі здатністю швидко реагувати при підготовці фахівців на зміни в економіці і потреб ринку праці [1].

Враховуючи все вищезазначене, було розроблено концепцію індивідуально-орієнтованого навчання студентів, яка впроваджується в освітньо-виховний процес Одеської державної академії технічного регулювання та якості.

Концепція ґрунтується на Законі України про вищу освіту № 1556-VII від 1 липня 2014 року і призначена для оптимізації навчального процесу і навантаження професорсько-викладацького складу ОДАТРЯ.

Основна ідея індивідуально-орієнтованого навчання – дати студентам можливість самостійно визначати час відвідування занять і створювати більш гнучкий графік навчання.

Ключові положення концепції:

- навчання за індивідуальним навчальним планом студента (ІНПС);
- формування розкладу занять за «дисциплінарним» принципом;
- гнучкий навчальний графік, можливість для студента самому визначати необхідність і час відвідування занять;
- мобільність студента, можливість індивідуально виконати і здати тематичні і контрольні завдання;
- тематичний і підсумковий контроль успішності студентів;
- моніторинг успішності студентів.

Індивідуальний навчальний план студента складається на основі плану навчального процесу, який містить блоки обов'язкових навчальних дисциплін, дисциплін самостійного вибору навчального закладу і дисциплін вільного вибору студента.

Зміст і обсяг дисциплін визначається вищим навчальним закладом та передбачає профільну спеціалізовану освітньо-професійну або освітньо-наукову програму підготовки здобувачів вищої та післядипломної освіти (ст. 1. Закону України про вищу освіту), із зазначенням навчальних семестрів і анотації цих дисциплін, які містяться в комплексах дисциплін по кожній спеціальності. Перші два блоки дисциплін є загальними і обов'язковими для обраної спеціальності, останній блок зумовлюється

спеціалізацією. ІНПС складається деканатом на кожний наступний рік навчання в кінці поточного року і містить програми всіх навчальних дисциплін, які вивчатиме студент протягом року.

Для студентів першого нормативного, першого прискореного і п'ятого курсів індивідуальний план складається після зарахування студента на курс. План підписується студентом і затверджується деканом факультету.

Лекційні заняття проводяться для всіх студентів (поток), які вивчають дану дисципліну, незалежно від навчальної групи. При цьому, студент вільно відвідує лекції необхідні для вивчення дисципліни за його спеціальністю (спеціалізацією).

Лекція, як найбільш традиційна форма навчання у ВНЗ, має сприяти посиленню індивідуальної самоосвітньої діяльності студентів. Тому, при створенні навчально-методичних комплексів дисциплін в умовах індивідуально-орієнтованого навчання, слід приділити особливу увагу таким видам лекцій, як:

- *інформаційна* (розкриває зміст тем відповідно до навчального плану, є основним видом лекцій);
- *оглядова* (проводиться з метою систематизації знань студентів, отриманих ними у ході самостійного вивчення навчального матеріалу);
- *інструктивна* (знайомить студентів з технологією їх майбутньої діяльності, з особливостями виконання окремих дій і способів роботи);
- *лекція-презентація* (допоміжний матеріал ілюстративного змісту, що інформує студентів про основні ідеї і положення навчальної теми);
- *лекція-конференція* (науково-практичне заняття, з завчасно визначеною проблемою і системою доповідей).

У зв'язку з загальноприйнятою тенденцією скорочення аудиторних занять і зосередження уваги на самостійному опрацюванні студентами навчального матеріалу і тим, що лекції не є обов'язковими для відвідування, вони носять інформативно-проблемний характер і розкривають ключові аспекти навчальної теми.

Розклад для практичних і лабораторних занять також складається з дисциплін і тем. Кількість занять з певної теми відповідає кількості навчальних груп (підгруп), які вивчають дану дисципліну. Виконання практичних і лабораторних занять є обов'язковим, студент може самостійно записатися на проходження такого заняття у зручний для нього час, вибравши в розкладі відповідний день і час.

Для забезпечення індивідуального підходу у навчанні група для практичних і лабораторних занять має налічувати від 5 до 25 осіб. Кількість студентів в сформованій таким чином групі для виконання лабораторних робіт може бути обмежена кількістю робочих місць в лабораторії.

З метою впровадження принципів мобільності та свободи вибору студентів в умовах індивідуально-орієнтованого навчання основний лекційний матеріал повинен бути доступний студентам в бібліотеці ВНЗ та електронній бібліотеці на сайті дистанційного навчання. Студент повинен мати вільний доступ до конспекту лекцій, методичних вказівок та завдань до практичних, лабораторних занять і самостійної роботи. Відповідно до навчальних тем, завдання для практичних і лабораторних занять також викладаються на сайті дистанційного навчання.

В таких умовах особливого значення набувають консультації, які викладач проводить при необхідності, відповідно до графіку консультацій та навчальних потреб студентів. Навчальну консультацію доцільно проводити у формі співбесіди індивідуально чи з групами студентів після вивчення розділу програми, у процесі вивчення окремих складних тем і особливо під час підготовки до іспитів, написання курсових, дипломних робіт. Специфіка консультацій полягає у добровільному відвідуванні їх студентами, і є дієвою формою навчання та особистого спілкування студента з викладачем за умов усвідомлення студентами такої необхідності.

В умовах індивідуально-орієнтованого навчання особливого значення набуває впровадження таких форм рубіжного контролю знань студента, як тематичний і підсумковий / семестровий (іспит, залік) контроль знань, а також виконання і захист курсових робіт передбачених планом.

Тематичний контроль дозволяє безперервно і поетапно здійснювати вимірювання і оцінку знань, що сприяє оптимізації проведення моніторингу якості навчання. Зміст тематичного контролю полягає у перевірці та оцінюванні знань студентів з кожної логічно завершеної частини навчального матеріалу (теми). Його використання передбачає попереднє ознайомлення студентів із загальною кількістю занять з теми; кількістю і тематикою основних робіт, термінами їх виконання; питаннями, що виносяться на оцінювання; формою та умовами проведення тематичного оцінювання. Тематична оцінка може бути виставлена автоматично на основі поточних результатів навчання.

Підсумковий рубіжний контроль знань спрямовано на визначення рівня реалізації

завдань, сформульованих у навчальних програмах, планах підготовки та в інших документах, які регламентують навчально-виховний процес ВНЗ. Він охоплює і теоретичну, і практичну підготовку студентів, проводять його, як правило, у формі заліку та / або екзамену, за традиційною формою: усно, або письмово, з урахуванням вимог і специфіки навчальної дисципліни.

Індивідуально-орієнтоване навчання передбачає також диференційований (індивідуально-орієнтований) підхід в оцінці знань студентів, і, відповідно, створення системи диференційованих завдань. Ефективній реалізації дидактичних цілей сприяє відповідна класифікація завдань. Систематизація диференційованих завдань здійснюється: за рівнем складності змісту: полягає у виконанні студентами роботи, однакової за характером діяльності та різної за наявністю елементів знань, уявлень, понять про об'єкти і явища, зв'язки та залежності між ними; за операційним вмістом: передбачає різну кількість операцій стосовно однакового обсягу змістової інформації; за пізнавальною самостійністю: завдання характеризуються однотипністю з операційно-змістового погляду та різноплановістю за мірою допомоги викладача певній групі студентів.

Розв'язання диференційованих завдань означає не зниження загальних вимог для «слабких» і підвищення для «сильних» студентів, а вільний вибір ними варіанта та рівня засвоєння, допомогу «слабким» і створення умов для глибокого засвоєння «сильними». Оцінку здібностей студента проводить викладач під час поточного контролю знань, проте така оцінка не є основним критерієм для обрання поглибленого або базового рівня вивчення дисципліни. Цим критерієм є самооцінка студента, його бажання або небажання поглиблено вивчати дисципліну, брати участь в олімпіадах, конференціях та інших позааудиторних формах роботи.

Робота зі студентами за ІНПС вимагає педагогічного такту викладача, доброзичливості і терпіння, вміння надихнути студента, всіляко сприяти їхньому прагненню працювати над завданнями вищого рівня. Водночас такту і терпіння вимагають і студенти, які виявили здібності, бажання і прагнення навчатися тільки за базовим рівнем і у підсумку отримати оцінку «С» – задовільно.

Ще до початку навчальної роботи викладач повинен, складаючи навчальну та робочу програму дисципліни, конспект лекцій, методичні вказівки до практичних і лабораторних робіт, орієнтуватися на диференційований рівень знань студентів. Наприклад, конспект лекцій забезпечує базовий

рівень знань (В – відповідає оцінці «добре» і С – «задовільно»), для отримання оцінки А 90–100 балів (відмінно) студентові необхідно самостійно опрацювати рекомендовану літературу і виконати додаткові завдання підвищеної складності. Отже, оцінювання знань відбувається відповідно до ECTS, трьох рівнів (А, В, С). А – підвищена складність, В – середній рівень, С – базовий рівень знань. Все це робить оцінювання знань більш прозорим і об'єктивним.

Концепція індивідуально-орієнтованого навчання має забезпечити його індивідуалізацію, яка передбачає врахування індивідуальних особливостей кожного, визначення перспективи розумового розвитку й гармонійного вдосконалення особистості, формування індивідуального стилю діяльності майбутнього фахівця.

За умовами ІНПС студент повинен до початку екзаменаційної сесії виконати всі завдання за темами навчальної дисципліни, це зазначається в плані і є можливістю претендувати на оцінки «добре» і «відмінно» під час підсумкового контролю – це основна умова успішного навчання. Якщо студент до початку екзаменаційної сесії не пройшов тематичний контроль знань, він не може претендувати на оцінку «відмінно». У разі невиконання студентом плану, він позбавляється стипендії, а при повторному невиконанні – може бути відрхований відповідно до ст. 46. Закону про вищу освіту «Підставами для відрховування здобувача вищої освіти є: невиконання навчального плану».

Крім указанного вище така система дає можливість автоматичного моніторингу успішності студентів деканатом, який проводиться за допомогою електронної автоматизованої системи моніторингу.

Висновки

Розроблена концепція індивідуально-орієнтованого навчання студентів ВНЗ дасть

змогу підвищити якість, мобільність та успішність навчання.

Список використаних джерел

1. Гороя В. И. Индивидуально-ориентированное обучение как современная образовательная технология / В. И. Гороя, Н. Ф. Петрова // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 7. – С. 75 – 76. – [Электронный ресурс]. – URL: www.rae.ru/meo/.
2. Захарчин Р. М. Гармонізація відносин вищої школи і ринку праці як необхідна умова інноваційного розвитку суспільства / Р. М. Захарчин // Вісник НУ «Львівська політехніка». Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. – 2013 – № 769. – С. 268 – 273.
3. Коляда М. Г. Вибір оптимальних форм, способів і методів організації навчального процесу за індивідуально орієнтованою освітньою системою / М. Г. Коляда // Народна освіта. – Електронне наукове фахове видання. – http://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=2128
4. Красовська О. Ю. Інтернаціоналізація вищої освіти в умовах глобалізації світового освітнього простору / О. Ю. Красовська // Вісник Академії митної служби України. Серія «Економіка». – 2011. – № 2. – С. 102 – 109.
5. Личностно-ориентированное обучение: хрестоматия для студентов гуманитарных ф-тов высших учебных заведений / сост. Е. О. Иванова, И. М. Осмоловская. – М.: СГУ, 2005. – 263 с.
6. Чайка В. М. Основы дидактики [навч. посібник] / В. М. Чайка. – К.: Академвидав, 2011. – 238 с.

Надійшла до редакції 12.05.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Новіков В. М., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Л. В. Коломиец, д.т.н., О. И. Киселева, к.пед.н., С. Л. Волков, к.т.н., Жаборюк Э. А.

КОНЦЕПЦИЯ ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

В статье раскрываются ключевые положения концепции индивидуально-ориентированного обучения студентов вузов: организация учебно-воспитательного процесса по индивидуальному учебному плану студента, формирование расписания занятий по «дисциплинарному» принципу, гибкий учебный график, предоставление студентам возможности самим определять необходимость и время посещения занятий, обеспечение мобильности студентов и возможности индивидуально выполнить и сдать тематические и контрольные задания, проведение тематического и итогового контроля успеваемости и введение системы мониторинга успеваемости.

Ключевые слова: личностно-ориентированное обучение, принципы, формы обучения, индивидуальный учебный план студента, тематический и рубежный контроль.

THE CONCEPTION OF PERSON-ORIENTED EDUCATION FOR STUDENTS

The article describes the main regulations of the person-oriented conception for students in the Institutes of Higher Education. They are: organization of teaching and educational process according to the personal curriculum of a student, creating the timetable in accordance with the «disciplinary» principle, flexible educational schedule, providing students a possibility to determine the time and quantity of their own schedule, maintenance of the student's mobility and possibility to complete and to hand in their subject and test papers, realization of subject and total progress check and implementation of the monitoring system to control the progress in studies.

Keywords: person-oriented education, principles, forms of education, personal curriculum of a student, subject and total progress check.

УДК 006.73

К. А. Лозова, О. М. Алексєєв, д.пед.н.

Сумський державний університет, м. Суми

СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОФЕСОРСЬКО-ВИКЛАДАЦЬКОГО СКЛАДУ ПРИ ЗМІШАНОМУ НАВЧАННІ

У статті розглядаються питання сертифікації професорсько-викладацького складу ВНЗ при впровадженні змішаної форми освіти. Проаналізовано та згруповано критерії компетентності викладача в системі освіти з широким використанням ІКТ. Особливу увагу приділено експертній оцінці представлених критеріїв та виявленню найбільш значущих з них для інженерних спеціальностей. На основі дослідження доопрацьована система оцінювання та запропоновані нові критерії компетентності викладача змішаної форми освіти.

Ключові слова: професорсько-викладацький склад (ПВС), змішана форма освіти, сертифікація викладачів, професійні компетенції, критерії компетентності викладачів, експертна оцінка.

Постановка проблеми. Процеси глобалізації освітнього середовища і науково-технічний прогрес висувають нові вимоги до рівня компетентності викладачів, як основного чинника забезпечення конкурентоспроможності університетів. Одним з найбільш популярних і актуальних способів оцінювання рівня знань, вмінь і навичок професорсько-викладацького складу є сертифікація. На жаль, навіть і сьогодні доволі багато навчальних закладів не розуміють змісту самого процесу сертифікації, помилково ототожнюючи її з атестацією та іншими процедурами підтвердження відповідності. Сертифікація викладачів – це процедура встановлення відповідності якісних їх характеристик до вимог вітчизняних та / або міжнародних стандартів, призначена оцінити рівень професіоналізму фахівця відповідно до зовнішніх професійних стандартів, тобто розроблених поза конкретною установою.

Питаннями впровадження сертифікації викладачів ВНЗ в Україні почали замислюватися нещодавно. Дистанційна освіта не стала винятком. В зв'язку зі стрімким зростанням інтересу до дистанційного навчання, шукаються шляхи його покращення і одним з аспектів

надання високого рівня освітніх послуг є підвищення компетентності професорсько-викладацького складу в сфері інформаційних освітніх послуг.

Покращенню професійної компетентності викладачів притаманно безліч причин, але на нашу думку, слід починати вивчення даного питання з встановлення та розробки критеріїв для об'єктивної оцінки їх знань та навиків в сфері освіти.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемам забезпечення якості дистанційного навчання присвячені дослідження А. Андрєєва, Є. Володимирської, І. Делик, В. Птахіної, І. Ібрагімова, Е. Іванченко, В. Кравця, Г. Ус, Я. Манькута, О. В. Карпаєва, О. Васюк, В. Овсяннікова, Н. Хатькова, Ю. Павличенко, В. Олійника, Г. Андріанова та інших.

В роботах С. Федотової, І. Проскуровської, М. Іващенко, Л. Кайдалової, З. Мнушко, М. Стрюкова, А. Анисимова [1], Р. Г. Мельниченко, Вільяма Хассона, Г. Мурасова [2], З. Курлянд [3], Кадирової Е. [4], Нікулічевої Н. В. [5] було розглянуто роль викладача (т'ютора) в впровадженні дистанційної освіти та покращення його рівня

якості. Вирішення деяких питань щодо змішаного навчання та специфіки викладання в даній системі зустрічаємо в публікаціях Орлової М. С., Воджик Е., В. Е. Жужжалова [6], К. А. Лісецького [7] тощо.

Питанням формування системи сертифікації персоналу займалися такі дослідники, як Дж. Хейл, Дж. Маккілліп, М. Лінглік-Холл, А. М. Яшин, Г. В. Ніколаєва, Н. Д. Машукова, Н. Ю. Посталюк, М. Є. Курочкін, М. Я. Мухаровський, О. І. Глухова. Вони розглядали цілі і завдання сертифікації персоналу, визначили основні відмінності сертифікації від атестації персоналу та інших форм підтвердження відповідності. Важливо відзначити, що науковці розглядають сертифікацію персоналу не тільки як інструмент, що здатний виконувати внутрішньофірмові завдання, а й як засіб досягнення регіональних і загальнодержавних економічних, соціальних, політичних і духовних цілей.

Однак в роботах цих та інших авторів не приділяється необхідна увага компетентності професорсько-викладацького складу при впровадженні дистанційної освіти, критеріям оцінки навиків та знань їхньої роботи, та в подальшому, сертифікації викладачів в ДО.

Метою роботи є аналіз вимог до професорсько-викладацького складу (ПВС) з урахуванням специфіки дистанційної освіти (ДО), визначення їх критеріїв оцінки компетентності, знань та навиків в ДО, та за допомогою експертної оцінки встановлення найбільш важливих для дистанційного та змішаного навчання.

Викладення основного матеріалу. Проблема оцінки компетентності ПВС в формах освіти з широким використанням ІКТ потребує детального опрацювання і починати слід з вивчення та аналізу більш традиційних форм навчання. В силу специфічних особливостей національної галузі освіти викладач в Україні не має можливості виступати тільки викладачем дистанційної форми навчання. Зазвичай він підпорядкований безпосередньо кафедрі, факультету та університету в якому веде свою діяльність. Цей факт зобов'язує враховувати не тільки критерії компетентності викладача в ДО, а й критерії, необхідні для оцінювання середовища в якому він працює, а саме критерії оцінки навиків та знань викладача в класичній освіті.

Ще однією причиною врахування класичної форми навчання виступає обмежена можливість впровадження дистанційної освіти для інженерних спеціальностей. На наш погляд, у випадку інженерів та медиків лабораторно-практичні заняття повинні проводитись

переважно очно. Аудиторні лабораторні роботи являються необхідним аспектом отримання якісної інженерної освіти. Майбутній інженер, для розвитку всього комплексу виробничих компетентностей, повинен володіти не тільки певним обсягом знань за фахом, а й мати сформовані професійні вміння та навички. У сучасних умовах це неможливо забезпечити без безпосередньої взаємодії з промисловим або лабораторним обладнанням, вимірювальними інструментами, матеріалами тощо. Тому і на викладача покладається відповідальність навчити студентів правильно використовувати свої знання та навички на практиці при роботі з технікою, що суттєво відрізняє підхід проведення дистанційних практичних робіт. Забезпечити таке навчання за спеціальностями інженерного профілю можливо лише в умовах змішаного навчання, при педагогічно вивіреному з'єднанні традиційних форм навчання з дистанційними технологіями.

В класичній формі освіти для визначення якості викладачів залучають рейтингову оцінку якості ПВС якій притаманне використання показників якості викладачів. Найбільш розповсюдженою та адаптованою рейтинговою оцінкою до кожного університету являється оцінка ПВС МОН України. Оцінка навиків та знань викладачів в багатьох випадках сприймається як рівневий результуючий показник якості наукової, навчально-методичної, виховної діяльності викладача та його статусу (рис. 1), що дозволяє судити про клас, місце, категорію, належність до певної категорії професійно-педагогічної спільноти.

Роль і характер роботи викладача в умовах інформаційного суспільства змінюється, що в свою чергу змушує по-новому поглянути на проблеми розвитку, модернізації системи професійних знань викладацького складу.



Рисунок 1 – Оцінка якості професорсько-викладацького складу (ПВС) в класичній освіті.

На відміну від класичної освіти, у відкритій освіті роль і завдання викладача змінюються.

Для впровадження дистанційної освіти залучаються спеціалісти які займаються розробкою, впровадженням, організацією, супроводженням, розміщенням даного матеріалу в відкритому доступі. Викладач (т'ютор) в свою чергу виконує функції координування пізнавального процесу, коректування курсу, консультування при складанні індивідуального навчального плану, керівництво навчальними проектами тощо. Також до обов'язків викладача входять допомога студентам в їх професійному самовизначенні, керування навчальними групами взаємної підтримки.

Визначення рівня компетентності викладачів дистанційної та змішаної форми освіти в першу чергу треба починати зі встановлення критеріїв оцінки набутих викладачем навиків та знань в даних сферах роботи. На основі аналізу публікацій в навчальній та методичній літературі, рейтингах, що мають рекомендації щодо визначення рівня компетентності викладачів ВНЗ України нами був встановлений склад критеріїв компетентності викладачів в системах освіти з широким використанням ІКТ. За основу створюваної системи оцінки компетентності викладача було взято основні критерії ПВС МОН України, що використовуються в класичній освіті, також був проведений аналіз критеріїв оцінки компетентності викладачів в національних і міжнародних університетах, що стрімко впроваджують дистанційну та змішану форми освіти.

В результаті, всю сукупність відібраних критеріїв оцінки ПВС було розбито на шість груп, що відрізняються своєю спрямованістю та роллю в визначенні компетентності ПВС в змішаному навчанні (ЗН):

1. Критерії «ПФ» – виконання викладачем представницьких функцій та його робота на імідж ВНЗ.

2. Критерії «НМР» – якість та результативність навчально-методичної роботи ПВС.

3. Критерії «НІР» – опис об'єму та ефективності науково-інноваційної роботи ПВС

4. Критерії «ВР» – внесок викладача в виховну роботу ВНЗ.

5. Критерії «С» – реальний статус викладача ВНЗ.

6. Критерії «ЗН» – приналежність викладача до змішаного навчання.

Критерії перших п'яти груп відповідають загальним вимогам до ПВС ВНЗ в Україні та за кордоном. Остання група вказує на роль ПВС безпосередньо в змішаному навчанні, висвітлює специфіку викладання та підходів щодо навчання

студентів різних спеціальностей в цілому, та інженерних при залученні змішаної системи освіти.

До складу критеріїв щодо змішаного навчання були включені найбільш часто згадувані в науковій літературі критерії оцінки ПВС для класичної та дистанційної форм навчання. Вони повністю охоплюють сферу діяльності викладача, його статус, викладацьку, організаційну, наукову та нормативно-методичну діяльність, а також діяльність в дистанційній сфері навчання.

Всього в шести запропонованих групах було виділено 192 критерії оцінювання сформованості компетентності викладача, 55 з них в сфері дистанційного та змішаного навчання (ЗН).

На даному етапі дослідження саме шоста група критеріїв буде підлягати розгляду та вивченню. Перші п'ять груп, на відміну від шостої, знайшли широке висвітлення в науково-педагогічній літературі [1, 4, 6 та ін.] і в основному вказують на критерії викладачів ВНЗ класичної форми освіти.

Звісно, така кількість критеріїв ускладнює ефективність проведення експертної оцінки, тому їх було розбито на три підгрупи, що більш конкретно розмежовують ролі викладача в змішаному навчанні. Кожна підгрупа відповідає вимогам до рівня компетентності ПВС в даному виді освіти та конкретизує цілі, задачі, які постають перед викладачами під час створення, організації, координування та супроводження курсів:

- розроблення дистанційних курсів;
- супроводження дистанційного курсу;
- розроблення та супроводження курсів в змішаній формі освіти (для інженерних спеціальностей).

По кожній з виділених підгруп було проведено анкетування. Метою анкетування є визначення експертами на їх думку найбільш суттєвих критеріїв компетентності викладача, необхідних для проведення сертифікації ПВС в змішаній освіті.

Першу анкету подавали на розгляд розробникам дистанційних курсів. Експертами в даному дослідженні виступили робітники відділу дистанційної освіти та викладачі, які розробляють власні курси.

До другої групи експертів увійшли т'ютори та викладачі, які супроводжують дистанційні курси.

Третю групу експертів склали викладачі, які супроводжують професійно-спрямовані дисципліни на очному відділенні, мають досвід використання інформаційно-телекомунікаційних технологій, та в подальшому будуть

супроводжувати курси для інженерних спеціальностей в змішаній формі освіти.

Кількісний склад експертних груп визначався відповідно до відомої залежності [8]:

$$m \geq \sigma^2 / \mu^2 + 1, \quad (1)$$

де m – кількість експертів в групі;

μ^2 – дисперсія можливих значень вибіркової середньої експертних оцінок;

σ^2 – генеральна дисперсія експертних оцінок.

Для практичних цілей найбільш прийнятне співвідношення $0,05 \leq \mu^2 / \sigma^2 \leq 0,10$ [8]. Так як в використовуваній методиці відсутнє суворе обґрунтування для використання в умовах проведеного експериментального дослідження граничних значень рекомендованого інтервалу змін μ^2 / σ^2 , тому приймаємо значення $\mu^2 / \sigma^2 = 0,075$, що відповідає центру інтервалу. Для цього значення, відповідно до залежності (1), кількість експертів $m=15$. Якісний склад експертної групи формувався з урахуванням рекомендацій щодо властивостей експерту [8].

Завданням кожного експерта було провести ранжування та встановити необхідність включення в оцінку сформованості компетентності ПВС для ЗН тих чи інших критеріїв.

Експертна оцінка щодо важливості кожного критерію при визначенні рівня компетентності ПВС в ЗН проводилася з використанням непараметричного критерію Фрідмана [9], що найбільш чітко описує даний процес.

В зв'язку з алгоритмом застосування критерію Фрідмана на першому етапі аналізу були сформовані дві гіпотези:

1. Гіпотеза H_0 : в відібраній групі критеріїв компетентності викладача в ЗН не має значних відмінностей в важливості використання. Всі ці критерії однаково важливі та повинні бути включені в розроблену анкету.

2. Гіпотеза H_1 : в групі експертів виявлені значні відмінності в сприйманні важливості окремих критеріїв анкети. Тому недоцільно використовувати критерії, що оцінюються, для розробки загального списку критеріїв оцінки компетентності викладача в ЗН.

Для перевірки висунутих гіпотез всі визначені критерії ранжувались в відповідності з їх загальною оцінкою, що розраховувалася підсумовуванням оцінок експертів, проставлених в інтервалі від 0 – «найменш бажаний критерій» до 10 – «найважливіший критерій». В випадку, якщо враховувались не всі критерії, то перед

визначенням загальної оцінки усі експертні оцінки попередньо перераховувались, виходячи з умови, що оцінка найменш важливого критерію наприкінці повинна бути чисельно рівна кількості критеріїв, що аналізуються.

Для кожного з критеріїв розраховувався ранг R_i (сума оцінок експертів, які визначали важливість даного критерію для проведення сертифікації ПВС). На основі розрахованого значення виконувалося ранжування критеріїв в порядку спадання рангу та проводилося групування в підмножини D_i :

$$\begin{aligned} D_1 &= (K_1, K_2), \\ D_2 &= (K_1, K_2, K_3), \\ &\dots, \\ D_{n-1} &= (K_1, K_2, K_3 \dots K_n), \end{aligned} \quad (2)$$

де K_i – номер критерію після упорядкування підмножини;

n – номер критерію з найменшим рангом в упорядкованій підмножині D_{n-1} .

Після встановлювалися емпіричні значення критерію Фрідмана χ^2 з використанням формули:

$$\chi^2 = \frac{12}{m \times n \times (n+1)} \times \sum R_i^2 - 3 \times m \times (n+1), \quad (3)$$

де n – кількість критеріїв оцінки знань та навиків ПВС в ЗН;

R_i – загальний ранг кожного з критеріїв.

Проміжні результати розрахунку критерію χ^2 та відповідні їм рівні значимості p , отримані при аналізі даних щодо критеріїв підгрупи «Розроблення дистанційних курсів» представлені в табл.1. Обчислення проводилися за допомогою програми IBM SPSS Statistics [10].

З результатів проведеного аналізу (табл. 1) видно, що при оцінюванні з 1 по 11 критеріїв рівень статистичної значущості для χ^2 знаходиться в зоні статистичної незначущості ($p > 0,05$) (рис. 2), тобто для даних критеріїв необхідно приймати гіпотезу H_0 , що вказує на відсутність відмінностей в оцінюванні важливості критеріїв. З результатів випливає, що дані критерії, на думку експертів, однаково необхідні та важливі при встановленні рівня компетентності ПВС для змішаного навчання.

З 12 по 16 критерії оцінки рівня навиків та знань викладачів ЗН існує ймовірність прийняття хибного рішення, тому що рівень статистичної значущості для χ^2 знаходиться в зоні невизначеності ($0,05 > p > 0,01$). Щодо 17 критерію, то рівень статистичної значущості для χ^2 знаходиться в зоні статистичної значущості

($p < 0,01$). Тому необхідно прийняти щодо необхідності включення даного критерію альтернативну гіпотезу H_1 , що вказує на до системи оцінки компетентності ПВС в ЗН. відсутність єдиної думки в оцінках експертів

Таблиця 1 – Результати обчислення критерію χ^2 та рівня значущості за анкетною «Розроблення дистанційних курсів»

D_i	1...2	1...3	1...4	1...5	1...6	1...7	1...8	1...9
χ^2	0,333	0,737	5,000	7,298	8,326	9,114	11,906	13,362
P	0,564	0,692	0,172	0,121	0,139	0,167	0,104	0,100
D_i	1...10	1...11	1...12	1...13	1...14	1...15	1...16	1...17
χ^2	14,846	17,128	21,911	23,955	26,904	28,933	30,417	35,688
P	0,095	0,072	0,025	0,021	0,013	0,011	0,011	0,003

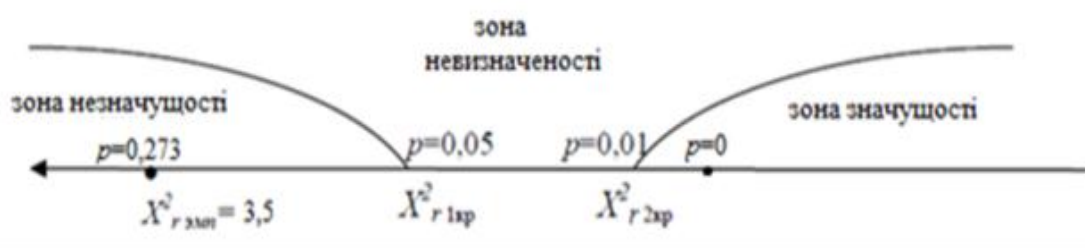


Рисунок 2 – Рівень статистичної значущості для χ^2

Аналогічним чином проводилось обчислення за результатами двох інших анкет – «Супроводження дистанційного курсу» та «Розроблення та супроводження курсів в змішаній формі освіти (для інженерних спеціальностей)».

Результати дослідження. Оброблення результатів експертного аналізу за всіма підгрупами дозволили створити узагальнений список критеріїв, що являються необхідними для проведення сертифікації викладачів при змішаному навчанні студентів інженерних спеціальностей.

Розроблення дистанційних курсів:

1. Компетенції в розробленні віртуальних тренажерів, симуляторів.
2. Досвід розроблення повного дистанційного курсу.
3. Компетенції в розробленні сценаріїв дисциплін дистанційного курсу.
4. Досвід в використанні технологій проектування мультимедійних та інтерактивних цифрових освітніх ресурсів (флеш-технологій, 3d max тощо).
5. Компетенції в розробленні текстово-графічних цифрових освітніх ресурсів для дистанційного навчання.
6. Досвід розроблення цифрових освітніх

ресурсів для очного та змішаного навчання.

7. забезпечення дистанційної освіти і авторського права.

8. Компетенції в розробленні відео семінарів.

9. Компетенції в створенні дистанційного курсу у якості експерта.

10. Досвід розміщення навчально-методичних матеріалів дисциплін у відкритому доступі.

11. Володіння мовами програмування (perl, java, php тощо).

Супроводження дистанційного курсу:

1. Компетенції в організації та стимулюванні самостійної пізнавальної діяльності студентів.
2. Компетенції в організації та стимулювання зворотного зв'язку.
3. Досвід розроблення та проведення тестування.
4. Досвід організації та проведення електронного навчання в локальній мережі та через Інтернет.
5. Проходження курсів підвищення кваліфікації щодо специфіки викладання ДО.
6. Досвід участі в роботах міжнародних та національних наукових спільнотах щодо удосконалення ДО.

7. Досвід створення індивідуальних та групових он-лайн проектів.
 8. Компетенції щодо контролю динаміки результатів знань студентів.
 9. Компетенції в організації співпраці студентів між собою в віртуальному середовищі.
 10. Досвід консультування щодо використання дистанційних методів навчання.
 11. Компетенції в координуванні навчальною діяльністю віртуальної групи студентів.
 12. Досвід участі у заходах з оприлюдненням електронних навчальних матеріалів.
 13. Знання психологічних особливостей спілкування у віртуальному середовищі.
 14. Досвід проведення он-лайн вебінарів, чат-конференцій, форумів, блогів.
 15. Стажування в відділі супроводу ДО в якості тьютора.
- Розроблення та супроводження курсів в змішаній формі освіти (для інженерних спеціальностей):
1. Проходження курсів підвищення кваліфікації в області змішаного навчання.
 2. Досвід розробки та проведення практичних і лабораторних робіт.
 3. Досвід проведення практичних занять, дослідницьких і експериментальних робіт на натурних моделях та промислових зразках.
 4. Компетенції проведення практичних занять, досвідчених і експериментальних робіт на електронних моделях.
 5. Компетенції володіння програмними засобами автоматизації технічної підготовки виробництва (Компас3D, AutoCAD, SolidWorks, MathCAD і т.п.).
 6. Досвід розробки повного курсу або повного циклу лабораторно-практичних робіт для змішаної системи навчання.
 7. Компетенції використання засобів інформаційно-технічної підтримки (засоби проєкційного зображення, електронна пошта, пристрої сканування, друку і т.п.).
 8. Практичний досвід роботи в галузі.
 9. Досвід організації групових та індивідуальних проектів (онлайн або аудиторних).
 10. Досвід розробки методичних рекомендацій і навчальних посібників для проведення практичних і лабораторних занять в умовах змішаного навчання.
 11. Досвід проєктування змісту навчальних матеріалів, що відповідає сучасним досягненням галузевої науки і практики.
 12. Компетенції в області проведення групових та індивідуальних консультацій з використанням Інтернет-ресурсів.

13. Компетенції пошуку, обробки, передачі та подання конструкторсько-технологічної інформації з використанням корпоративних і глобальних комп'ютерних мереж.

14. Знання основного змісту і структурно-логічних зв'язків навчальних курсів, модулів, практик, що входять в освітню програму спеціальності.

15. Компетенції використання засобів комп'ютерного контролю для перевірки сформованості професійних умінь і навичок роботи студентів.

16. Компетенції в області орієнтації студентів на використання досліджуваного матеріалу в майбутній професійній діяльності.

17. Досвід розроблення графічно-орієнтованих цифрових освітніх ресурсів для інженерних спеціальностей.

18. Досвід розробки навчальних робочих програм змішаного навчання для конкретної навчальної дисципліни.

19. Досвід участі у формуванні банку засобів об'єктивного контролю для проведення державного іспиту за спеціальністю.

20. Досвід керівництва науковою роботою магістра, дипломними і курсовими проєктами.

21. Досвід участі в розробці компетентнісної моделі випускника, паспортів та освітньо-кваліфікаційних характеристик.

Висновки

Внесення змін до описаної системи оцінки компетентності ПВС в ЗН дозволяє розробити нові підходи щодо впровадження сертифікації викладачів під час розробки, організації та супроводження курсів в змішаному навчанні. В загальному підсумку, на основі рішень експертів, нами було встановлено 47 критеріїв компетентності викладачів змішаної форми освіти для інженерних спеціальностей. Перспективним для подальших досліджень є використання розробленої системи критеріїв оцінки навиків та знань ПВС для підвищення рівня компетентності викладачів та освітніх послуг при впровадженні змішаної форми освіти в навчальний процес.

Ціллю подальших досліджень є більш глибоке розкриття питання сертифікації ПВС та детальніший розгляд особливостей використання встановлених критеріїв для підвищення рівня компетентності ПВС під час викладання дисциплін інженерного профілю в умовах змішаної освіти.

Список використаних джерел

1. Анисимов А. П. Рейтинг преподавателей, как основной показатель при аккредитации вуза /

А. П. Анисимов, Р. Г. Мельниченко // Право и образование – № 6 – 2011. – Режим доступа: http://melnichenko.net/_p_name159.html.

2. Мурасова Г. Є. Специфіка роботи викладача в системі дистанційної освіти / Г. Є. Мурасова // Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Освітній процес: погляд зсередини», 29-30 листоп. 2010 р.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.confcontact.com/20102911/4_muras.htm

3. Курлянд З. Н. Теорія і методика професійної освіти : навч. посіб. / З. Н. Курлянд, Т. Ю. Осипова, Р. С. Гурін, І. О. Бартенєва, І. М. Богданова; ред.: З. Н. Курлянд. – К.: Знання, 2012. – 390 с. – Бібліогр.: 324 назв – укр.

4. Кадырова Э. А. Реализация компетентного подхода при подготовке преподавателя для СДО вуза / Э. А. Кадырова // Перша всеукраїнська науково-практична конференція MoodleMoot Ukraine 2013. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle – Київ, 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://2013.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=75&lang=ru>.

5. Никуличева Н. В. Какими компетенциями должен обладать преподаватель дистанционного обучения и как их сформировать / Н. В. Никуличева // e-Learning PRO. – № 11. – 2009. – Режим доступа:

<http://www.elearningpro.ru/page/zhurnal-pro-elearning>.

6. Жужжалов В. Е. Современные требования к подготовке инженерных кадров / В. Е. Жужжалов, О. А. Баранова // Молодой ученый. – 2014. – № 2. – С. 757-759.

7. Лісецький К. А. Змішані і традиційні форми навчання / К. А. Лісецький // Сучасні методи викладання іноземної мови професійного спрямування у вищій школі: Збірник наукових статей – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 442 с. – С. 223-235.

8. Постников В. М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений / В. М. Постников // Наука и образование. – М., 2012. – №5 – С. 333 – 346.

9. Шелехова Л. В. Математические методы в педагогике и психологии: в схемах и таблицах / Л. В. Шелехова – Майкоп, изд-во АГУ, 2010. – 192 с. 10. IBM SPSS Statistics. – Режим доступу: <http://www.predictivesolutions.ru/software/statistics.htm> – Загл. с экрана.

Надійшла до редакції 12.05.2016

Рецензент: д.т.н., професор Залога В. О., Сумський державний університет, м. Суми

Е. А. Лозовая, А. Н. Алексеев, д.пед.н.

СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ПРИ СМЕШАННОМ ОБРАЗОВАНИИ

В статье рассматриваются вопросы сертификации профессорско-преподавательского состава вузов при внедрении смешанной формы образования. Проанализированы и сгруппированы критерии компетентности преподавателя в системе образования с широким использованием ИКТ. Особое внимание уделено экспертной оценке представленных критериев и выявлению наиболее значимых из них для инженерных специальностей. На основе исследования доработана система оценки и предложены новые критерии компетентности преподавателя смешанной формы образования.

Ключевые слова: профессорско-преподавательский состав (ПВС), смешанная форма образования, сертификация преподавателей, профессиональные компетенции, критерии компетентности преподавателей, экспертная оценка.

К. А. Lozova, O. M. Alekseev, PhD

CERTIFICATION OF THE TEACHING STAFF IN BLENDED FORM OF EDUCATION

The article deals with the certification of the faculty staff of the universities in the implementation of blended education. The criteria of teacher's competence in education with extensive use of ICT were analyzed and grouped. Special attention was paid to expert assessment of the represented criteria definition of the most important among them for engineering specialties. On the basis of the research the system of assessment was improved and new criteria of teacher competencies of blended learning were proposed.

Keywords: teaching staff (TS), blended form of education, certification of teachers, professional competence, evaluation competency of teachers, peer review.

O. M. Velychko, DSc*Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality, c. Odesa*

DEVELOPMENT AND TRANSFORMATION OF NATIONAL METROLOGY LEGISLATION IN UKRAINE

This paper describes main components of modified National System of Metrology in Ukraine. Set out the content new legislation, foundations for harmonization of national normative documents in field of metrology and principal of implementation of European Directive on Measuring Instruments in accordance to modules of the conformity assessment of measuring instrument in Ukraine.

Keywords: legal metrology, measuring instrument, harmonization, normative document.

Introduction

Modern metrology is distinguished by a close collaboration and cooperation of all the countries throughout the world, since they could not settle the tasks in metrology separately from each other. Metrology is a discipline in which the key element is a high degree of international, regional and national coordination [1 – 4].

With growth of globalization and regionalization trade and economy new requirements arise up before national metrological infrastructures which must be resulted in accordance with the modern requirements. In fact, these tasks are directed at achieving an acceptable level of satisfaction on the part of society, industry and the scientific community. However, development of coordination of the concepts of legal, fundamental and industrial metrology on national level, together with their requirements and procedures is a difficult and lengthy process.

For the Global Metrology System to function effectively, above all harmonization is required at the national level of legislation in the field of metrology on the basis of the relevant documents, Recommendations and standards of the various international organizations involved. The International Organization of Legal Metrology (OIML) was established in order to promote the global harmonization of legal metrology procedures. OIML International Document OIML D1 «*Elements for a Law on Metrology*» [5] is particularly instrumental in this. From January 1997 Ukraine has become the OIML Corresponding Member [6, 7].

Necessary transformation of national metrological legislation with the purpose of adaptation of National Metrology Service with the modern requirements of effective activity in framework of Global Metrology System is an important and difficult task.

1. National metrology legislation

On Ukraine's gaining the independences in 1992 by a Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine «*On traceability assurance*» (no. 40-93 of 26.04.1993) has been established legislative basis of the State Metrology System and the State Committee of Ukraine for Standardization, Metrology and Certification (Derzhstandard, DSTU) with traceability assurance as one its responsibilities.

In 1996 has developed draft the Law of Ukraine «*On Metrology and Metrological Activities*», which highlighted all major aspects of the organization and management of metrological activities and was accepted of Verkhovna Rada of Ukraine (national Parliament) as Ukrainian Law in 1998. The content of this Law has harmonized with the guidelines of OIML International Documents, such as OIML D1 «*Law on metrology*» (1975), OIML D3 «*Legal qualification of measuring instruments*» (1979), OIML D12 «*Fields of use of measuring instruments subject to verification*» and other relevant documents» (1985) [6, 7].

The modern legislative basis of the National (State) Metrology Service of Ukraine includes of the Law of Ukraine «*On Metrology and Metrological Activity*» (no 113/98 of 11.02.1998) in edition Law of Ukraine (no 1765-IV of 15.06.2004). This Law on measuring units, standards and measuring instruments (MIs) which present-day activities of the State Metrology Service are based. The main provisions of the Law are harmonized with norms and rules on metrology, with OIML documents, which are generally accepted in the world practice [8, 9].

Derzhstandard was transformed in State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumers' Police (Derzhspozhyvstandard, DSSU) in 2000. From 2011 of his functions in field of metrology were transferred in Department of Technical Regulation (DTR) of Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine (MEDT).

From 2011 developing new draft of the Law of Ukraine «*On Metrology and Metrological Activities*», which is planning to accept as the Law of Verkhovna Rada of Ukraine in 2012. For the expert estimation of new draft of Law the European experts are involved.

2. National metrological organizational structures

The State (National) Metrology Service (NMS) of Ukraine comprises: DTR of MEDT, State Scientific Metrological Centers (SSMC), the Service of Uniform Time and Etalon Frequencies (SUTEF), the Service of Reference Materials for the Composition and Properties of Substances and Materials (SRMCP), the Service of Standard Reference Data on Physical Constants and Properties of Substances and Materials (SSRD), metrological centers and regional bodies (Figure 1) [10, 11].

The main objectives of DTR of MEDT are focused on the implementation of common scientific and technical policy in the field of metrology including:

- organizing and carrying out of fundamental research in the field of metrology;
- organizing and development of national measurement standards;
- determination of procedures for development, approval, registration and maintenance of measurement standards, as well as their comparisons with national and international measurement standards;
- determination of general metrological requirements to MIs, equipment and measurement procedures;
- type approval of MIs;
- determination of general requirements for verification, calibration and metrological evaluation of MIs;
- participation in cooperation projects with international organizations.

The main SSMC in Ukraine are State Enterprise «All-Ukrainian State Scientific and Research Centre of Standardization, Metrology, Certification and Consumer Protection» (SE «Ukrmetrteststandard», Kyiv) and National Scientific Centre «Institute of Metrology» (NSC «IM», Kharkiv).

SE «Ukrmetrteststandard» is designated as a leading Centre of the NNS of Ukraine and performs the following:

- carries out of development, maintenance and improvement of measurement standards;
- maintenance of the National register of approved types of MIs;
- state testing of measuring instruments in allocated fields of measurements;

verification and metrological certification of MIs in allocated fields of measurements;

developing of normative documents in the field of legal metrology (testing for type approval and verification of MIs, etc.).

The NSC «IM» is a leading centre for assuring the uniformity of measurements in Ukraine and:

carries out of fundamental and applied research in the field of metrology;

organizing of development, maintenance and improvement of national and secondary measurement standards used in traceability schemes;

state testing of MIs in allocated fields of measurements;

verification and metrological certification of MIs in allocated fields of measurements;

developing of normative documents in the field of metrology.

The main objective of metrological centers and regional bodies are initial verification, re-verification and metrological certification of MIs, realization of SMS in allocated regions.

3. The scope of activities of the National Metrology Service

The State Metrological Control and Supervision (SMCS) are exercised by the NMS in accordance to a procedure laid down by DTR of MEDT [10, 11].

Objects of the SMCS concerning enterprises and citizens as business entities are:

MIs and measurement data acquisition systems;
measurement methodology and normative documents specifying the requirements to measurements;

packed products during packaging and selling;
other objects envisaged by the metrological regulations and rules.

The State Metrological Supervision (SMS) covers measurement results of which are used for:

- diagnosis and curing of human illnesses;
- quality inspection of drugs;
- quality and safety inspection of foods;
- environmental inspection;
- job safety inspection;
- geodesic and hydro meteorological works;
- trade and commercial operations and settlements between a purchaser (consumer) and a seller (supplier, manufacturer, executor) including the fields of personal and public services, telecommunications and postal services;
- fiscal, banking and customs operations;
- record of energy and materials resources (electrical and heat power, gas, water, oil products, etc.) except internal records as being made by enterprises, organizations and citizens as business entities;

works which are carried out on the instructions of the court's bodies, public prosecutors' office, arbitration court and other public bodies;

mandatory product certification;

registration of national and international records.

The following types of the State Metrological Control (SMC) are established:

state tests and type approval of MIs;

metrological certification of MIs;

verification and re-verification of MIs;

accreditation for the right to carry out state tests, verification of MIs, perform measurements and carry out certification of measurement procedures, etc.

MIs intended for serial production or for importation in batches in Ukraine are subject to state acceptance and inspection tests with the type approval. Approved types of MIs are entered by DTR of MEDT into the State register of MIs authorized for use in Ukraine. MIs which are not subject to state tests, and which fall within the scope of the SMS are subject to the metrological certification.

MIs which fall within the scope of the SMS, and which are in operation, turned out of production, repair and released for sale, hired out, imported in Ukraine are subject to the verification.

In Ukraine obligatory condition for type approval and verification and re-verification intervals for the most wide-spread MIs are such [10, 11]:

trade scales – 1 year;

gas counters – 5 years;

water counters – 2 year;

heat counters – 2 year;

electric meter – 8-16 years;

taximeters – 1 year;

noise meters – 1 year;

gas analyzers – 1 year;

glass medical thermometers – ∞ ;

tonometer's – 1 year;

fuel dispensers – 1 year;

manometers – 1 year;

dosimeters – 1 year;

alcoholmeters at exhalation – 1 year;

instruments for checking a velocity – 1 year.

4. The main ways of transformation of national metrology legislation

The NMS legislative basis, it's rules, technical and organization basis in Ukraine are defined by the Ukrainian Law on metrology. The harmonization of activity of the NMS to requirements of international standards, guides and recommendations in the field of metrology is a very complicated task not only due to differences in economic development, but due to

distinguishes in national legislation ideology and structure [11, 12].

The approach of national metrological legislation to the international norms and practice is complicated by several factors, such as difficulty of the metrology system model selection, uncertainty in the selection of documents adaptation sequence, limitations of forms of practical implementation, problems with inadequacy terms and definitions, etc.

The conception of new draft of Ukrainian Law on metrology should take in account a necessity of gradual, step by step implementation the changes to the metrology regulation to avoid the unpredictable negative after-effects. As the result of implementation this Law the conceptions of calibration, traceability of measurement and metrological conformity should be implemented to the metrological practice in compliance with international documents, vocabularies and standards definitions [13, 14].

The implementation in Ukraine the requirements of European Directive 2004/22/EC on measuring instruments (MID) [16] declared as a basis for transformation the regulation for measuring instruments legal metrological control. The conceptions calibration, traceability of measurement and metrological conformity are implemented to the metrological practice in compliance with International Vocabulary of Metrology (VIM), International Standard ISO/IEC 17025 definitions [13, 16].

On 5 June 2014 the Parliament of Ukraine adopted new important legal acts – “*Law on Metrology and Metrological Activity*” (no. 1314-VII at 05.06.2014). The adoption of these laws signifies a major breakthrough in the modernization of the Ukrainian technical legislation and its alignment to the World Trade Organization and the EU requirements. The new Law aims at creating an effective and transparent metrology system in Ukraine. New legislative ground will carry out metrological activity in Ukraine on the basis of international and European requirements (e. g., OILM D1 document, acts of the EU *acquis communautaire*, and WELMEC). Clear delineation of administrative and commercial metrological services will contribute significantly to the elimination of corruption-inducing conflicts of interest.

Main components of national metrological legislative are such:

organization structure;

equipment subject of national control;

type approval;

initial verification and re-verification;

metrological inspection (supervision);

calibration service.

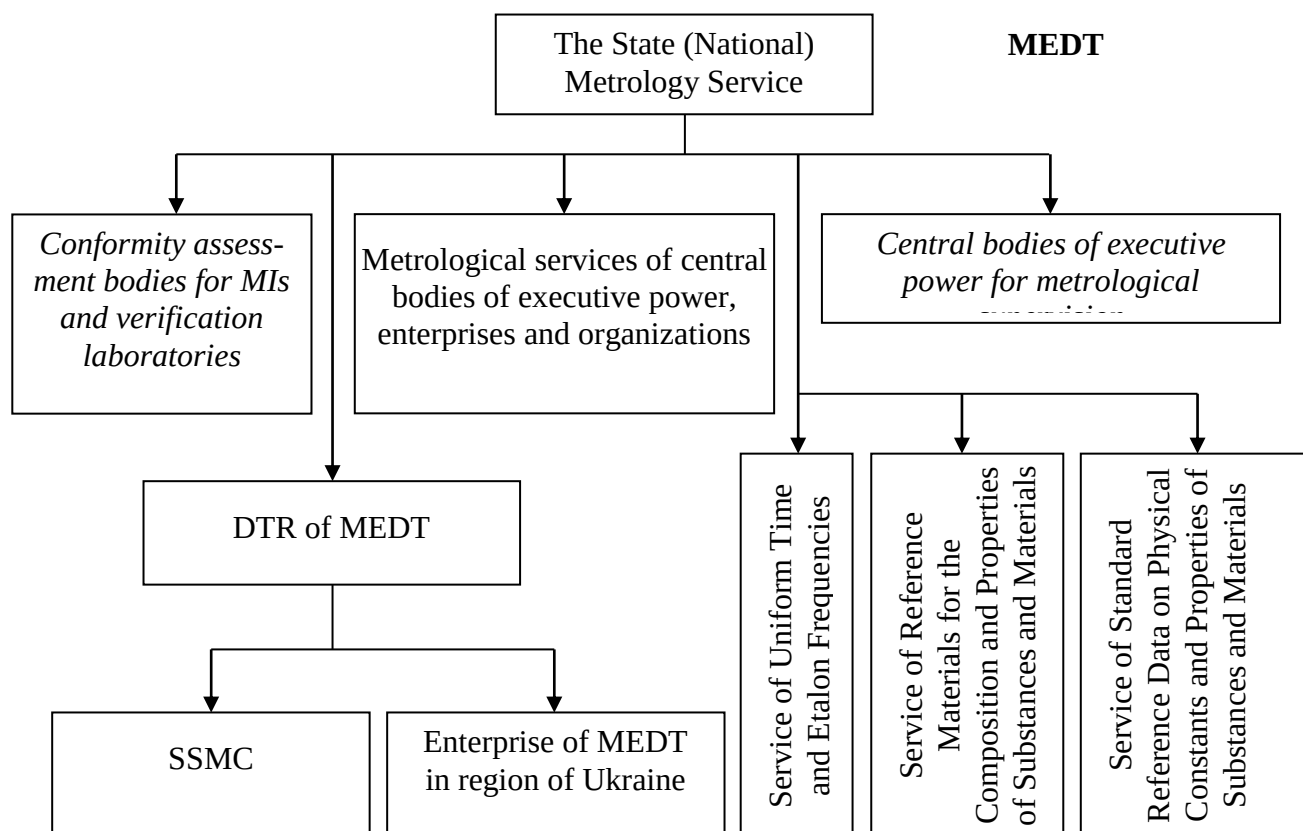


Figure 1 – Structure of the State (National) Metrology Service

Main components of current state (old Laws, 1993, 1998, 2004 from 26.04.1993 to 01.07.2014) and transformation of the national metrological legislative (new Law from 01.01.2016) in Ukraine shown in Table 1.

Table 1 – Main components of national legislation

Component	Current state at 01.07.2014 (current Law)	Transformation from 01.01.2016 (new Law)
Organization structure	State Metrology Service (article 13); DTR of MEDT (article 14); SSMCs (article 15); SUTEF, SRMCP, and SSRD (article 16); regional bodies of MEDT; metrological services of central bodies of executive power, enterprises and organizations (article 17)	National Metrology Service (article 9); DTR of MEDT (article 10); <i>the central body in the SMS</i> ; SSMCs (article 12); SUTEF, SRMCP, and SSRD (article 13); state enterprises of MEDT; metrological services of central bodies of executive power, enterprises and organizations (article 14); <i>conformity assessment bodies for MIs and verification laboratories</i>
Equipment subject of national control	objects of the SMCS (article 19); scopes of the SMCS (article 20); types of the SMCS (article 21)	metrological supervision and its types (article 20); <i>state market surveillance of the compliance of legally regulated MIs with the requirements of technical regulations</i> (article 21); <i>metrological supervision of legally regulated MIs in use</i> (article 22); metrological supervision of pre-packaged goods (article 23)
Type approval	approval by the DTR of MEDT (article 26); realization of state testing by the SSMCs (article 26); realization of state testing by the regional bodies (article 26)	<i>conformity assessment of MIs</i> (article 16); <i>the procedure for conformity assessment of legally regulated MIs</i> (article 16); <i>the procedure for keeping up the State Registry of Approved Types of MIs</i> (article 16)

Component	Current state at 01.07.2014 (current Law)	Transformation from 01.01.2016 (new Law)
<i>Initial verification and re-verification</i>	realization by the regional bodies (article 28); realization by the SSMCs (with using national measurement standards also) (article 28); authorization in SMS (article 22, 23)	initial verification – <i>module of conformity assessment of MIs</i> (article 16) verification of measuring instruments in use (article 17); authorization for performing verification of MIs in use (article 18, 19)
<i>Metrological inspection</i>	realization SMS by the metrological centers and regional bodies (articles 29, 30); realization SMS by the metrological inspectors (articles 31–35)	the powers of the central body in the area of metrological supervision (articles 24); rights and obligations of state metrological supervision inspectors (articles 25, 26)
<i>Calibration service</i>	realization of calibration by the SSMCs (article 40); realization of calibration by the metrological centers and regional bodies (article 40)	calibration of MIs in general (article 27); realization of calibration of MIs by the SSMCs, calibration laboratories and metrological centers (article 27)

Same important part of transformation of national legislation on metrology in Ukraine is a transition from SMCS to the conformity assessment of MIs and verification of MIs in use. Conformity assessment of legally regulated MIs to the requirements of technical regulations, including initial verification and type approval of MIs, shall be performed if it is provided for by the relevant technical regulations.

The type approval certificate of a MI shall be a document that confirms that the type of a MI has been approved.

Conformity assessment of MIs to the requirements of technical regulations shall be performed by the appointed conformity assessment bodies. The procedure for conformity assessment of

MIs shall be established by the technical regulations and other regulations. Conformity assessment of measuring instruments that are not used in the area of legally regulated metrology shall be conducted on the voluntary basis.

Legally regulated MIs in use shall be liable to periodic verification and verification after repair, and may also be subject to extraordinary, expert and inspection verification. Verification of MIs not used in the area of legally regulated metrology and which are in use shall be performed on voluntary basis.

In Ukraine accreditation of calibration laboratories conducted also on the requirements of the special Law of Ukraine “*On accreditation of conformity assessment bodies*” (no. 2407-III at 17.05.2001) in accordance with the requirements of standard ISO/IEC 17025 (article 10) [16].

5. Conclusion and summary

Realization offered approach in a new national the Law on metrology will allow adapting national metrological legislation to the requirements of new documents of international organizations on metrology and to promote effectively of activity of national metrology service in Ukraine.

References

1. Kochsiek M. Trends in legal metrology towards a global measurement system // OIML Bulletin. – Vol. XLIV. – No. 1. – Jan. 2003. – P. 7–9.
2. Kochsiek M., Odin A. Towards a global measurement system: Contributions of international organizations // OIML Bulletin. – Vol. XLII. – No. 2. – April 2001. – P. 14–19.
3. Kochsiek M., Odin A. An efficient metrological infrastructure – benefit for industry and society // OIML Bulletin. – Vol. XXXIX. – No. 2. – April 1998. – P. 26–32.
4. Kochsiek M., Odin A. NMIs in present-day metrology // OIML Bulletin. – Vol. XXXVII. – No. 2. – April 1996. – P. 27–32.
5. OIML D1:2004. Elements for a Law on Metrology.
6. Velychko O. Metrological activity in Ukraine // OIML Bulletin. – Vol. XXXVIII. – No. 3. – July 1997. – P. 36–41.
7. Velychko O. Harmonization of the legislative acts and normative documents on metrology in Ukraine // OIML Bulletin. – Vol. XLI. – No. 2. – April 2000. – P. 19–24.
8. Velychko O., Gordiyenko T. Implementation of the European Directive on Measurement Instruments in Ukraine // OIML Bulletin. – Vol. LI. – No. 2. – April 2010. – P. 23–29.

9. Velychko O. The optimization of multi-functional national metrological systems // OIML Bulletin. – Vol. LI. – No. 3. – July 2010. – P. 11–16.
10. Velychko O. N. Metrological activity in Ukraine // Measurement Techniques. – Vol. 42. – December, 1999. – No 12. – P. 1109 – 1115.
11. Velychko O. Transformacion moderna de los sistemas metrologicos multifuncionales nacionales // Boletin Cientifico Tecnico INIMET. – No 2 de 2011 (julio–diciembre). 9–25 (in Spanish).
12. Velychko O., Pronenko S. Toward the transformation of national metrology legislation // Proceedings of Intern. Metrology Conf. CAFMET 2010. – Cairo, Egypt. – 2010. – 7 p.
13. OIML V2-200:2007. International vocabulary of metrology. Basic and general concepts and associated terms (VIM).
14. OIML V1:2000. International Vocabulary of Terms in Legal metrology (VIML).
15. Directive 2004/22/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on measuring instruments // Official Journal of the European Union. – L 135/1. 30.4.2004.
16. ISO/IEC 17025:2005. General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories.
17. Law of Ukraine on “Metrology and Metrological Activity”, no. 1314-VII at 05.06.2014.
18. Velychko O. The development and transformation of national metrology legislation in Ukraine // OIML Bulletin. – Vol. LV. – October 2014. – No. 4. – P. 26–31

Надійшла до редакції 13.05.2016 р.

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

О. Н. Величко, д.т.н.

РАЗВИТИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО МЕТРОЛОГИИ В УКРАИНЕ

В статье описаны основные компоненты модифицированной Национальной системы метрологии в Украине. Изложено содержание нового законодательства, основы для гармонизации национальных нормативных документов в области метрологии и основные принципы реализации Европейской директивы по средствам измерения в соответствии с модулями оценки соответствия в отношении средств измерительной техники в Украине.

Ключевые слова: законодательная метрология, средство измерения, гармонизация, нормативный документ.

О. М. Величко, д.т.н.

ROZVIТОK I TRANSFORMACIЯ NACIОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА З МЕТРОЛОГІЇ В УКРАЇНІ

У статті описані основні компоненти модифікованої Національної системи метрології в Україні. Викладено зміст нового законодавства, основи для гармонізації національних нормативних документів у галузі метрології і основні принципи реалізації Європейської директиви щодо засобів вимірювання відповідно до модулів оцінювання відповідності щодо засобів вимірювальної техніки в Україні.

Ключові слова: законодавча метрологія, засіб вимірювання, гармонізація, нормативний документ.

T. B. Gordiyenko, DSc*Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality, c. Odesa*

REFORMING OF NATIONAL LEGISLATION ON FIELD OF STANDARDIZATION

The main changes in the national law in the field of standardization, as well as those caused by changes in the National System of Standardization in Ukraine, the functions of the main subjects of standardization are considered. The possible models of functioning of the National Bodies of Standardization on the types of activities, describing the basic shades and features are proposal.

Keywords: standardization, national system of standardization, national body of standardization, model, international organization for standardization, regional organization for standardization.

Introduction

With the globalization of markets, the increased number of participants in trade relations, expansion of production and complexity the role of standardization is increases. National Infrastructure of Quality in standardization in recent years is undergoing reform and major changes, and its further development will be characterized by a significant increase international and regional cooperation. These processes were especially active after Ukraine's accession to the World Trade Organization (WTO), signature the Agreement on free trade zone between Ukraine and the European Union (EU), which is caused by the desire to integrate Ukraine into the European market in the EU.

Implementation of EU legislation, compliance with the WTO and institutional changes in accordance with European practices is underlying the reforms in the field of technical regulation. Performance of the tasks of the national Program of integration Ukraine into the EU caused a change in state policy in the sphere of technical regulation and its adaptation to international approaches, which led to a need for convergence to international and European practice of National System of Standardization (NSS) in Ukraine, the National Bodies of Standardization form (NBS) and National Technical Committee of Standardization (TC) [1].

1. Features of National System of Standardization of Ukraine

NSS of Ukraine was formed in the former USSR. Existing approaches and procedures for the functioning of NSS, fundamental standards and a

large amount of current interstate standards (GOST) are outdated and do not meet modern challenges. Following the adoption of new legislation [2] and other legal acts regulating activities in the field of standardization, needs to be review a national legal framework that regulates the activities of NSS. The main elements of the previous and current national legislation in field of standardization are shown in Table 1.

As shown in Fig. 1 hierarchical NSS includes the following components and sub components: CEB (MEDT); NBS (SE "UkrNDNC"); TCs; Management Council and Commission of appeals as subjects; and informational, regulatory and other support, as objects of the system.

The authority and functions of standardization subjects is provided by law, regulations and articles of association of these entities. NBS – is bodies of standardization recognized at the national level and who has the right of national membership in the relevant International Organization for Standardization (IOS) or Regional Organization for Standardization (ROS). CEB does not perform the function of NBS after reforming [14]. Much of the functions and powers of the CEB were passed to NBS (see Table 1). Essential is appearance providing to prepare of NBS an annual report on its activities, making it after approval of the Management Council for consideration by CEB, which provides state policy in the field of standardization and publication on the official website no later than five working days from the date of approval this report by Management Council. It will promote openness, transparency and public access to information on the NBS.

Table 1

Element	The old Law	The new law in force
Subjects of standardization	1) Central Executive Body (CEB) of standardization; 2) board of standardization and technical regulation; 3) TCs; 4) other entities dealing with standardization (Article 6)	1) CEB, which provides the state policy in the field of standardization; 2) CEB, which implements the state policy in the field of standardization; 3) NBS; 4) TCs; 5) enterprises, institutions and organizations engaged in standardization (Article 8)
New subjects of NSS	–	Management Council (Article 13) Commission of appeals (Article 14)
Serving NBS	CEB of standardization (Article 7)	State Enterprise that is not subject to privatization, formed CEB, which implements the state policy in standardization (Article 11)
Services in the standardization work for the state budget	Customers service is CEB, and the only provider of such services are NBS (Article 29)	Customers service is CEB, and the only provider of such services are NBS (Article 29)
Standardization of levels	<u>Three levels:</u> - National (NBS approves of standards); - industry (CEB approves of standards); - at the enterprise level (adoption of standards by enterprises and organizations) (Article 11)	<u>Two levels:</u> - National (NBS approves of standards); - at the enterprise level (adoption of standards by enterprises and organizations) (Article 11)
Serving of acceptance, cancellation and renewal of national standards and amendments	CEB of standardization (Article 7)	NBS (Article 11)
Setting rules and procedures of the NSS	CEB of standardization (Article 7)	NBS (Article 11)
Developing procedures for the establishment, termination and coordinate activities of TCs	CEB of standardization (Article 7, 9)	NBS (Article 11)

In addition to NBS one of the main subjects of standardization in Ukraine has TCs, which represent a form of cooperation of interested businesses and individuals for collaborating with international, regional, national standardization. At TC assigned powers of development, review and approval of national, regional and international standards, participation in standardization bodies and relevant IOS, ROS. Work on activities performed TC accordance with the fundamental standards of the national standardization. Works with international

and regional standardization TC perform under the terms of IOS documents and ROS [13-19].

Under the new law [2] NBS is the only customer for standardization work from the State Budget. Previously, funds from the State Budget for works on standardization could to receive only CEB. Cancel the mandatory approval of projects of national standards with CEB and CEB, deprivation authority to take sectoral standards (SOU, GSTU) has led to the emergence in Ukraine only two levels of standardization: national and at the enterprise level that corresponds with world practice.

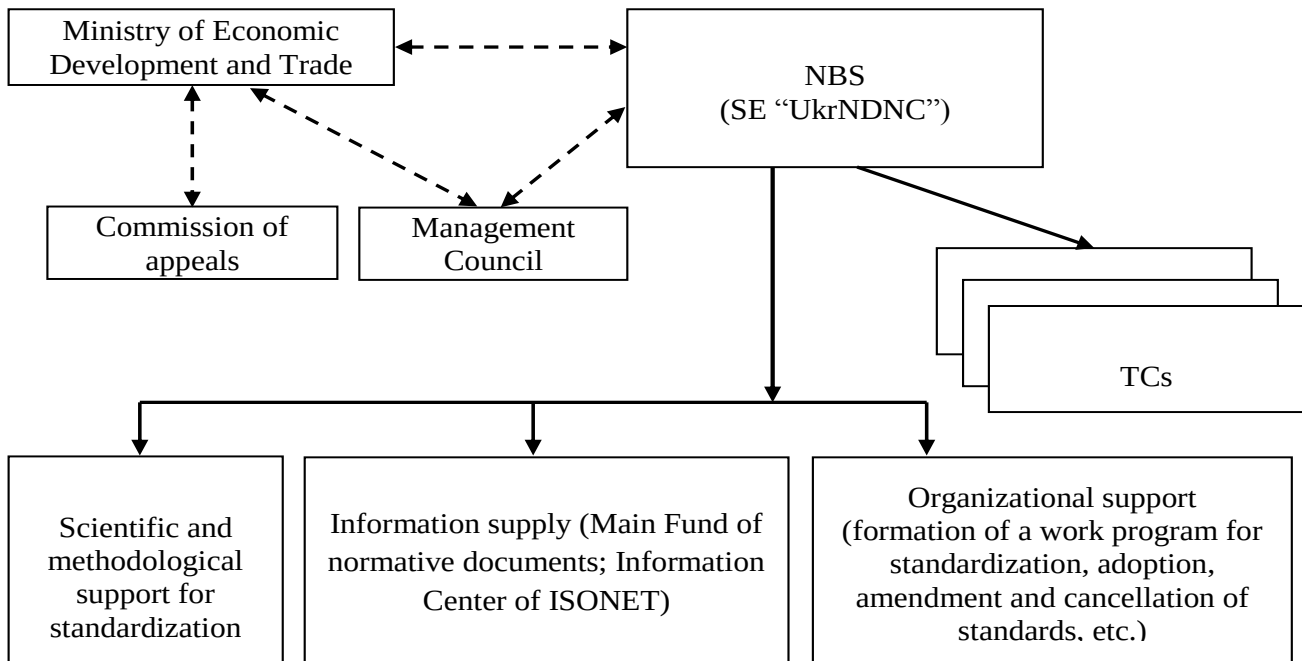


Figure 1 – The structure of the reformed NSS of Ukraine

The new Law provides for the emergence of new subjects of NSS: Management Council and Commission of appeals. Management Council – is the advisory and supervisory authority of NBS, which is formed on a parity basis with representatives of central executive bodies, government agencies, research institutions, educational institutions, NGOs, trade unions. Commission of appeals – body where may address with to request any interested party or TCs, if it considers that a decision, act or omission NBS were violated procedures in field of standardization [2]. After the emergence of new subjects of NSS, in particular by Management Council, in the management NBS will be secured participate for all stakeholders including representatives of manufacturers, consumers, research institutions.

After joining the WTO, Ukraine has committed to give priority to the implementation of international standards as national (over regional and national standards of other countries). Thus for the candidate countries for EU membership, there is need to introduce the requirement for at least 80 % of the standards in force in the EU [20, 21]. Therefore, in recent years, much attention is paid harmonization of national standards with international and European standards. This is especially true standards, compliance with which is seen as evidence of compliance with the directives of the "New Approach". Their demands, in turn, extend to products covered by the Agreement on Conformity Assessment and Acceptance of Industrial Products (ACAA) [14].

2. Models of NBS

NSS as the system exists in a certain environment and interacts with the environment, so need to make a detailed analysis of its key components. In step simulation NSS is need collecting and analyzing a priori information on the activities of standardization in various areas of usage broken down at certain stages of analysis [22, 23].

So can identify the main objects of standardization at national level:

- 1) legislation in the field of standardization;
- 2) fundamental standards of NSS;
- 3) national standards harmonized with international and regional standards, national standards and standards of enterprises;
- 4) objects and subjects of standardization;
- 5) theoretical research and training on standardization.

Organization of NBS available in several models:

Model A – work carried out in all areas of standardization;

Model B – work carried out in all areas of standardization only for certain sectors of the economy;

Model C – only developed national standards and standards of enterprises;

Model D – not developed national standards and existing agencies provide information on product conformity to international or regional standards [22, 24].

Implementation of these models can be made in the country by only one organization based on work towards of standardization. The results of the analysis

can establish the basic gradations and features for proposed models of NBS, which are shown in Table 2.

The models NBS although reflecting the state of the main objects of NSS, however, require detail of the level of NBS, description the characteristics and main features of the models. Generalized basic gradations, characteristics functioning of the proposed models of NBS are shown in Table 3.

It should be noted that the above grading models of NBS is quite arbitrary and not exhaustive of all issues in field of standardization.

Analyzing NSS of Ukraine worth noting that standardization activities implementing in almost all areas of activity and in almost all sectors. NBS of Ukraine is participates as a regular or associate member in the IOS and almost all ROS and has

nationally available high level of legal and regulatory framework on standardization, particularly adapted to the requirements of the European Community. NBS coordinates of TCs and conducts periodic training of specialists in the field of standardization.

Conclusion

Therefore, the results of the analysis of the existing NSS of Ukraine, available of subject and object in standardization of their work could be argued that NBS of Ukraine corresponds to the average level of development – model B in accordance with the proposed gradations and features of models of NBS.

Table 2

Model	Brief description of the Model	Areas				
		1	2	3	4	5
A	Participation as active permanent members of IOS and ROS, well developed legal and regulatory framework on standardization, the coordination and analysis of subjects involved in standardization (usually TCs) introduced an effective system of training specialists in field of standardization	H	H	H	H	H
B	Participation as regular or associate members in some IOC and ROS, developed legislative and regulatory framework for standardization, coordination of the entities involved in standardization (usually TCs), carry out retraining specialists in field of standardization	M	H	M	M	M
C	Participation only in specific IOS and ROS as an associate member, national standards take only in certain sectors of the economy, training specialists in field of standardization implement only in certain sectors of the economy, develop only a separate normative documents and standards enterprises, lack of coordination dealing with standardization	M	M	L	L	M
D	Participation in IOS and ROS is absent, without developing standards generally, available in the country authorities only providing information on product conformity to international or regional standards, TCs or other entities engaged in standardization are absent	L	M	L	L	M
H – high level; M – medium level; L – low level						

Table 3

Model	The degree of participation in the IOS and ROS	The level of development legislation	The level of regulatory	The level of coordination of subjects in field of standardization	The level of development system of training specialists
A	Full active membership in IOS and ROS	High, in all areas and sectors of the economy	High	High, the coordination and analysis of TCs	High, active in all sectors of the economy
B	Full or associate membership in selected IOS and ROS	Medium, in all areas and in certain sectors of the economy	High	High, coordination of TCs	High
C	Associate (affiliated) membership in selected IOS and ROS	Medium, not across the board and in individual sectors of the economy	Medium or low	Low	Medium, for certain sectors of the economy
D	Participation in the ISO and ROS are missing	Low	Low	TC or other entities engaged in field of standardization are absent	Low

References

1. Velychko O. M., Kolomiets L. V., Gordiyenko T. B. Metrology, technical regulations and quality assurance: in 5 volumes. – Odesa: BMB. – Vol. 3: Standardization. – 2014. – 523 p. (in Ukrainian).
2. On Standardization: Law of Ukraine from 05.06.2014 № 1315-VII.
3. DSTU 1.0:2003. National standardization. Substantive provisions (in Ukrainian).
4. DSTU 1.1:2001. National system of standardization. Standardization and related activities. Terms and definitions of basic concepts (in Ukrainian).
5. DSTU 1.2:2003. National standardization. Terms of development of national normative documents (in Ukrainian).
6. DSTU 1.3:2004. National standardization. Terms for design, construction, presentation, registration, approval, acceptance and designation of specifications (in Ukrainian).
7. DSTU 1.5:2003. National standardization. The rules for explanation, presentation, design and content of requirements for normative documents (ISO/IEC Directives, part 2, 2001, NEQ) (in Ukrainian).
8. DSTU 1.7:2001. National standardization. The rules and methods of making and use of international and regional standards. (ISO/IEC Guide 21:1999, NEQ) (in Ukrainian).
9. DSTU 1.10:2005. National standardization. The rules for development, explanation, presentation, design and conduct national qualifiers (in Ukrainian).
10. DSTU 1.11:2004. National standardization. Rules of examination of draft national normative documents (in Ukrainian).
11. DSTU 1.12:2004. National standardization. The rules of doing matters of normative documents (in Ukrainian).
12. DSTU 1.13:2001. National system of standardization. Rules for notification of trading partners Ukraine (in Ukrainian).
13. Velychko O. M., Kucheruk V. Y., Gordiyenko T. B., Sevastyanov V. M. Fundamentals of standardization and certification. – Herson: Oldi-plus, 2013. – 364 p. (in Ukrainian).
14. Velychko O. M., Kolomiets L. V., Gordiyenko T. B. Fundamentals of standardization: theory and practice. – Odesa: BMB, 2010. – 252 p. (in Ukrainian).
15. Model Regulations of the Technical Committee for Standardization / Approved order of the Derzstandard of Ukraine from 20.05.2002 № 298, registered in the Ministry of Justice of Ukraine 11.07.2002 № 578/6866 (in Ukrainian).

16.DSTU ISO/IEC Guide 59:2000. Codex established rules of standardization (ISO/IEC Guide 59:1994, IDT) (in Ukrainian).

17.Directives ISO/IEC. Part 1. Guidelines for technical activities (in Ukrainian).

18.ISO/IEC Guide 2:2004. Standardization and related activities. General vocabulary.

19.ISO/IEC Directives. – Part 1. Consolidated ISO Supplement.

20.CEN-CENELEC Guide 12:2012. The concept of Affiliation with CEN and CENELEC.

21.CEN-CENELEC Guide 20:2015. Guide on membership criteria of CEN and CENELEC.

22.Velychko O. M., Kolomiets L. V., Gordiyenko T. B. Methodologies of optimizing hierarchical systems in metrology and standardization: theory and practice. Monograph. – Odesa: BMB. – 2010. – 250 p. (in Ukrainian).

23.Velychko O. M., Kolomiets L. V., Gordiyenko T. B. Optimization of the national systems of metrology and standardization. Monograph. – Kishinev: Primex Com. – 2014. – 155 p. (in Russian).

24.Gordiyenko T. B. Elements for evaluation of components activity of national bodies and technical committees of standardization // Standardization, certification, quality. – 2011. – № 6. – P. 13–18 (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 12.05.2016

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

Т. Б. Гордиенко, д.т.н.

РЕФОРМИРОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Рассмотрены основные изменения национального законодательства в сфере стандартизации, а также вызванные этим изменения в национальной системе стандартизации Украины, функций основных субъектов стандартизации. Предложены возможные модели функционирования национальных органов стандартизации по типам деятельности с описанием основных градаций и признаков.

Ключевые слова: стандартизация, национальная система стандартизации, национальный орган по стандартизации, модель, международная организация по стандартизации, региональная организация по стандартизации.

Т. Б. Гордієнко, д.т.н.

РЕФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА У СФЕРІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Розглянуто основні зміни у національному законодавстві в сфері стандартизації, а також спричинені цим зміни у національній системі стандартизації України, функцій основних суб'єктів стандартизації. Запропоновані можливі моделі функціонування національних органів стандартизації за типами діяльності з описом основних градаций і ознак.

Ключові слова: стандартизація, національна система стандартизації, національний орган зі стандартизації, модель, міжнародна організація стандартизації, регіональна організація стандартизації.

РОЗДІЛ 2

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення

Ю. І. Адамов¹, О. Ф. Дяченко², к.т.н.¹ Військова академія, м. Одеса² Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТАВКИ ЛЮДЕЙ, ТЕХНІКИ ТА ВАНТАЖІВ ПАРАШУТНИМ СПОСОБОМ

У статті розглядається стан метрологічного забезпечення доставки людей, техніки та вантажів парашутним способом в Україні. На підставі аналізу метрологічних характеристик засобів виміральної техніки, які використовуються при десантуванні, визначені основні шляхи їх удосконалення.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, повітрянодесантна техніка, десантування, десантне забезпечення.

Впровадження європейських стандартів до забезпечення безпечної доставки людей, техніки та вантажів парашутним способом (далі – десантування) під час проведення спеціальних або рятувальних операцій зумовило нові вимоги до повітрянодесантної техніки (ПДТ), обладнання та всіх видів забезпечення, у тому числі, й метрологічного забезпечення.

Метрологічне забезпечення є самостійним підвидом технічного забезпечення і суттєво впливає на успішність проведення десантування. У складі технічного забезпечення метрологічне забезпечення гарантує повноту, точність і достовірність вимірювань, які виконуються при експлуатації техніки (в ході її технічного обслуговування, відновлення, підготовки та використання за призначенням).

Для дослідження стану метрологічного забезпечення десантування авторами були проаналізовані публікації де були визначені наступні проблемні питання:

- недосконалість нормативної бази метрологічного забезпечення у сфері оборони [1, 2];
- оптимізації системи метрологічного забезпечення полігонних випробувань [3, 4];
- вплив метрологічного забезпечення на ефективність застосування озброєння та військової техніки [5];
- удосконалення механізму оцінювання якісних показників метрологічного забезпечення зразків озброєння та військової техніки [6, 7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій з питань метрологічного забезпечення проведення підготовки та здійснення десантування показав, що питанням удосконалення приладів вимірювання та обслуговування повітрянодесантної техніки не надається достатньої уваги. Відомостей про дослідження саме у цьому напрямку в інформаційному

просторі немає, тому існує потреба у вирішенні наукової задачі щодо удосконалення метрологічного забезпечення десантування людей, техніки та вантажів.

Достовірність метрологічної інформації є запорукою високої надійності повітрянодесантної техніки, безвідмовності у роботі протягом строку служби або призначеного технічного ресурсу і є однією із умов безпеки десантування людей, техніки та вантажів.

Метрологічне забезпечення відіграє важливу роль у підтриманні надійності повітрянодесантної техніки у ході підготовки та проведення десантування.

За допомогою контрольно-вимірвальних пристроїв під час проведення регламентних робіт, технічного обслуговування, укладання та монтажу ПДТ, десантування людей, техніки та вантажів здійснюється:

- перевірка точності спрацювання за часом установки перевірки парашутних автоматів (УППА);
- перевірка точності спрацювання за висотою установки контролю парашутних автоматів (УКПА);
- перевірка міцності полотнища куполу парашутів пристроєм ПР-200[10];
- визначення температури заряду в блоці парашутно-реактивного двигуна (далі – ПРД), перевірка стану електричних ланцюгів піропатронів (ПП9-РС), а також споряджених спарених піросвічок (Н65-00-58) контрольно-вимірвальними пристроями (імітатором, перевіркою апаратурою ПП-1М, пультом контролю);
- перевірка подачі електричної енергії на піроенергодатчики (ПДО-4) замків відчеплення парашутної системи пристроєм видачі сигналу (УВС-1);

- вимірювання висоти висотоміром;
- вимірювання миттєвої швидкості і напрямку вітру, відносної вологості, температури повітря, атмосферного тиску і метеорологічної дальності видимості десантним метеорологічним комплектом (ДМК).

Установки УППА та УКПА, призначені для перевірки точності спрацювання за часом та висотою парашутних пристроїв типу парашутного напівавтомату ППК-У та годинникового парашутного приладу АД-ЗУ-Д-165 [8, 9].

Основними метрологічними характеристиками цих установок є:

1) УКПА:

забезпечує замір часу спрацювання приладу до 0.05 С;

- температурний діапазон роботи від -20 до $+50^{\circ}\text{C}$;

2) УППА:

- максимальна швидкість вимірювання проміжку часу висоти – 75 м/с;

- точність вимірювання проміжків часу $0 - 3 \text{ с} \pm 0,05 \text{ с}$, $3 - 10 \text{ с} \pm 0,07 \text{ с}$;

- робота на частоті 50 Гц, при t_0 від $+5$ до $+50^{\circ}\text{C}$ та вологості повітря до 98% при t 30°C .

Пристрій ПР-200 призначений для перевірки полотнища куполу ремонтіваних парашутів на

міцність методом продавлювання [10].

Основні дані пристрою:

Робочий тиск повітря:

- для бавовняних тканин і шовкових – 5 кг/см^2 ;

- для капронових тканин – 6 кг/см^2 ;

Для визначення температури заряду в блоці парашутно-реактивного двигуна (далі – ПРД) парашутної реактивної системи модернізованої ПРСМ-925(916) використовується імітатор [11].

За допомогою термометра типу ТНВ-45, поміщеного у канал імітатора, визначається температура заряду в блоці ПРД.

У корпус імітатора поміщається інертна шашка, яка імітує заряд, вона ізолювана від корпусу повстяними прокладками. Склад і розміри інертної шашки в поєднанні з прокладками мають теплофізичні характеристики, які відповідають аналогічним характеристикам заряду блоку ПРД. Імітатор має перебувати не менше 4-х годин у тих же умовах навколишнього повітряного середовища, в якому знаходиться блок ПРД.

Схему метрологічного забезпечення під час проведення підготовки та десантування людей, техніки та вантажів можна представити у наступному вигляді (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема метрологічного забезпечення під час проведення підготовки та десантування людей, техніки та вантажів

Під час монтажу блоку порохових реактивних двигунів до парашутної реактивної системи модернізованої (далі ПРСМ-925(916)) здійснюється перевірка струмом 20 – 25 мкА електричних ланцюгів піропатронів ПП9-РС та споряджених спарених піросвічок Н65-00-58 на відсутність обриву або короткого замикання електричних ланцюгів приладом ПП-1М. 9500-0 [13].

Прилад ПП-1М. 9500-0 розрахований на

експлуатацію в діапазоні температур навколишнього середовища від -50 до $+50^{\circ}$ і відносній вологості до 95 – 98% при температурі $+40 - 42^{\circ}\text{C}$.

Крім того, приладом ПП-1М. 9500-0 передбачається вимір напруги від 0 до 5 В і від 0 до 50 В. Точність вимірювання напруги в нормальних умовах не менше 10%.

Під час здійснення десантником стрибка з парашутом в межах від 5000 до 100 м, для

вимірювання висоти використовується висотомір парашутний.

Висотомір парашутний:

- працює в інтервалі температур зовнішнього середовища від +40 до -40°C;

- з перевантаженням 1,1 Гц і амплітудою зміщення не більше 0,5 мм;

протягом 20 годин, ударні навантаження з частотою від 40 до 100 ударів на хвилину:

а) 100 ударів з перевантаженням – 6 g;

б) 10000 ударів з перевантаженням – 4 g;

- розрахований на лінійні прискорення до 12 од.

Для подачі електричної енергії на піроенергодатчики (ПДО-4) замків відчеплення парашутної системи від бойової машини десанту БМД-1 після приземлення (приводнення) використовується прилад УВС-1, який забезпечує видачу сигналу на спрацювання чотирьох піроенергодатчиків ПДО-4, розміщених в замках відчеплення парашутної системи.

Прилад УВС-1 пристосований до:

- механічних ударів одиночної дії з піковим ударним прискоренням 20 g при тривалості дії ударного прискорення до 0,2 с, загальна кількість ударів не більше 5;

- температури навколишнього середовища від -60° до +60° C;

- відносної вологості повітря до 98% при температурі +35° C;

- пониження атмосферного тиску до 400 мм. рт. ст.

Для перевірки стану електричних ланцюгів УВС-1 на технічній позиції використовується контрольно-перевірочний пристрій пульта контролю (ПК) [12].

Принцип дії ПК заснований на обтіканні електричних ланцюгів УВС-1 струмом малої величини і фіксуванні його наявності індикаторним пристроєм.

В якості індикатора використовуються міліамперметр типу М2001.

Електроживлення здійснюється з батарейним елементом № 373.

В польових умовах при здійсненні тренувального десантування людей, техніки та вантажів для вимірювання наступних параметрів: миттєвої швидкості; напрямку вітру; відносної вологості температури повітря; атмосферного тиску та метеорологічної дальності видимості використовується десантний метеорологічний комплект [13].

ДМК має наступні діапазони вимірювання та технічні дані:

- миттєва швидкість вітру: 1,5 – 40 м/с;

- напрямок вітру: від 00 до 3600;

- відносна вологість повітря: від 30% до 100%;

- температура: від -55° C до +45° C;

- атмосферний тиск 560 – 800 мм. рт. ст.;

- метеорологічна дальність видимості від 0,3 до 10 км.

У повітрянодесантній службі на даний час прилади метрологічного забезпечення вимагають перегляду термінів їх експлуатації та перевірки на точність вимірів, які значно застаріли.

Продовження терміну їх експлуатації, ресурсу та терміну служби, відсутність ремонту та заміни складових частин значно впливають на точність вимірювань.

Також одним із суттєвих чинників, який також впливає на стан метрологічного забезпечення у повітрянодесантній службі на даний час, є відсутність вітчизняного виробника, який виробляє зазначені прилади. Наприклад, заводом виробником таких приладів як УППА, УКПА, ПР-200, імітатор, ПП-1М, ПК на даний час є Вологодський АСК Російської Федерації.

Таким чином, зробивши аналіз стану приладів метрологічного забезпечення у повітрянодесантній службі можна визначити перспективні напрямки його розвитку.

Одним з таких напрямків може бути підвищення технічних характеристик та заміна застарілих вимірювальних приладів новітніми зразками вітчизняного виробника або країн Європейського союзу.

Наприклад, висотомір Barigo Німецького виробництва має легкий алюмінієвий корпус, достатньо великий циферблат, що дозволяє швидко визначити висоту, на якому чітко видно цифрові позначки [14].

Враховуючи те, що висотомір може функціонувати в температурному інтервалі від -40 до +40° C, допустимі невеликі похибки в його показаннях.

Зокрема, під час зниження зі швидкістю 5 м/с запізнення показань приладу не перевищує 1/10 частку секунди.

Гарантований термін безвідмовної експлуатації парашутного висотоміру - 5 років.

Шкала 6 тис. метрів.

Допустиме перевищення висоти до 8 тис. метрів. Вага 85 г.

Для здійснення точного вимірювання швидкості і напрямку вітру, атмосферного тиску, температури повітря, відносної вологості та опадів, замість ДМК колишнього виробництва СРСР, можливо використовувати розширену тактичну систему метеорологічних спостережень Vaisala MAWS201M.

Тактична система метеорологічних

спостережень Vaisala MAWS201M - розгортається в польових умовах, компактна метеорологічна станція для різних польових операцій, вона портативна, з широким набором датчиків, встановлюється швидко і просто [15]. Крім того, цей виріб (COTS), у складі якої є в себе ефективна вбудована самодіагностика (BIT). Крім того, базову систему MAWS201M можливо підключити до системи зондування Vaisala MARWIN для зчитування даних стану поверхні.

Механічні деталі виготовлені з легкого, але міцного анодованого алюмінію і зносостійкого пластика. Система підтримує свою працездатність від електромережі або від вбудованої панелі сонячних батарей.

В порівняльній таблиці визначені характеристики метеорологічних приладів.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика приладів

№ з/п	1	2
Назва приладу	Десантний метеорологічний комплект.	Тактична система метеорологічних спостережень Vaisala MAWS201M
Максимальна швидкість повітря	1,5 – 40 м /с	0,4 ... 75 м/с (0.8 .150 кг)
Відносна вологість повітря	від 30% до 100%	0 ... 100 %
Температура повітря	–55° до +45° С	–50 ... +60° С (–58 ... 140 °F)
Атмосферний тиск	0.000074 – 0.00006 гПа 560 – 800 мм. рт. ст.	50 ... 1100 гПа або 500 ... 1100 гПа
Напрямок повітря	від 0° до 360°	від 0° до 360°

Для вчасного запуску двигунів ПРС при десантуванні одиночного об'єкту можливо використовувати лазерний висотомір або лазерний далекомір замість щупів та тимчасового приладу ППІК-УВ-15.

Запропонований лазерний прилад має перевагу перед існуючими пристроями системи ПРСМ-925(916), а саме:

- несприйнятливості до впливу електромагнітного імпульсу, що може визвати розряд блоків живлення або несанкціоноване зімкнення електричного ланцюга;

- багаторазове використання в порівнянні з одноразовим використанням щупа;

- забезпечення спрацювання під час зіткнення з нетвердою поверхнею площадки приземлення (невелике озеро, болото, канали або яри та споруди, які заповнені водою).

Висновки

Метрологічне забезпечення відіграє важливу роль в розвитку повітрянодесантної техніки. Основними шляхами його удосконалення мають бути:

- підвищення технічних характеристик та заміна застарілих метеорологічних приладів, які експлуатуються, новітніми зразками вітчизняного виробника, або країн Європейського союзу;

- проведення модернізації або заміни новітніми зразками основних складових частин приладів.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на визначення переліку конкретних заходів та пропозицій щодо удосконалення метеорологічного забезпечення повітрянодесантної техніки, які враховують те, що удосконаленні зразки повинні відповідати наступним вимогам:

- бути зручними в експлуатації;
- забезпечувати надійну роботу у всьому діапазоні умов використання;
- мати доступну вартість.

Список використаних джерел

1. Чорний М. М. Пропозиції з удосконалення нормативної бази метеорологічного забезпечення топогеодезичних приладів Сухопутних військ / М. М. Чорний // Системи озброєння і військової техніки. – 2009. – № 3 (19). – С. 88 – 90.

2. Борисенко М. В. Пропозиції з удосконалення системи метеорологічного забезпечення військових підрозділів в умовах реформування / М. В. Борисенко, С. В. Герасимов // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 2. – С. 10-14.

3. Хижняк В. В. Модель метеорологічного забезпечення процесу полігонних випробувань складних рухомих технічних об'єктів / Хижняк В. В. // Науково-технічний журнал Наука і техніка Повітряних Сил України. – 2013. – № 4 (13). – С. 108 – 113.

4. Коробко А. І. Удосконалення методів та метеорологічного забезпечення проведення

динамічних випробувань автомобілів / Автореферат. – Харків, 2013.

5. Кузнецов І. Б. Метрологічне забезпечення та його вплив на ефективність застосування озброєння і військової техніки в сучасних умовах пріоритети / Кузнецов І. Б., Буяло О. В., Пашков С. С., Шкуліпа П. А. // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2013. – № 1 (30). – С. 12 – 15.

6. Кошовий М. Д. Дослідження методичних підходів щодо оцінювання кількісних та якісних показників метрологічного забезпечення зразків озброєння та військової техніки / М. Д. Кошовий, О. М. Ноженко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2014. – Вип. 45. – С. 34-40.

7. Хижняк В. В. Інтегральна оцінка ефективності функціонування системи метрологічного забезпечення авіаційної техніки / В. В. Хижняк // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – № 3. – С. 18-20.

8. Техническое описание прибора УППА. – М.: Военное издательство, 1968. – 90 с.

9. Техническое описание прибора УКПА. – М.: Военное издательство, 1968. – 92 с.

10. Техническое описание № 054-71-3 прибора ПР-200. – М.: Военное издательство, 1981. – 94 с.

11. Техническое описание парашютно-реактивной системы ПРСМ-925 916 инструкция по эксплуатации 1П162М-0000ИЄ. – М.: Военное издательство, 1981. – 166 с.

12. Техническое описание прибора выдачи сигнала УВС-1. – М.: Военное издательство, 1975. – 85 с.

13. Техническое описание десантного метрологического комплекта – ДМК. – М.: Военное издательство, 1964. – 98 с.

14. Висотомір Barigo [Електронний ресурс] Каталог продукції німецької компанії DFRSGO Barometer fabrik GmbH. – Режим доступу: www.Industr.

15. Прилади та обладнання метрологічні групи компаній Skymax Technologies [Електронний ресурс] // Каталог продукції компанії Skymax Technologies. – Режим доступу: <http://skymax.all.biz/>.

Надійшла до редакції 24.05.2016

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

Ю. П. Адамов, А. Ф. Дяченко к.т.н.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТАВКИ ЛЮДЕЙ, ТЕХНИКИ И ГРУЗОВ ПАРАШЮТНЫМ СПОСОБОМ

В статье рассматривается состояние метрологического обеспечения доставки людей, техники и грузов парашютным способом в Украине. На основании анализа метрологических характеристик средств измерений, используемых при десантировании, определены основные пути их совершенствования.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, воздушно-десантная техника, десантирование, десантное обеспечение.

U. Adamov, A. Dyachenko, PhD

METROLOGICAL SUPPORT TO TRANSPORT PEOPLE, EQUIPMENT AND LOADS PARACHUTE WAY

The metrological support of transporting people, vehicles and cargo in a parachute way in Ukraine is considered in the article. The basic ways of its improvement are identified, that are based on the analysis of metrological characteristics of measuring instruments used in the assault.

Keywords: metrological providing, airborne equipment, troop support.

Л. Т. Зіангірова, к.т.н., В. В. Друмов, Г. І. Бірюков

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

МЕТРОЛОГІЧНА АТЕСТАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ

У статті подано огляд існуючих на даний момент в зарубіжній і вітчизняній практиці підходів до метрологічної атестації програмного забезпечення, яке використовується в засобах вимірювань. Запропонована програма розробки такої системи атестації, розрахованої перш за все на засоби вимірювань і вимірювальні системи у сфері дії державного метрологічного контролю і нагляду.

Ключові слова: програмне забезпечення, метрологічна атестація, засоби вимірювальної техніки, державний метрологічний контроль.

Вступ

Практично в будь-якому сучасному засобі вимірювань в тому або іншому вигляді присутнє програмне забезпечення (ПЗ). Воно може бути вбудованим, встановленим на комп'ютер, що входить до складу вимірювальної системи, або автономним. Використання ПЗ для обробки вимірювальної інформації є невід'ємною частиною здобуття кінцевих результатів вимірювань. Проте використання ПЗ, без визначення його характеристик точності пов'язане з ризиком здобуття недостовірних результатів.

Перш ніж переходити до огляду підходів до атестації ПЗ, необхідно визначити саме поняття атестації ПЗ і, в першу чергу, поняття його метрологічної атестації.

У Директиві по вимірювальним приладам [1] міра впливу ПЗ на метрологічні характеристики засобів вимірювань характеризується параметром, що називається критичністю. Під критичністю при цьому розуміється повна або часткова відповідальність ПЗ за метрологічні характеристики приладів і систем.

Будь-яка процедура атестації заснована на встановленні відповідності об'єкту, що атестується, нормативним або технічним вимогам. При цьому необхідно відзначити, що згідно міжнародному керівництву [2] метрологічні вимоги повинні пред'являтися не до всього ПЗ, а лише до тих його частин, які контролюються законодавчою метрологією. Такими частинами можуть бути, наприклад, підпрограми зчитування результатів вимірювань з датчиків, обробки результатів вимірювань, відображення цих результатів і тому подібне. Із сказаного виходить, що і метрологічній атестації повинні підлягати лише ті частини ПЗ, які контролюються законодавчою метрологією.

Виклад основного матеріалу

Зі всіх наявних рекомендацій і керівництв якнайповніше підходи до атестації ПЗ представлені в роботах Національної фізичної лабораторії (NPL) [3 – 6]. Ці документи націлені на метрологічне ПЗ, тобто на ПЗ, що використовується при обробці вимірювальної інформації. Робота [3] розділена на дві частини. Перша частина орієнтована на користувачів ПЗ і розглядає наступні основні питання:

- побудова моделі вимірювальної системи, що використовує програмні засоби;
- оцінка ризиків використання ПЗ;
- оцінка рівня цілісності ПЗ.

Друга частина представляє інтерес, перш за все, для розробників ПЗ і присвячена, в основному, розгляду методик атестації ПЗ. Слід підкреслити, що автори роботи з NPL дотримуються думки, що атестація ПЗ є частиною життєвого циклу ПЗ і повинна здійснюватися розробниками програмного продукту.

Якщо не брати до уваги від деталей, то під цілісністю ПЗ автори розуміють ідентичність ПЗ до правильної вихідної версії (наприклад, затвердженої), тобто ПЗ не повинно бути змінено навмисно або ненавмисно

У NPL вважається, що найефективнішим методом атестації ПЗ, використовуваного в засобах вимірювань, є метод «чорного ящика» (black box testing). У цьому методі атестація відбувається на основі зіставлення результатів обробки так званих «еталонних» даних самим тестованим ПЗ і «еталонних» результатів, отриманих обробкою тих же даних «еталонним» ПЗ. Проблема, проте, полягає в тому, що при такому підході необхідно мати в своєму розпорядженні «еталонне» ПЗ, тобто ПЗ, записане з використанням програмних засобів, що відповідають гранично високим стандартам. Далеко не всі випробувальні центри таким ПЗ

володіють. Як показує практика, рішення може бути знайдено шляхом використання так званих генераторів «еталонних» даних. Умовна схема використання таких генераторів наведена на рис 1. Основна особливість схеми полягає в тому, що на її вході не «еталонні» дані, а «еталонні» результати. Стверджується, що в цьому випадку зусилля, необхідні для розробки генераторів «еталонних» даних складають малу частину зусиль, що витрачаються на розробку «еталонного» ПЗ. Крім того, такі генератори легко тестуються. Сукупність «еталонних» даних і «еталонних» результатів в роботах NPL називають «еталонними» парами.

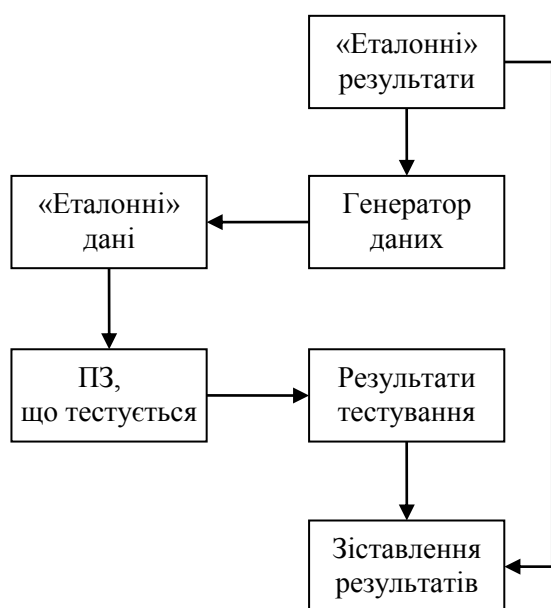


Рисунок 1 – Схеми випробувань ПЗ з використанням генерації «еталонних» даних

З схемою генерації «еталонних» пар можна працювати лише у тому випадку, коли математичне рішення відповідної метрологічної задачі априорі відоме. Проте, навіть при відомій математичній постановці завдання проблема генерації «еталонних» даних по відомих «еталонних» результатах не є однозначною, тобто в результаті такої генерації можна отримати цілі сімейства або класи «еталонних» даних, що задовольняють умовам математичного завдання. Для вирішення завдання атестації ПЗ можна працювати з будь-яким отриманим набором «еталонних» даних за умови, що вони відповідають досліджуваному вимірювальному завданню.

Атестацію ПЗ методом «чорного ящика» пропонується проводити в шість етапів:

1. Специфікація випробовуваного ПЗ. Специфікація може бути проведена в математичних або нематематичних термінах, але

в кожному випадку відповідна інформація має бути достатньою щоб уникнути неоднозначних тлумачень. Мета такої специфікації полягає в тому, аби переконатися в адекватності використовуваних моделей і алгоритмів вирішуваному завданню, при цьому один із способів специфікації полягає в ідентифікації входу і виходу програмного продукту і функціональних співвідношень або моделей, що пов'язують вхід і вихід.

Як приклад специфікації випробовуваного програмного продукту, розглянемо завдання знаходження програмним способом по методу найменших квадратів (МНК) кривої Гауса на масиві експериментальних даних $y_i, i=1,2,\dots,m$, кожне з яких відповідає експериментально знайдений абсцисі з набору $i=1,2,\dots,m$. В термінах вхідної / вихідної моделі специфікація має такий вигляд:

А). Вхід. Значення абсцис $x_i, i=1,2,\dots,m$ і відповідні значення ординат $y_i, i=1,2,\dots,m$.

Б) Вихід. Значення параметрів $A, \bar{x}, s$ в моделі піку гауса

$$y(x) = A \cdot \exp\left(-\frac{(x - \bar{x})^2}{2s^2}\right),$$

а також значення залишкових величин $e_i, i=1,2,\dots,m$, де $e_i = |y_i - y(x_i)|$.

В) Вхідна / вихідна модель. Вихідні значення визначаються з вхідних рішенням наступної нелінійної задачі по МНК

$$\min_{A, \bar{x}, s} \sum_{i=1}^m [y_i - y(x_i)]^2.$$

З використанням наведеного вище функціонала методу максимальної правдоподібності, окремим випадком якого є метод найменших квадратів, визначаються також оцінки залишкових членів.

2. Виконання (реалізація) випробовуваного ПЗ.

Перші два етапи, зазвичай, виконуються на стадії розробки ПЗ.

3. Специфікація наборів «еталонних» даних. Ці послідовності наборів даних в більшості своїй визначаються значеннями керуючих параметрів, які мають бути ідентифіковані, при цьому кожному значенню керуючого параметру відповідає своя послідовність наборів даних. В процесі випробувань ПЗ досліджується його функціонування для різних послідовностей наборів даних.

4. Часто керуючому параметру надають

функції контрольного параметра, або параметра, який ранжирує послідовності наборів даних по мірі їх складності для обробки випробовуваним ПЗ. Використання таких ранжированих у вказаному сенсі наборів даних дозволяє виявити випадки, коли тестоване ПЗ засновано на невірному виборі математичного алгоритму. До «еталонних» наборів даних часто пред'являється вимога максимальної відповідності наборам, які можуть бути отримані при практичних вимірюваннях на базових засобах вимірювань. Специфікація наборів «еталонних» даних повинна встановлювати наявність перерахованих вимог.

5. Специфікація виконуваних вимірювань і вимог випробувань.

При випробуваннях ПЗ необхідно користуватися показниками якості (або, як то кажуть, метриками якості) для встановлення кількісних відмінностей між обробкою різних наборів «еталонних» даних, що виконуються в ПЗ що випробується. За допомогою специфікації вимог до ПЗ і користувач і розробник випробовують програмний продукт в термінах цих метрик, що зрештою дає можливість об'єктивної оцінки ПЗ в плані відповідності цілі, якої воно повинне досягати. Для оцінки якості ПЗ пропонується використовувати два показники якості (дві метрики). Перший заснований на оцінці коефіцієнта обумовленості [5] алгоритму обчислення залишкових похибок, використовуюваного тестованим ПЗ при обробці «еталонних» залишків. Цей коефіцієнт для даного випадку має вигляд

$$P(\vec{e}) = \lg \left(1 + \frac{\|\vec{e}_r - \vec{e}_t\|}{\|\vec{y}\| \eta} \right),$$

де $\vec{e}_t$ – вектор залишкових похибок, отриманий випробовуваним ПЗ, $\vec{e}_r$ – вектор «еталонних» залишків, $\vec{y}$ – вектор значень «еталонних» даних і η – чисельна точність генератора «еталонних» результатів. По суті, коефіцієнт P характеризує втрату точності випробувального алгоритму в порівнянні з алгоритмом, що має оптимальну стабільність. Аналогічні коефіцієнти обумовленості можуть бути обчислені і по відношенню до інших розраховуваних величин, таким, як A , x , s , і т. д.

Другий показник якості алгоритму має пряме відношення до N ітерацій, необхідних досліджуваному ПЗ для забезпечення збіжності рішення. Детальніший опис відповідних метрик можна знайти, наприклад, в [3].

6. Генерація «еталонних» пар. Раніше говорилося, що «еталонні» пари можуть бути отримані зокрема, методом генерації «еталонних» даних. Методи такої генерації «еталонної» пари для обчислення СКВ розглянуті в [4], а метод генерації стосовно методу найменших квадратів – в [3].

7. Представлення і інтерпретація виконаних вимірювань і випробувань. Вживання випробовуваного ПЗ до «еталонних» даних веде до появи результатів тестування, що порівнюються з «еталонними» результатами, з яких генерувався цей «еталонний» набір. Порівняння, відбувається за допомогою показника (метрики) якості, про які говорилося вище і які при цьому обчислюються. Параметри (метрики) якості представляються як функції керуючого параметра (або параметрів) в табличній і в графічній формі. Зручно також користуватися статистикою випробувань (чисельною або графічною), що включає значення математичного очікування, СКВ, мінімуму та максимуму виявлених відмінностей.

На підставі описаного досвіду випробувань ПЗ і приведеного огляду міжнародних і зарубіжних публікацій можна сформулювати основні положення програми розробки і впровадження в метрологічну практику атестації програмного забезпечення, використовуюваного в засобах вимірювань.

Висновки

Розробка вимог до ПЗ, що використовується в засобах вимірювальної техніки, спочатку на рівні методики інституту (рекомендації), а потім можливо у вигляді правил по метрології. В основу таких вимог можуть бути покладені Рекомендації [9] і напрацювання NPL і РТВ. Як перший крок передбачається сформулювати вимоги лише до такого ПЗ, яке використовується в найбільш поширених видах вимірювань (вимірювання ваги, геометричних розмірів, електричні вимірювання, вимірювання маси і об'єму газів і рідин, витратометрія).

Можлива ситуація, коли метрологічні характеристики засобів вимірювання або вимірювальної системи повністю б залежали від відповідного ПЗ. Для таких випадків необхідно розробити кількісні оцінки критичності ПЗ і у кожному конкретному випадку навчитися їх оцінювати. При цьому атестація ПЗ має бути органічно вбудована у вже існуючу систему випробувань засобів вимірювальної техніки з метою затвердження їх типу без якої-небудь радикальної її перебудови. Передбачається при цьому, що основні метрологічні характеристики програмних засобів можуть бути визначені в

процесі випробувань традиційними способами, але це можна вважати справедливим лише для неадаптивних програм.

Список використаних джерел

1. Measuring Instruments Directive (MID/3), Brussels 15.09.2000, COM(2000) 566 final, European Commission – III.D.2.
2. Требования к программному обеспечению на основе Директивы по измерительным приборам. WELMEC (European cooperation in legal metrology) 7.1, октябрь, 1999
3. B. Wichman with R. Barker, M. Coxhуv, P. Harris. Software Support for Metrology. Best Practice Guide N 1. Measurement System Validation: Validation of Measurement Software. Report to National Measurement System Policy Unit. April 2000.
4. H. R. Cook, M. G. Coxhуv, M. P. Dainton, P. M. Harris. Testing Spreadsheets and Other Packages Used in Metrology. A Case Study. Report to National Measurement System Policy Unit. September 1999.
5. M. G. Cox, M. P. Dainton, P. M. Harris. Testing Spreadsheets and Other Packages Used in Metrology. Testing Functions for the Calculation of the Standard Deviation. Report to National Measurement System Policy Unit. October 2000.
6. H. R. Cook, M. G. Cox, M. P. Dainton, P. H. Harris. Methodology for testing spreadsheets and other packages used in metrology. Report to National Measurement System Policy Unit, September 1999.

7. ПР 50.2.023 – 2000 «ГСИ. Правила проведения испытаний игровых автоматов с денежным выигрышем с целью утверждения типа и контроля за их соответствием утвержденному типу».

8. Порядок № 32 від 14.02.2006 «Порядок атестації програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки».

9. Акимов А. А. Статистическая обработка результатов испытаний игровых автоматов с денежным выигрышем / А. А. Акимов, Ю. А. Кудеяров, В. П. Кузнецов // Законодательная и прикладная метрология. – 2001. – № 5. – С. 35 – 43.

10. Кудеяров Ю. А. Критерии согласия, используемые при статистической обработке результатов испытаний игровых автоматов с денежным выигрышем / Ю. А. Кудеяров, А. Г. Спроге // Законодательная и прикладная метрология. – 2001. – № 6. – С. 25 – 29.

11. Кудеяров, Ю. А. Использование критерия «3-сигма» при испытаниях игровых автоматов с денежным выигрышем с целью утверждения их типа / Ю. А. Кудеяров // Законодательная и прикладная метрология. – 2002. – № 1. – С. 25 – 27.

Надійшла до редакції 24.05.2016

Рецензент: к.т.н., проф. Козаченко М. Т., Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова, м. Одеса.

Л. Т. Зиангирова, к.т.н., В. В. Друмов, Г. І. Бирюков

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

В статье дан обзор существующих на настоящий момент в зарубежной и отечественной практике подходов к метрологической аттестации программного обеспечения, используемого в средствах измерений. Предложена программа разработки такой системы аттестации, рассчитанная, прежде всего, на средства измерения и измерительные системы в сфере действия государственного метрологического контроля и надзора.

Ключевые слова: программное обеспечение, метрологическая аттестация, средства измерительной техники, государственный метрологический контроль.

L. T. Ziangirova, PhD, V. V. Drumov, G. I. Byryukov

METROLOGICAL CERTIFICATION SOFTWARE FOR MEASURING INSTRUMENTS

The article provides an overview of currently existing in foreign and domestic practice approach to metrological certification of the software used in measuring instruments. A program to develop a certification system designed primarily for measuring instruments and measuring systems within the scope of the state metrological control and supervision

Keywords: software, metrological certification, measuring equipment, State metrological control.

АНАЛОГОВИЙ ІНТЕРФЕЙС ДЛЯ ЄМНОСТІ ДАТЧИКА ПЕРЕМІЩЕНЬ З ВІДКРИТИМ ПОЛЕМ

Проведено аналітичний огляд існуючих методів вимірювання малих ємностей. Розроблено аналоговий інтерфейс для дистанційних вимірювань вихідних параметрів ємнісних датчиків переміщення з відкритим полем з покращеними метрологічними характеристиками.

Ключові слова: ємнісні датчики переміщення з відкритим полем, паразитна ємність під'єднувальних кабелів, похибки.

Вступ В багатьох випадках схеми для перетворення ємності в напругу використовують мостові схеми змінного струму або схеми LC імпульсних або гармонійних коливань (потенціометричні, мостові, генераторні) [1]. Але методи зменшення впливу паразитної ємності під'єднувальних кабелів в таких схемах будуть мати малу ефективність при роботі з ємнісними датчиками переміщення, в яких зміна ємності датчика (1 – 10 пФ) може бути в 10 разів менше, ніж ємність підключення ємнісних під'єднувальних кабелів, що особливо характерно для ємнісних датчиків переміщення з відкритим полем [2].

Аналіз літературних джерел

Тому, найбільшого розповсюдження набули наступні способи побудови аналогових інтерфейсів для ємнісних датчиків переміщення, які були б захищені від впливу паразитних ємностей під'єднувальних кабелів:

- На основі автоматичного компенсатору змінного струму;
- На основі перетворення електричного заряду;
- На основі квадратичного перетворення $U-f$.

На рис. 1 представлена структурна схема вимірювального каналу для ємнісних датчиків переміщення на основі автоматичного компенсатора змінного струму.

В якості нуля індикатора використовують суматор струмів на ОП1, який являє собою полосову систему, в якій (на відміну від тривіального випадку $f_{вч} \gg f_{нч}$) розташування високо частотного, і низько частотного полюсів є протилежними, тобто $f_{нч} \gg f_{вч}$ це має місце через те, що $C_d \leq C_2 = C_0$, $R_1 \rightarrow 0$, $R_2 \gg R_1$

$$f_{нч} = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_0}; f_{вч} = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot C_2},$$

де R_1 – резистор необхідний для запобігання високочастотної генерації.

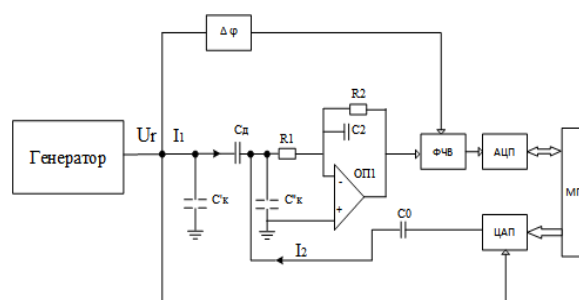


Рисунок 1 – ФЧВ – фазочутливий випрямляч, МП – мікропроцесор, ЦАП – цифро аналоговий перетворювач перемножуючого типу з інвертуючим виходом

Частота вихідної напруги генератора при цьому обирається рівною геометричному центру частотного діапазону $f_{г} = \sqrt{f_{нч} \cdot f_{вч}}$.

Завдяки цьому вихідна напруга U_{Σ} на виході нуля індикатора буде дорівнювати:

$$U_{\Sigma} = \frac{C_d}{C_z} \cdot U_r - \frac{C_0}{C_2} \cdot U_{цап}.$$

Ця напруга перетворює ФЧВ в постійну і за допомогою біполярного АЦП перетворюється в код який потрапляє на МП, що виконує програмне зрівноваження і керує цифро аналоговим перетворювачем, щоб напруга на виході суматора дорівнювала нулю, це значить, що при зрівноваженні

$$N_{цап} = \frac{C_d}{C_0},$$

де $N_{цап}$ – керуючий код цифро-аналогового перетворювача в стані зрівноваження.

Основною перевагою таких схем є велика точність яка визначається точністю зразкової міри конденсатора C_0 , точністю ЦАП, та чутливістю нуля індикатора. До недоліків відноситься складність реалізації, яка в деяких випадках не є економічно обґрунтованою.

Ємність під'єднувального кабелю C'_k не буде впливати на результат вимірювання у зв'язку з малим вихідним опором генератора напруги U_r , та активного опору приєднувального кабелю (0,1 Ом/м). Ємність під'єднувального кабелю C''_k шунтується практично нульовим опором «віртуального нуля» операційного підсилювача ОП1 який включений по схемі інвертуючого суматора.

На рис. 2 представлена структурна схема вимірювального перетворювача для ємнісних датчиків переміщень на основі перетворення електричного заряду.

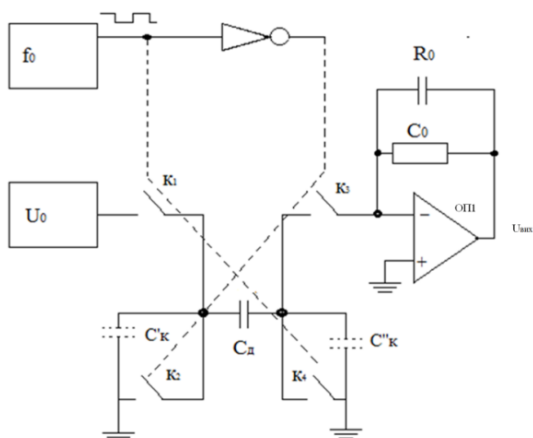


Рисунок 2 – Структурна схема вимірювального перетворювача для ємнісних датчиків переміщень, де: f_0 – генератор прямокутних імпульсів типу меандр; U_0 – джерело опорної напруги

Основними елементами цієї схеми є комутуючий конденсатор в якості якого виступає ємнісний датчик C_d . Датчик комутується за допомогою електронних комутаторів $K'_1 - K''_2$, які включаються попарно диференціально, і комутується протифазними міандрами, з частотою f_0 така комутація забезпечує швидкий розряд паразитних ємностей кабелю $C'_k C''_k$ під час фронту керуючих імпульсів, що зменшує вплив практично до нуля зарядів цих паразитних конденсаторів. При цьому постійна складова вихідної напруги (пульсації зменшуються при збільшенні постійної часу $R_0 \cdot C_0$) $U_{вих}$:

$$U_{вих} = -R_0 \cdot U_0 \cdot C_d \cdot f_0 = -\frac{R_0}{R_{екв}} \cdot U_0,$$

де U_0 – постійна зразкова напруга; R_0 – опір резистора в ланці негативного зворотного зв'язку ОП1; середнє значення еквівалентного опору $R_{екв}$ комутуючого конденсатора [3], який дорівнює:

$$R_{екв} = \frac{1}{C_d \cdot f_0}.$$

Перевагою цієї схеми є простота реалізації, а недоліком те що присутня значна інструментальна похибка зумовлена “пролазом” фронтів керуючих сигналів в вимірюване коло який збільшується при зменшенні ємності датчика.

Розробка

На рис. 3 представлена структурна схема вимірювального перетворювача для ємнісних датчиків переміщень на основі квадратичного перетворення $U \rightarrow f$ [3].

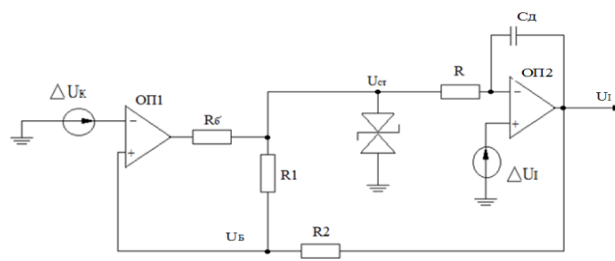


Рисунок 3 – ΔU_k – напруга зміщення компаратора; ΔU_i – напруга зміщення інтегратора

Схема складається з послідовно з'єднаного компаратора на ОП1, та інтегратора на операційному підсилювачі ОП2, охоплених загальним зворотнім зв'язком для утворення режиму авто коливань, часова діаграма зображена на рис. 4.

Розглянемо вплив ΔU_k і ΔU_i окремо з урахуванням напруги зміщення компаратора. Напруга на неінвертуючому вході буде мати вигляд:

$$U_в = U_{ст} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) + U_i \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = \Delta U_k,$$

$$U_{max} = \Delta U_k \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) + U_{ст} \cdot \frac{R_2}{R_1},$$

де U_{max} – максимальна напруга на виході інтегратора U_i ,

$$U_{\min} = \Delta U_{\kappa} \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) - U_{\text{CT}} \cdot \frac{R_2}{R_1},$$

де $U_{\min}$ – мінімальна напруга на виході інтегратора U_I .

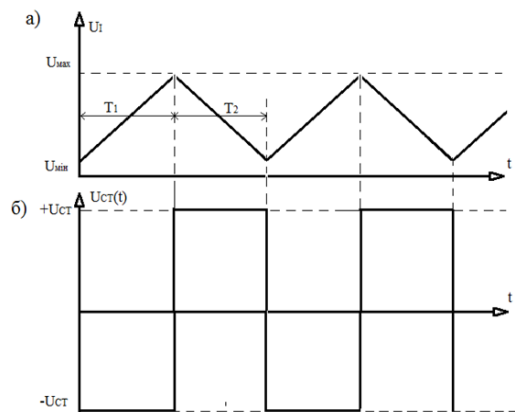


Рисунок 4 – а) вихідна напруга інтегратора;
б) вихідна напруга компаратора

Максимальна зміна напруги на виході інтегратора дорівнюватиме:

$$\Delta U_I = U_{\max} - U_{\min} = 2 \cdot U_{\text{CT}} \cdot \frac{R_1}{R_2}.$$

Враховуючи, що зміна напруги інтегратора не залежить від зміщення, компаратор ΔU_{κ} запишемо:

$$T_1 + T_2 = 2U_0 \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot RC_{\text{д}} \times \left(\frac{1}{U_{\text{CT}} + \Delta U_I} + \frac{1}{U_{\text{CT}} - \Delta U_I} \right)$$

Звідки

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2} = \frac{R_1}{4R_2RC_{\text{д}}} \cdot \left[1 - \left(\frac{\Delta U_I}{U_{\text{CT}}} \right)^2 \right].$$

Ця схема набула поширеного використання завдяки своїм високим метрологічним характеристикам.

З останньої формули бачимо що для того щоб знехтувати похибкою від зміщення нуля інтегратора достатньо обрати відношення $\frac{\Delta U_I}{U_{\text{CT}}}$

не більше за 0,01, тобто при зміщенні нуля операційного підсилювача порядком 10мВ напруга на стабілітроні повинна бути не менше 1 В. Таким чином перевагою такої схеми є повна відсутність впливу зміщення нуля інтегратора і компаратора. До недоліків схеми відноситься вплив затримки спрацювання компаратора, це практично унеможливорює використання такої схеми для роботи з ємнісними датчиками оскільки частота коливань знаходиться в діапазоні до (10-20 КГц) що при використанні в якості компаратора операційного підсилювача буде призводити до значної величини цієї похибки через те що перехідна характеристика в режимі великого сигналу буде мати фронти тривалості в декілька мікросекунд (через перезарядження частотно корегованих ємностей ОП) і відповідатиме похибкам до 10% [2].

На рис. 5, а представлена функціональна схема вимірювального перетворювача переміщення частоти на основі квадратичного перетворення $U \rightarrow f$, та ємнісного датчика переміщень з відкритим полем (рис. 5, б) вільного від перелічених вище недоліків.

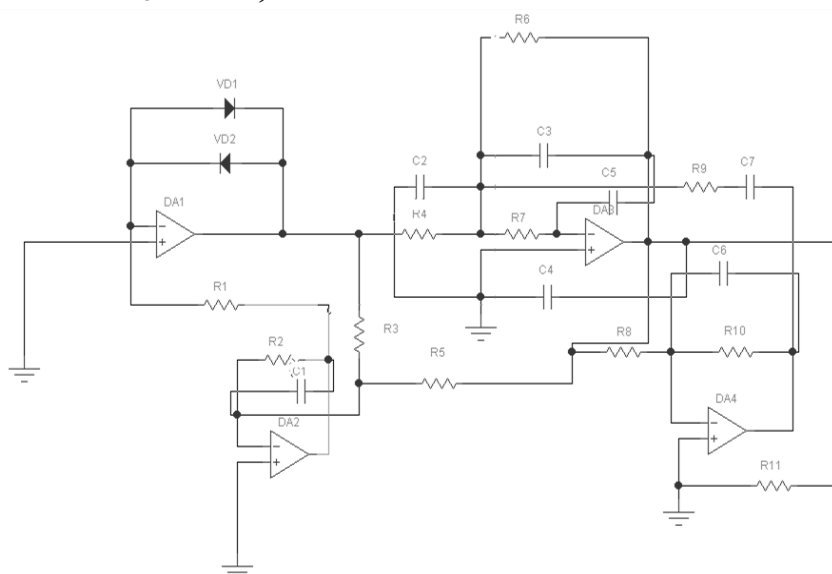


Рисунок 5, а – Функціональна схема вимірювального перетворювача

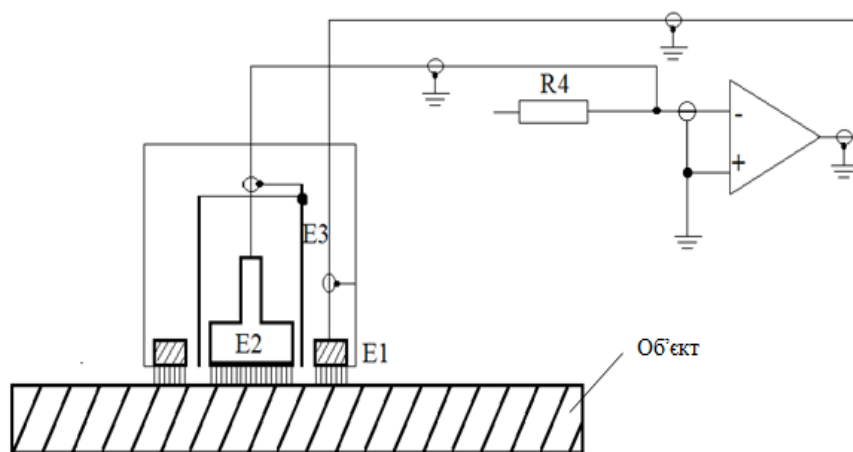


Рисунок 5, б – Функціональна схема ємнісного датчика

Завдяки тому, що амплітуда вхідної напруги інтегратора (DA 3) може становити 100...200 мВ в якості компаратора (DA 1) використовується інвертуючий підсилювач з нелінійним зворотнім зв'язком на діодах Шотки (VD1 – VD2). Це дозволяє зменшити приблизно на порядок (при використанні в якості DA1) операційного підсилювача типу ОРА604. Час затримки компаратора становить приблизно $\Delta t_g \approx 40$ нс, завдяки тому, що операційний підсилювач (DA1) працює в режимі малого сигналу. При цьому інвертуючий суматор (DA2) необхідний для збереження балансу фаз.

Для зменшення впливу паразитних ємностей під'єднувальних кабелів (C2, C4) використовується («від'ємна» ємність DA4, C7). Елементи R7, C5 необхідні для зриву паразитного збудження інтегратора (DA3) при збільшенні довжини під'єднувального кабелю.

Моделювання цього перетворювача в програмному середовищі Elektroniks Workbench дозволило оцінити вплив ємності під'єднувальних кабелів на похибку не лінійності функції перетворення, яка не перевищувала 0,005% при довжині під'єднувальних кабелів 10 м на частоту 1 кГц.

Висновки

Запропоноване рішення відноситься до області інформаційно-вимірювальної техніки і може бути застосовано і в системах вбудованих в різні технологічні процеси загальнотехнічного і спеціального призначення, в яких первинним перетворювачем є ємнісні датчики переміщень з відкритим полем. На відміну від існуючих типів, розроблено аналоговий інтерфейс, який забезпечує більш високі метрологічні характеристики при дистанційних вимірюваннях.

При цьому резидентна частина містить лише датчик.

Список використаних джерел

1. www.mikro-epsilon.com.
2. Аш, Дж. Датчики измерительных систем (Текст) : пер. с франц. В 2-х книгах. – М.: Мир, 1992. – Кн.1. – 480 с.
3. Мартяшин А. И. Преобразователи электрических параметров для систем контроля и измерения / А. И. Мартяшин, Э. К. Шахов, В. М. Шлядин. – М.: Энергия, 1976. – 392 с.

Надійшла до редакції 22.05.2016

Рецензент: д.т.н., професор Квасніков В. П., Національний авіаційний університет, м. Київ.

Д. П. Орнатский, д.т.н.

АНАЛОГОВЫЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ЕМКОСТИ ДАТЧИКА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ОТКРЫТЫМ ПОЛЕМ

Проведен аналитический обзор существующих методов измерения малых емкостей. Разработан аналоговый интерфейс для дистанционных измерений исходных параметров емкости датчиков перемещения с открытым полем с улучшенными метрологическими характеристиками.

Ключевые слова: емкостные датчики перемещений с открытым полем, паразитная емкость соединительных кабелей, погрешности.

D. P. Ornatsky, DSc

ANALOG INTERFACE FOR CAPACITY MOTION SENSOR OPEN FIELD

An analytical review of existing methods for measuring small capacitances is performed. Analogue interface for remote measurements of initial parameters capacitance displacement sensors with an open field with improved metrological characteristics is designed.

Keywords: capacitive displacement sensor with an open field, the parasitic capacitance connection cables, error.

УДК 681.5.08

В. П. Квасніков, д.т.н., А. О. Возняковський

Національний авіаційний університет, м. Київ

МЕТОДИКА БАЛАНСУВАННЯ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ МАЯТНИКОВОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА

Маятникові акселерометри широко застосовуються в космічних апаратах, авіації, автомобілебудуванні, ракетах та кораблях. Один з найважливіших елементів конструкції маятникових акселерометрів – підвіси, їх форма і розміри визначають важливий параметр приладів – чутливість. На чутливість підвісу впливає маятниковість та співпадання центру мас з віссю горизонту або вертикалі. В статті йде мова про методику балансування чутливого елемента.

Ключові слова: акселерометр маятниковий, чутливий елемент, балансування.

Вступ

Проблема точності маятникових акселерометрів для сучасних апаратів є одною із ключових при розробці високоточних пристроїв. Метод балансування за допомогою лазерного випарювання металу дозволяє випарювати з поверхні чутливого елемента надмалі маси, що дозволяє з високою точністю відбалансувати підвіс.

Аналіз останніх досягнень

В роботах [1, 2] наведена математична модель чутливого елемента на пружному підвісі. Виконано дослідження двох основних форм коливань.

В роботі [3] досліджено вплив деяких технологічних факторів на внутрішнє тертя при балансуванні. Отримані результати можуть бути використані на етапі проектування датчиків.

Розробка програм чисельного інтегрування рівнянь руху виконана автором у статті [4]. Отримані автором статті [4] результати зіставлялися з експериментальними даними і показали цілком задовільну збіжність.

Завданням, що ставилося при написанні статті, було розробка методики для обрахунку маси, необхідної для випарювання із поверхні чутливого елемента за допомогою лазерного променя, для отримання можливості виставки чутливого елемента в вісь горизонту чи вертикалі. Дана методика дозволяє зменшити похибку вимірювання прискорення.

Виклад основного матеріалу

Для отримання необхідних співвідношень, що визначають додаткову масу, на величину якої необхідно змінити в процесі юстування основний балансувальний вантаж, розглянемо акселерометр у двох положеннях чутливого елемента по відношенню до вертикалі місця – в положенні нижнього маятника і в положенні верхнього маятника.

При суміщенні базової площини приладу з площиною горизонту маятник займе положення як це показано на рис. 1.

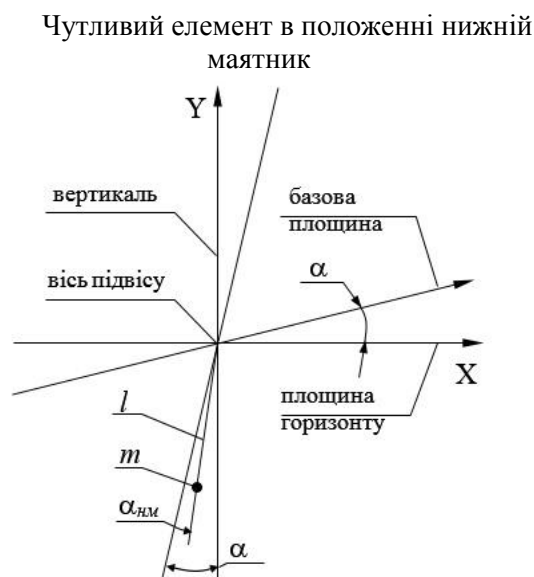


Рисунок 1 – Положення нижній маятник

Якщо у вихідному положенні момент, створюваний пружними перемичками $M_y = 0$, то після повороту для положення рівноваги можна записати:

$$M_M - M_y = 0, \quad (1)$$

де $M_M = M_0 \cdot g(\alpha - \alpha_{HM})$ (у припущенні, що кути α і α_{HM} – малі); $M_0 = m \cdot l$ – маятниковість ($M_{0\text{ розрах}} = 5,14 \cdot 10^{-6}$ кг·м); α – конструктивний кут, що визначає похибку акселерометра; α_{HM} – кут закрутки пружних перемичок, $g = 9,81$ м/с²; $M_y = K_y \alpha_{HM}$, K_y – жорсткість підвісу ($K_{y\text{ розрах}} = 4,133 \cdot 10^{-4}$ Нм/рад).

Із (1) для вихідного положення (до юстування) знаходимо:

$$\alpha_0 = \frac{K_y + ml \cdot g}{ml \cdot g} \cdot \alpha_{0,HM} = (\varepsilon + 1) \cdot \alpha_{0,HM}, \quad (2)$$

$$\text{де } \varepsilon = \frac{K_y \cdot \alpha}{ml \cdot g \cdot \sin \alpha}.$$

$$\text{Для малих кутів } \alpha: \varepsilon = \frac{K_y}{ml \cdot g}.$$

Звідси для розрахункових значень K_y і ml отримуємо $\varepsilon = 8,2$.

Для забезпечення $\alpha = 0$, в рівнянні (2) необхідно додати додатковий момент ΔM , підбором якого можна забезпечити виконання цієї умови:

$$M_M - M_y - \Delta M_{HM} = 0. \quad (3)$$

Вирішивши це рівняння відносно α , із врахуванням (3) отримуємо:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{K_y + ml \cdot g}{ml \cdot g} \cdot \alpha_{0,HM} - \frac{\Delta M_{HM}}{ml \cdot g} = \\ &= \alpha_0 - \frac{\Delta M_{HM}}{ml \cdot g}. \end{aligned} \quad (4)$$

Підставивши $\alpha = 0$, отримаємо вираз для визначення ΔM_{HM} :

$$\begin{aligned} \Delta M_{HM} &= (K_y + ml \cdot g) \cdot \alpha_{0,HM} \text{ або} \\ \Delta M_{HM} &= ml \cdot g \cdot (1 + \varepsilon) \cdot \alpha_{0,HM}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для того щоб після юстування $\alpha = 0$, необхідно:

$$\Delta M_{HM} = ml \cdot g \cdot \alpha_0 \text{ або}$$

$$\Delta M_{HM} = ml \cdot g \cdot (\varepsilon + 1) \cdot \alpha_{0,HM}. \quad (6)$$

Після суміщення базової площини з площиною горизонту, отримаємо:

$$M_M - M_y = 0, \quad (7)$$

$$\text{де } M_M = M_0 \cdot g(\alpha + \alpha_{\text{вм}}), \quad M_y = K_y \alpha_{\text{вм}},$$

$\alpha_{\text{вм}}$ – кут закрутки пружних.

При суміщенні базової площини приладу з площиною вертикалі маятник займе положення як це показано на рис. 2.

Чутливий елемент в положенні верхній маятник

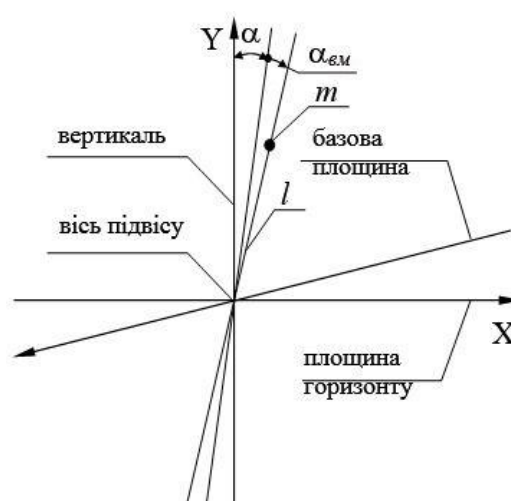


Рисунок 2 – Положення верхній маятник

Із (1) для вихідного положення (до юстування) знаходимо:

$$\alpha_0 = \frac{K_y - ml \cdot g}{ml \cdot g} \cdot \alpha_{0,\text{вм}} = (\varepsilon - 1) \cdot \alpha_{0,\text{вм}}. \quad (8)$$

Додамо додатковий момент $\Delta M_{\text{вм}}$ в (8) і запишемо вираз для α :

$$\alpha = \frac{K_y - ml \cdot g}{ml \cdot g} \cdot \alpha_{0,\text{вм}} - \frac{\Delta M_{\text{вм}}}{ml \cdot g} = \alpha_0 - \frac{\Delta M_{\text{вм}}}{ml \cdot g}. \quad (9)$$

Із рівняння (9), підставивши $\alpha = 0$, знайдемо $\Delta M_{\text{вм}}$:

$$\begin{aligned} \Delta M_{\text{вм}} &= (K_y - ml \cdot g) \cdot \alpha_{0,\text{вм}} \\ \text{або } \Delta U_{\text{вн}} &= m_{\text{ег}} (1 + \varepsilon) \alpha_{0,HM} \end{aligned} \quad (10)$$

Покажемо, що $\Delta M_{нм}$ і $\Delta M_{вм}$, розраховані за формулами (5) і (6), відповідно, тотожно рівні. З цієї метою знайдемо зв'язок $\alpha_{нм}$ і $\alpha_{вм}$.

Розділимо (9) на (10) і після нескладних операцій, отримаємо:

$$\alpha_{0,вм} = \frac{K_y + ml \cdot g}{K_y - ml \cdot g} \cdot \alpha_{0,нм} = \frac{\varepsilon + 1}{\varepsilon - 1} \cdot \alpha_{0,нм}. \quad (11)$$

Це співвідношення залишається справедливим для малих α_0 .

Підставимо (11) в (10), отримаємо:

$$\Delta M_{вм} \equiv (K_y + ml \cdot g) \cdot \alpha_{0,нм} \equiv \Delta M_{нм}, \quad (12)$$

що і потрібно було показати.

Підставивши в (12) розрахункові значення K_y і $ml \cdot g$, отримаємо:

$$\alpha_{0,вм} \cong 1,28 \cdot \alpha_{0,нм}. \quad (13)$$

Для визначення ΔM підставимо в (13) значення $ml \cdot g$ і ε , отримаємо:

$$\begin{aligned} \Delta M &= 5,01 \cdot 10^{-5} \cdot (1 + 8,2) \cdot \alpha_{0,нм} = \\ &= 4,61 \cdot 10^{-4} \alpha_{0,нм}. \end{aligned} \quad (14)$$

Помножимо і поділимо праву частину (12) і (14) на крутизну вихідної характеристики датчика моменту – $K_{\partial y}$, отримаємо значення ΔM , виражене через вихідний сигнал датчика моменту вимірювань, або при нижній ($U_{нм}$), або при верхній ($U_{вм}$) маятниковості:

$$\left. \begin{aligned} \Delta M &= \frac{ml \cdot g (\varepsilon + 1)}{K_{\partial y}} \cdot U_{нм} \\ \Delta M &= \frac{ml \cdot g (\varepsilon - 1)}{K_{\partial y}} \cdot U_{вм} \end{aligned} \right\}, \quad (15)$$

$$\text{де } U_{нм} = K_{\partial y} \alpha_{0,нм}, U_{вм} = K_{\partial y} \alpha_{0,вм}.$$

Формули справедливі, коли постійне зміщення нульового сигналу ДК $U_0 = 0$. Тому до визначення $U_{нм}$ і $U_{вм}$ необхідно провести виставку ДК з метою забезпечення $U_0 = 0 \pm \Delta U_0$, де ΔU_0 – допустиме значення похибки виставки.

Щоб виставити U_0 необхідно встановити ЧЕ так, щоб вісь його підвісу була близька до вертикалі місця. У цьому положенні сигнал ДК

можна представити у вигляді суми двох складових:

$$U_{\partial y, 0^\circ} = U_0 + \Delta U, \quad (16)$$

де ΔU – складова сигналу ДК визначається неспівпадінням осі підвісу ЧЕ з вертикаллю при установці його на оптичний ділильний головці; індекс 0° відповідає вихідному положенню шпинделя оптичної ділильної головки.

При розвороті шпинделя оптичної ділильної головки від вихідного положення на кут 180° значення вихідного сигналу буде визначатися виразом:

$$U_{\partial y, 180^\circ} = U_0 - \Delta U, \quad (17)$$

З рис. 3 а, б видно, що в положенні 0° і 180° ΔU дійсно повинні бути однакові по модулю і спрямовані в протилежні сторони.

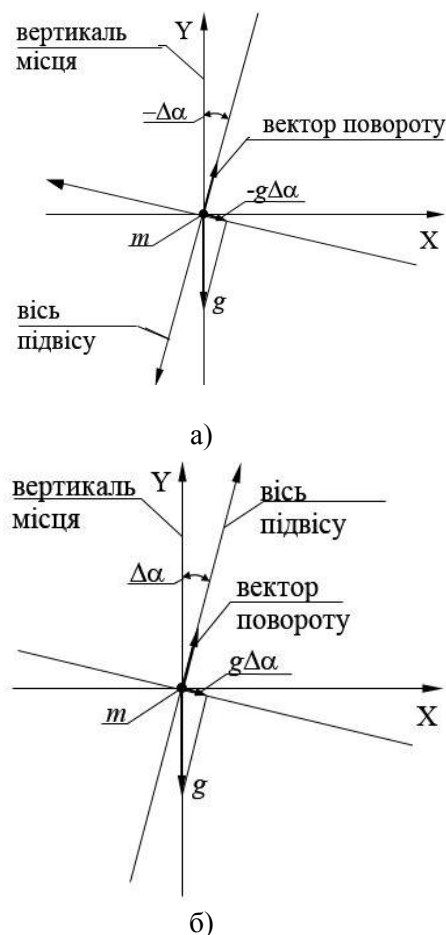


Рисунок 3 – Положення вектору:
а) $0^\circ (\Delta U = K_{\partial y} \Delta \alpha)$; б) $180^\circ (\Delta U = -K_{\partial y} \Delta \alpha)$

На основі (16) і (17) можливо записати:

$$U_0 = \frac{U_{\partial y, 0^\circ} + U_{\partial y, 180^\circ}}{2}. \quad (18)$$

Використовуючи формулу (18), визначимо додаткову масу, на яку потрібно збільшити або зменшити величину балансувального вантажу. Якщо позначити r радіус, на якому відбувається зміна маси, замість (18) можливо записати:

$$\left. \begin{aligned} \Delta m &= \frac{ml(\varepsilon + 1)}{r \cdot K_{\text{дв}}} \cdot U_{\text{нм}} \\ \Delta m &= \frac{ml(\varepsilon - 1)}{r \cdot K_{\text{дв}}} \cdot U_{\text{вм}} \end{aligned} \right\}, \quad (19)$$

де Δm – зазначена додаткова маса.

Враховуючи розкид вимірів при визначенні Δm для випадків нижнього і верхнього положення маятника, слід усереднити результати розрахунків за формулами (19). На підставі (19) можна записати формулу для обчислення $\Delta m_{\text{ср}}$:

$$\Delta m_{\text{ср}} = \frac{ml}{r \cdot K_{\text{дв}}} \left[\varepsilon \left(\frac{U_{\text{нм}} + U_{\text{вм}}}{2} \right) + \frac{U_{\text{нм}} - U_{\text{вм}}}{2} \right]. \quad (20)$$

Виключимо з формул для розрахунку Δm величину ε , що залежить від жорсткості підвісу K_y , експериментальне визначення якого вимагає розробки спеціальної методики.

Помноживши праву та ліву частини (19) на $K_{\text{дв}}$ отримаємо:

$$U_{\text{вн}} = \frac{\varepsilon + 1}{\varepsilon - 1} U_{\text{нм}}. \quad (21)$$

Якщо ввести позначення $v = \frac{U_{\text{вм}}}{U_{\text{нм}}}$, то

можна отримати наступне співвідношення, що зв'язує ε і v :

$$\varepsilon = \frac{v + 1}{v - 1}. \quad (22)$$

Підставимо (22) в (19) отримаємо формулу для визначення додаткової маси балансувального вантажу

$$\left. \begin{aligned} \Delta m &= \frac{2ml}{r \cdot K_{\text{дв}}} \cdot \frac{v}{v - 1} U_{\text{нм}} \\ \Delta m &= \frac{2ml}{r \cdot K_{\text{дв}}} \cdot \frac{1}{v - 1} U_{\text{вм}} \end{aligned} \right\}, \quad (23)$$

Для практичного здійснення розглянутого методу балансування чутливого елемента передбачається використовувати методику лазерного випаровування матеріалу з поверхні балансувального вантажу. Такий спосіб видалення матеріалу для деталей зі сталі на заводі добре відпрацьований. Для деталей із бронзи лазерне випаровування металу відбувається інакше, ніж у деталей із сталі.

Висновки

В даній роботі було розглянуто метод балансування чутливого елемента маятникового акселерометру в горизонтальній та вертикальній осі положення чутливого елемента.

Запропоновано метод та аналітичний розрахунок величини маси необхідної для видалення з поверхні задля балансування чутливого елемента.

Запропонована методика може використовуватись при проектуванні нових маятникових компенсаційних акселерометрів для подальшого застосування в інерціальних системах.

Список використаних джерел

1. Распопов В. Я. Датчики уровня систем управления железнодорожных машин / В. Я. Распопов, Ю. В. Иванов. – Тула: ТулГУ, 2000. – 174 с.
2. Распопов В. Я. Математическое моделирование акселерометра прямого измерения с монокристаллическим маятником / В. Я. Распопов // Датчики и системы. – 2000. – №3. – С. 22 – 26.
3. Обухов В. И. Технология интегральных измерительных преобразователей / В. И. Обухов. – Нижний Новгород: РИО НГТУ, 1996. – 150 с.
4. Возняковський А.О. Визначення жорсткісних параметрів пружинних амортизаторів / А. О. Возняковський, В. П. Квасніков // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2016. – №3/2 (29). – С. 8 – 12.

Надійшла до редакції 20.05.2016

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

В. П. Квасников, д.т.н., А. О. Возняковский

МЕТОДИКА БАЛАНСИРОВКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МАЯТНИКОВОГО
АКСЕЛЕРОМЕТРА

Маятниковые акселерометры широко применяются в космических аппаратах, авиации, автомобилестроении, ракетах и кораблях. Один из важнейших элементов конструкции маятниковых акселерометров – подвесы, их форма и размеры определяют важный параметр приборов – чувствительность. На чувствительность подвеса влияют маятниковость и совпадение центра масс с осью горизонта или вертикали. В статье идет речь о методике балансировки чувствительного элемента.

Ключевые слова: маятниковый акселерометр, чувствительный элемент, балансировка.

V. Kvasnikov, PhD, A. Vozniakovskiy

THE TECHNIQUE OF BALANCING THE SENSITIVE ELEMENT OF THE PENDULUM
ACCELEROMETER

Pendulum accelerometers are widely used in spacecraft, aircraft, automotive, missiles and ships. One of the most important elements of the design pendulum accelerometers – suspension, their shape and dimensions determine an important parameter of the instrument – sensitivity. On sensitivity affects pendular and coincidence the center of mass with horizontal or vertical axis. The article deals with the method of balancing the sensor element.

Keywords: pendulum accelerometer, the sensing element, balancing.

УДК 519.878.5

В.Ф. Оробей¹, д.т.н., А.Ф. Дашенко¹, д.т.н., Л. В. Коломиец², д.т.н., А. Н. Лимаренко¹, к.т.н.

¹Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

²Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

К РАСЧЕТУ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Приведены решения задачи Коши крутильных колебаний тонкостенных стержней, которые являются составляющими элементами несущей системы подъемно-транспортных машин, с учетом всех членов уравнения В.З. Власова. Показано применение этих решений для задач динамики крутильных колебаний тонкостенных стержневых систем по алгоритму метода граничных элементов. Результаты решений приведены в численной и визуальных формах.

Ключевые слова: подъемно-транспортные машины, Matlab, метод граничных элементов, тонкостенный стержень, численные методы, крутильные колебания.

Тонкостенные стержневые конструктивные элементы подъемно-транспортных машин (ПТМ) имеют высокую прочность и жесткость с малой металлоемкостью. В этой связи они получили большое практическое применение в различных балочных и рамных конструкциях несущей системы ПТМ. Весьма важно иметь надежную и, достоверную теорию определения параметров крутильных колебаний тонкостенных элементов несущей системы ПТМ, с учетом того, что именно кручение является определяющим при расчете прочности и жесткости тонкостенных конструкций открытого профиля.

Уравнение и параметры крутильных колебаний прямолинейного тонкостенного стержня открытого профиля с двумя осями симметрии имеют вид [1]

$$EI_{\omega} = \frac{\partial^4 \bar{\theta}(x,t)}{\partial x^4} - GI_{kp} \frac{\partial^2 \bar{\theta}(x,t)}{\partial x^2} - \frac{\partial^4 \bar{\theta}(x,t)}{\partial z^2 \partial t^2} + \rho(I_z + I_y) \frac{\partial^2 \bar{\theta}(x,t)}{\partial t^2} = \bar{m}_k(x,t),$$

где $GI_{kp} \bar{\theta}(x,t)$ – динамический угол поворота сечения стержня в масштабе

крутильной жесткости вокруг центра изгиба, совпадающего в этом случае с центром тяжести сечения;

$GI\bar{\theta}'(x,t) = \bar{M}(x,t)$ – динамический крутящий момент в сечении, возникающий от неравномерного распределения по толщине стенок касательных напряжений;

$EI_{\omega}\bar{\theta}''(x,t) = -\bar{B}_{\omega}(x,t)$ – динамический бимомент, вызванный нормальными напряжениями от деформации сечения;

$EI_{\omega}\bar{\theta}'''(x,t) = -\bar{M}_{\omega}(x,t)$ – динамический изгибно-крутящий момент, вызванный осевыми сдвигающими силами, действующими по касательной к дуге контура сечения;

$$\begin{aligned}\bar{L}(x,t) &= \bar{M}_{\omega}(x,t) + \bar{M}_{kp}(x,t) = \\ &= -EI_{\omega}\bar{\theta}'''(x,t) + GI_{kp}\bar{\theta}'(x,t)\end{aligned}$$

полный крутящий момент относительно центра изгиба.

В данном уравнении третье слагаемое учитывает инерционные силы от продольных секториальных перемещений точек стержня. Рассмотрим гармонические колебания, для которых можно применить метод Фурье разделения переменных следующим образом:

$$\bar{\theta}(x,t) = \theta(x) \sin \lambda t; \quad \bar{m}(x,t) = m(x) \sin \lambda t,$$

где λ – частота гармонических колебаний.

Если подставить последние соотношения в уравнение колебаний и выражения для параметров, то получим исходные данные для задачи Коши крутильных колебаний тонкостенного стержня с двумя осями симметрии в амплитудном состоянии:

$$\theta^{IV}(x) + 2r^2\theta''(x) - s^4\theta(x) = \frac{k^2 m(x)}{GI_{kp}};$$

$$GI\theta(x); GI\theta'(x); B_{\omega}(x) = -\frac{GI_{kp}}{k^2}\theta''(x);$$

$$M(x) = -\frac{GI}{k}\theta'''(x), \quad (1)$$

$$\text{где } r = \left(\frac{\rho\lambda}{E} - k \right) / 2; \quad s^4 = \frac{\rho\lambda^2(I_z + I_y)}{EI_{\omega}},$$

$$k = \frac{GI}{EI} \quad - \quad \text{изгибно-крутильная}$$

характеристика.

По стандартному алгоритму [2] решение задачи Коши крутильных колебаний представит следующим образом (рис. 1)

$GI_{kp}\theta(x)$
$GI_{kp}\theta'(x)$
$B_{\omega}(x)$
$M_{\omega}(x)$

 $=$

A_{11}	A_{12}	$-A_{13}$	$-A_{14}$
A_{21}	A_{11}	$-A_{23}$	$-A_{13}$
$-A_{31}$	$-A_{32}$	A_{33}	A_{34}
$-A_{41}$	$-A_{31}$	A_{43}	A_{33}

 $+$
 $\int_0^x$

$GI_{kp}\theta(0)$
$GI_{kp}\theta'(0)$
$B_{\omega}(0)$
$M_{\omega}(0)$

 $m(\xi)d\xi \quad (2)$

$A_{14}(x-\xi)$
$A_{13}(x-\xi)$
$-A_{34}(x-\xi)$
$-A_{33}(x-\xi)$

где фундаментальные ортонормированные функции имеют вид:

$$\begin{aligned}A_{11} &= \frac{\beta^2 \operatorname{ch} \alpha x + \alpha^2 \cos \beta x}{\alpha^2 + \beta^2}; \\ A_{12} &= \frac{\beta^3 \operatorname{sh} \alpha x + \alpha^3 \sin \beta x}{\alpha \beta (\alpha^2 + \beta^2)}; \\ A_{13} &= \frac{k^2 (\operatorname{ch} \alpha x - \cos \beta x)}{\alpha^2 + \beta^2}; \\ A_{14} &= \frac{k^2 (\operatorname{sh} \alpha x - \sin \beta x)}{\alpha \beta (\alpha^2 + \beta^2)}; \\ A_{21} &= \left(\frac{\alpha \beta}{k} \right)^2 \cdot A_{14}; \quad A_{23} = \frac{k^2 (\alpha \operatorname{sh} \alpha x + \beta \sin \beta x)}{\alpha^2 + \beta^2}; \\ A_{31} &= \frac{(\alpha \beta)^2}{k^4} \cdot A_{13}; \\ A_{32} &= \frac{\alpha \beta^2 \operatorname{sh} \alpha x - \alpha^2 \beta \sin \beta x}{k^2 (\alpha^2 + \beta^2)} = \frac{(\alpha \beta)^2}{k^4} \cdot A_{14}; \\ A_{33} &= \frac{\alpha^2 \operatorname{ch} \alpha x + \beta^2 \cos \beta x}{\alpha^2 + \beta^2}; \\ A_{34} &= \frac{\alpha \operatorname{sh} \alpha x + \beta \sin \beta x}{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{A_{23}}{k^2}; \\ A_{41} &= \left(\frac{\alpha \beta}{k} \right)^2 \frac{\alpha \operatorname{sh} \alpha x + \beta \sin \beta x}{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{(\alpha \beta)^2}{k^4} \cdot A_{23}; \\ A_{43} &= \frac{\alpha^3 \operatorname{sh} \alpha x - \beta^3 \sin \beta x}{\alpha^2 + \beta^2}.\end{aligned} \quad (3)$$

Элементы матрицы нагрузки запишутся следующим образом

$$\begin{aligned}
 B_{11}(x) &= B_{\omega} \cdot A_{13}(x-a_1)_+ + M_{kp} \cdot A_{14}(x-a_2)_+ + \\
 &+ m \cdot [A_{15}(x-a_3)_+ - A_{15}(x-a_4)_+]; \\
 B_{21}(x) &= B_{\omega} \cdot A_{23}(x-a_1)_+ + M_{kp} \cdot A_{24}(x-a_2)_+ + \\
 &+ m \cdot [A_{24}(x-a_3)_+ - A_{24}(x-a_4)_+]; \\
 B_{31}(x) &= B_{\omega} \cdot A_{33}(x-a_1)_+ + M_{kp} \cdot A_{34}(x-a_2)_+ + \\
 &+ m \cdot [A_{33}(x-a_3)_+ - A_{33}(x-a_4)_+] / k^2; \\
 B_{41}(x) &= B_{\omega} \cdot A_{43}(x-a_1)_+ + M_{kp} \cdot A_{44}(x-a_2)_+ + \\
 &+ m \cdot [A_{44}(x-a_3)_+ - A_{44}(x-a_4)_+]; \\
 A_{15} &= \frac{k^2 [\beta^2 (ch \alpha x - H(\alpha x)) + \alpha^2 (\cos \beta x - H(\beta x))]}{(\alpha \beta)^2 (\alpha^2 + \beta^2)},
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где B_{ω} – сосредоточенный бимомент;

M_{kp} – сосредоточенный крутящий момент;

m – распределенный крутящий момент.

Рассмотрим тонкостенные конструкции с двутавровым сечением.

Геометрические параметры сечения следующие:

$$I_z = 68479,33 \text{ см}^4; I_y = 4504,83 \text{ см}^4;$$

$$I_{\omega} = 3,91 \cdot 10^6 \text{ см}^6; I_{kp} = 39,792 \text{ см}^4; A = 118,0 \text{ см}^2.$$

Модули упругости

$$E = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; G = 0,4E = 0,8 \cdot 10^4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

$$\mathbf{X}_* = \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{matrix} \begin{matrix} GI_{kp} \theta_{(0)}^{0-1} = 0; M_{\omega}^{0-1}(l) \\ GI_{kp} \theta_{(0)}^{0-1} = 0; M_{\omega}^{1-2}(l) \\ B_{\omega}^{0-1}(0) \\ M_{\omega}^{0-1}(0) \\ GI_{kp} \theta_{(0)}^{1-2} = 0; GI_{kp} \theta_{(l)}^{2-3} \\ GI_{kp} \theta_{(0)}^{1-2} \\ B_{\omega}^{1-2}(0) \\ M_{\omega}^{1-2}(0) \\ GI_{kp} \theta_{(0)}^{2-3} = 0; GI_{kp} \theta_{(l)}^{2-3} \\ GI_{kp} \theta_{(0)}^{2-3} \\ B_{\omega}^{2-3}(0) \\ M_{\omega}^{2-3}(0) \end{matrix}; \mathbf{Y} = \begin{matrix} GI_{kp} \theta_{(l)}^{0-1} = 0 \\ GI_{kp} \theta_{(l)}^{0-1} = GI_{kp} \theta_{(0)}^{1-2} \\ B_{\omega}^{0-1}(l) = B_{\omega}^{1-2}(0) \\ M_{\omega}^{0-1}(l) \\ GI_{kp} \theta_{(l)}^{1-2} = 0 \\ GI_{kp} \theta_{(l)}^{1-2} = GI_{kp} \theta_{(0)}^{2-3} \\ B_{\omega}^{1-2}(l) = B_{\omega}^{2-3}(0) \\ M_{\omega}^{1-2}(l) \\ GI_{kp} \theta_{(l)}^{2-3} \\ GI_{kp} \theta_{(l)}^{2-3} \\ B_{\omega}^{2-3}(l) = 0 \\ L_{(l)}^{2-3} = 0 \rightarrow M_{\omega}^{2-3}(l) = -GI_{kp} \theta_{(l)}^{2-3} \end{matrix}; \mathbf{B} = \begin{matrix} -B_{11}^{0-1}(l) \\ -B_{21}^{0-1}(l) \\ B_{31}^{0-1}(l) \\ B_{41}^{0-1}(l) \\ -B_{11}^{1-2}(l) \\ -B_{21}^{1-2}(l) \\ B_{31}^{1-2}(l) \\ B_{41}^{1-2}(l) \\ -B_{11}^{2-3}(l) \\ -B_{21}^{2-3}(l) \\ B_{31}^{2-3}(l) \\ B_{41}^{2-3}(l) \end{matrix} \tag{5}$$

Из матрицы $\mathbf{X}_*$ видно, что в матрице $\mathbf{A}_*$ нужно обнулить 1, 2, 5 и 9 столбцы. На место нулевых строк матрицы $\mathbf{X}_*$ переносятся

Плотность материала стержня $\rho = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

длина стержня $l = 10 \text{ м}$. Изгибно-крутильная характеристика сечения $k = 0,20176 \text{ м}^{-1}$.

Уравнение крутильных колебаний (2) позволяет решать по алгоритму МГЭ задачи динамики упругих конструкций любой структуры, включая неразрезные балки и рамы. В качестве примера рассмотрим типовую конструкцию ПТМ в виде неразрезной балки по рис. 1.

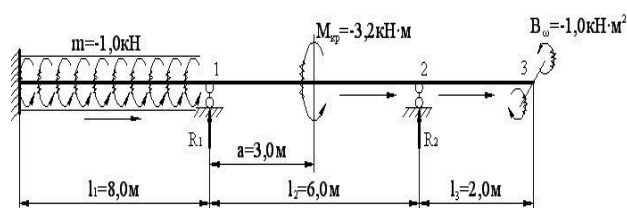


Рисунок 1 – Расчетная схема неразрезной балки

Балка имеет поперечное сечение двутавра и нагружена динамической крутящей нагрузкой. Разбиваем ее на три стержня, нумеруем узлы и стрелками указываем начало и конец каждого элемента.

Матрицы $\mathbf{X}_*$, $\mathbf{Y}$, $\mathbf{B}$ с учетом краевых условий, уравнений связи между граничными параметрами в узлах и заданной нагрузки запишутся следующим образом

независимые граничные параметры $M_{\omega}^{0-1}(l)$, $M_{\omega}^{1-2}(l)$, $GI_{kp} \theta^{2-3}(l)$ и $GI_{kp} \theta^{2-3}(l)$.

Зависимые параметры также переносятся в

матрицу $\mathbf{X}_*$ путем введения соответствующих компенсирующих элементов в матрицу $\mathbf{A}_*$.

Матричное уравнение МГЭ краевой задачи балки предстанет в виде матрицы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1			$-A_{13}$	$-A_{14}$									$M_{\omega}^{0-1}(l)$	$-B_{11}^{0-1}(l)$	
2			$-A_{23}$	$-A_{24}$		-1							$M_{\omega}^{1-2}(l)$	$-B_{21}^{0-1}(l)$	
3			A_{33}	A_{34}			-1						$B_{\omega}^{0-1}(0)$	$B_{31}^{0-1}(l)$	
4	-1		A_{43}	A_{44}									$M_{\omega}^{0-1}(0)$	$B_{41}^{0-1}(l)$	
5						A_{12}	$-A_{13}$	$-A_{14}$					$GI_{\kappa} \theta_{(l)}^{2-3}$	$-B_{11}^{1-2}(l)$	
6						A_{11}	$-A_{23}$	$-A_{13}$		-1			$GI_{\kappa} \theta_{(0)}^{2-3}$	$-B_{21}^{1-2}(l)$	(6)
7						$-A_{32}$	A_{33}	A_{34}			-1		$B_{\omega}^{1-2}(0)$	$B_{31}^{1-2}(l)$	
8		-1				$-A_{31}$	A_{43}	A_{33}					$M_{\omega}^{1-2}(0)$	$B_{41}^{1-2}(l)$	
9					-1					A_{12}	$-A_{13}$	$-A_{14}$	$GI_{\kappa} \theta_{(l)}^{2-3}$	$-B_{11}^{2-3}(l)$	
10									-1	A_{11}	$-A_{23}$	$-A_{13}$	$GI_{\kappa} \theta_{(0)}^{2-3}$	$-B_{21}^{2-3}(l)$	
11										$-A_{32}$	A_{33}	A_{34}	$B_{\omega}^{2-3}(0)$	$B_{31}^{2-3}(l)$	
12									1	$-A_{31}$	A_{43}	A_{33}	$M_{\omega}^{2-3}(0)$	$B_{41}^{2-3}(l)$	

Частоты балки (рис. 1) определяют из уравнения $|\mathbf{A}_*(\omega)|=0$, а формы собственных крутильных колебаний строятся по уравнению метода начальных параметров. Для краевой задачи в форме (6) оно примет вид

$$GI_{\kappa} \theta(x) = -X(1,3) \cdot A_{13}(x) - X(4,1) \cdot A_{14}(x) - R_1 \cdot A_{14}(x-l_1)_+ - R_2 \cdot A_{14}(x-l_1-l_2)_+; \quad (7)$$

где реакции опор определяются соотношениями

$$R_1 = -M_{\omega}^{0-1}(l) + M_{\omega}^{1-2}(0) = -X(1,1) + X(8,1);$$

$$R_2 = -M_{\omega}^{1-2}(l) + M_{\omega}^{2-3}(0) = -X(2,1) + X(12,1), \quad (8)$$

а символ «+» в фундаментальных функциях обозначает сплайн-функцию соответствующего аргумента [2]. Поиск частот собственных крутильных колебаний балки привел к следующим значениям:

$$\theta_1 = 3,0510 \text{ c}^{-1}; \theta_2 = 4,2510 \text{ c}^{-1}; \theta_3 = 7,6510 \text{ c}^{-1};$$

$$\theta_4 = 10,4510 \text{ c}^{-1}; \theta_5 = 16,6510 \text{ c}^{-1} \text{ и т. д.} \quad (9)$$

На (рис. 2) представлена первая форма колебаний при условии, что

$$GI_{\kappa} \theta^{2-3}(l) = X(5,1) = 1.$$

Определение напряженного и деформированного состояния балки при вынужденных колебаниях выполняется после решения уравнения (6).

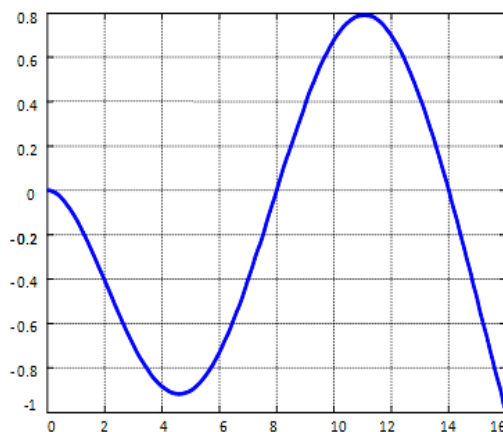


Рисунок 2 – Первая форма колебаний неразрезной балки

Граничные параметры вектора $\mathbf{X}_*$ и уравнения задачи Коши (2) позволяют решить данную задачу. Численные значения параметров кручения представлены в таблице.

Таблица – Численные значения параметров кручения неразрезной балки

Координата $x, \text{м}$	Угол закручивания $GI_{\varphi} \theta(x), \text{кНм}^2$	Крутящий момент $GI_{\varphi} \theta'(x), \text{кНм}$	Бимомент $B_{\omega}(x), \text{кНм}^2$	Изгибно-крутящий момент $M_{\omega}(x), \text{кНм}$	Полный крутящий момент $L(x), \text{кНм}$
0,0	0,0	0,0	6,33	-4,65	-4,65
1,0	-0,10	-0,17	2,28	-3,47	-3,64
2,0	-0,30	-0,20	-0,63	-2,36	-2,56
3,0	-0,47	-0,13	-2,44	-1,26	-1,40
4,0	-0,55	-0,02	-3,15	-0,16	-0,18
5,0	-0,50	0,11	-2,76	0,94	1,04
6,0	-0,35	0,19	-1,28	2,03	2,22
7,0	-0,15	0,20	1,30	3,13	3,33
8,0	0,0	0,07	5,0	-2,76	-2,69
9,0	-0,01	-0,08	2,32	-2,62	-2,69
10,0	-0,12	-0,12	-0,25	-2,55	-2,67
11,0	-0,22	-0,06	-2,79	0,66	0,60
12,0	-0,22	0,04	-2,13	0,66	0,70
13,0	-0,14	0,12	-1,47	0,66	0,78
14,0	0,0	0,16	-0,81	-0,01	0,15
15,0	0,18	0,2	-0,85	-0,08	0,12
16,0	0,39	0,23	-0,0	-0,23	-0,00

Из представленных результатов видно, что с помощью алгоритма МГЭ на базе решений задачи Коши можно весьма эффективно решать разнообразные задачи динамики крутильных колебаний тонкостенных конструкций, которые широко распространены в подъемно-транспортных машинах, различных объектах машиностроения, судостроения, авиастроения и строительства.

Список использованных источников

1. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни / В.З. Власов. – М.: Физматгиз, 1959. – 568 с.
2. Баженов В.А. Строительная механика. Применение метода граничных элементов / В.А. Баженов, А.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей. – Одесса: Астропринт, 2001. – 288 с.
3. Оробей В.Ф. Расчет арок на устойчивость методом граничных элементов /

В.Ф. Оробей, А.Ф. Дашенко, А.М. Лимаренко // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2009. – № 2. – С. 114-123.

4. Оробей В.Ф. Применение численных методов к расчету элементов судовых конструкций / В.Ф. Оробей, А.О. Немчук, А.М. Лимаренко // Вісник Одеського національного морського університету. – Одеса, 2009. – № 26. – С. 85-90.

5. Оробей В.Ф. Метод граничных элементов в задачах с неустойчивыми решениями / В.Ф. Оробей, А.Ф. Дашенко, А.М. Лимаренко // Праці Одеського політехнічного ун-ту. – Одеса, 2013. – Вип. 2(41). – С. 27-31.

Надійшла до редакції 13.03.2016

Рецензент: д.т.н., професор Боряк К.Ф., Одеська державна академія технічного регулювання та якості г. Одеса.

В. Ф. Оробей, д.т.н., О. Ф. Дашченко, д.т.н., Л. В. Коломієць, д.т.н., О. М. Лимаренко, к.т.н.

ДО РОЗРАХУНКУ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Наведено рішення задачі Коші крутильних коливань тонкостінних стержнів, які є складовими елементами несучої системи підйомно-транспортних машин, з урахуванням всіх членів рівняння В.З. Власова. Показано застосування цих рішень для задач динаміки крутильних коливань тонкостінних стержневих систем за алгоритмом методу граничних елементів. Результати рішень наведені в чисельній і візуальній формах.

Ключові слова: підйомно-транспортні машини, Matlab, метод граничних елементів, тонкостінний стержень, чисельні методи, крутильні коливання.

V. F. Orobie, DSc, A. F. Dashchenko, DSc, L. V. Kolomiec, DSc, A. M. Lymarenko, PhD

THE CALCULATION OF TORSIONAL VIBRATIONS OF CONSTRUCTIVE ELEMENTS LIFTING MACHINERY BOUNDARY ELEMENT METHOD

The solutions of the Cauchy problem of torsional vibrations of thin rods, which are the constituent elements of the support system handling machines, including all members of V. Z. Vlasov's equations are given. The application of these solutions for the problems of the dynamics of torsional vibrations of thin-walled rod systems on the boundary element method algorithm is shown. Results of solutions in numerical and visual forms are shown

Keywords: lifting machinery, Matlab, boundary element method, thin-wall bar, numerical methods, torsional vibrations.

УДК 666:691.32

И. П. Солоненко, к.т.н.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

В статье рассматривается влияние количества проведенных испытаний на прочность при сжатии для материалов дорожного покрытия из цементобетона на точность полученных результатов. Получены закономерности влияния количества испытаний образцов на показатели точности результатов измерений, таких как: среднее значение, среднеквадратичная ошибка, доверительный интервал погрешности измерения и величина относительной погрешности результатов измерений. Полученные результаты и рекомендации могут быть использованы при проведении научно-исследовательских работ, в инженерно-строительной практике, а также в учебном процессе.

Ключевые слова: испытание, автомобильные дороги, прочность при сжатии, цементобетон, точность измерения.

Введение

Развитие экономики Украины, не возможно без развития транспортной инфраструктуры. Она включает в себя строительство, ремонт и реконструкцию автомобильных дорог.

Наметившаяся концепция увеличения массы грузовых транспортных средств ведет к необходимости применения в дорожном строительстве материалов с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками [1].

Особенно это актуально для дорожного покрытия, на которое непосредственно воздействуют нагрузки, вызванные транспортным потоком.

Наиболее высокие эксплуатационные показатели имеют материалы дорожного покрытия, выполненные на основе цементобетона. Такие материалы обладают высокими физико-механическими, технологическими и экологическими качествами. Это обусловило широкое распространение

цементобетонных покрытий (ЦБП) в США, Канаде, Японии и других странах мира [2].

Программа развития автомобильных дорог в Украине [1] также предусматривает применение в дорожном строительстве покрытий из ЦБП, что говорит о важности и необходимости разработки и внедрения таких материалов. Успешное решение этой сложной научно-технической задачи требует обеспечения качества при производстве этого материала, что, в свою очередь, обуславливает контроль точности измерений.

Анализ последних исследований и публикаций

Решением научных проблем, связанных с применением ЦБП в транспортном строительстве, занимались в разные годы такие ученые как: Батраков В. Г. [3], Радовский Б. С. [4], Солодкий С. И. [5], Мишутин А. В. [6] и др. Ими на основе теоретических исследований и испытаний были разработаны современные методы определения показателей качества для ЦБП.

Одним из показателей качества дорожного покрытия для автомобильных дорог является прочность при сжатии (ДСТУ Б В.2.7-214:2009) [7]. К сожалению, в рассматриваемом нормативном документе отсутствуют четкие указания о необходимом количестве испытаний. Так в ДСТУ Б В.2.7-214:2009 даны рекомендации, которые заключаются только в том, что количество измерений на прочность при сжатии должно быть не менее трех.

Такое указание не конкретно и позволяет при выполнении измерений руководствоваться субъективным мнением и личным опытом исследователя. Это подтверждается значительным разбросом в характеристиках вяжущего применяемого при строительстве дорожного покрытия (рис. 1).

Как видно из приведенного сертификата качества для портландцемента значения прочности при сжатии на 28 суток лежит в пределах от 50 до 55 МПа. Следовательно, бетон, изготовленный с применением такого цемента, будет так же иметь существенные отклонения. Величина, которых будет превышать требования ДСТУ (0,1 МПа) [7].

Анализ практического выполнения таких измерений полученных при выполнении научных исследований [2] показал, что малое количество выполненных измерений ведет к значительному разбросу результатов и, как следствие, к возрастанию погрешности.

Уменьшение величины ошибки измерений физико-механических показателей материала для ЦБП может быть достигнуто за счет определения

рационального количества требуемых измерений с последующей их обработкой.

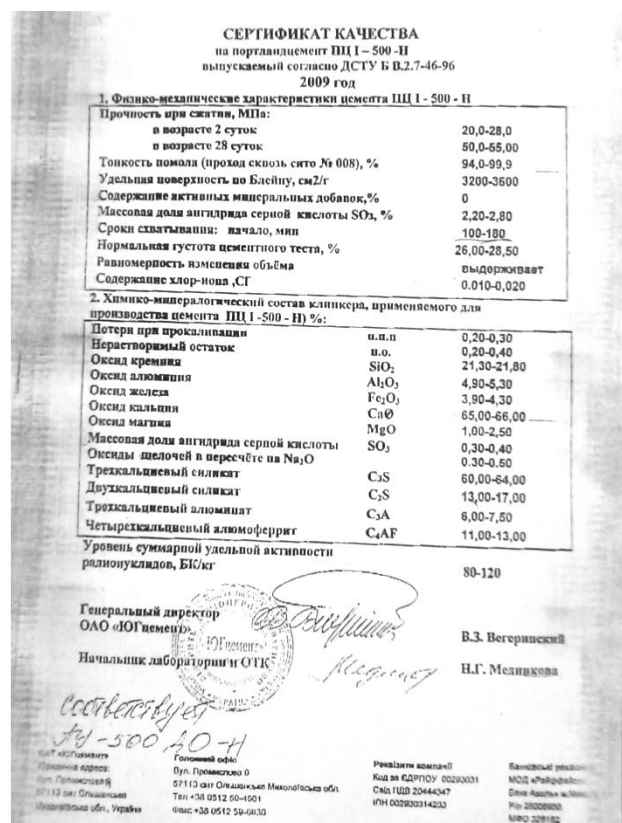


Рисунок 1 – Сертификат качества на портландцемент ПЦ – I – Н 500

Цель статьи

Опираясь на результаты, приведенные в работах [1-6], была сформулирована цель статьи: определение рационального количества измерений показателя прочности при сжатии для материала ЦБП, которое обеспечивало бы требуемую точность решения инженерно-технологических и научных задач.

Основной материал

Исследования точности измерений характеристик ЦБП проводились для показателя – прочность при сжатии ($R_{сж}$).

В качестве материала ЦБП подвергавшегося испытанию использовался состав, описанный в работе [2] (табл. 1).

Таблица 1 – Состав материала

№ п/п	Компонент	Количество
1	Портландцемент ПЦ – I – Н 500	470 кг/м ³
2	Щебень гранитный кубической формы (фр. 5-20)	1055 кг/м ³
3	Песок ($M_{кр}$ 2,5)	578 кг/м ³
4	Добавка Mapefluid № 200	1% от m Ц

Образцы изготавливались в лаборатории кафедры строительных материалов в Одесской государственной академии строительства и архитектуры. После изготовления и до испытания они выдерживались в условиях нормального твердения в течение 28 суток (при $t=20\pm 3^{\circ}\text{C}$, $W=95\pm 5\%$) согласно [7].

Каждому образцу, присваивался порядковый номер – $N_{\text{и}}$ (табл. 2). Перед проведением измерений проводилась рандомизация порядка испытания образцов ($N_{\text{р}}$) (табл. 2).

Измерения проводились в лаборатории завода ПАО «Хальдерберг Цемент Украина» на гидравлическом прессе TESTING PL 100, имеющем погрешность измерения $\delta = \pm 1\%$. Результаты испытаний представлены в табл. 2. Диаграмма распределения измерений значений $R_{\text{сж}}$ представлены на рисунке 2, для серий 3, 7, 10, 20, 50 и 100 испытаний.

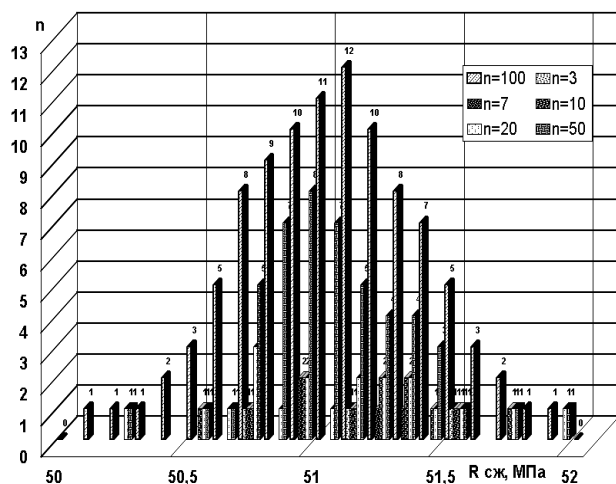


Рисунок 2 – Диаграмма распределения значений прочности при сжатии ($R_{\text{сж}}$) для 3-х, 7, 10, 20, 50 и 100 измерений

На рис. 3, представлены образцы до испытания. Вид образца после испытания, представлен на рис. 4.



Рисунок 3 – Образцы исследуемого материала на прочность при сжатии

Таблица 2 – Результаты испытаний

$N_{\text{и}}$	$N_{\text{р}}$	$R_{\text{сж}}$	$N_{\text{и}}$	$N_{\text{р}}$	$R_{\text{сж}}$
1	18	51,1	51	37	50,6
2	28	50,7	52	30	51,0
3	93	51,5	53	07	50,4
4	65	50,9	54	63	51,2
5	27	51,2	55	83	50,5
6	79	50,9	56	73	51,1
7	78	51,4	57	46	51,3
8	33	50,5	58	71	50,6
9	92	51,2	59	20	50,1
10	96	51,7	60	40	51,2
11	26	51,3	61	11	51,1
12	42	50,6	62	85	51,4
13	51	50,8	63	80	50,6
14	00	51,1	64	16	51,5
15	55	51,9	65	41	51,2
16	04	50,7	66	61	50,3
17	69	51,0	67	66	51,1
18	31	51,3	68	86	50,6
19	95	50,2	69	60	51,0
20	21	50,7	70	77	50,4
21	32	51,2	71	68	51,5
22	13	50,8	72	82	50,9
23	58	51,0	73	35	51,1
24	15	51,2	74	02	50,7
25	72	50,9	75	97	51,4
26	67	51,1	76	54	51,3
27	25	50,7	77	81	51,2
28	17	51,4	78	98	50,8
29	50	50,8	79	36	51,1
30	12	51,4	80	57	51,7
31	10	50,9	81	49	51,6
32	87	51,0	82	94	51,5
33	84	50,9	83	90	50,7
34	62	50,8	84	74	51,6
35	48	50,7	85	09	51,8
36	03	51,0	86	100	51,0
37	56	51,1	87	75	51,3
38	44	50,8	88	52	51,6
39	88	51,3	89	06	51,5
40	05	51,0	90	24	50,8
41	01	50,8	91	59	51,1
42	38	51,0	92	14	51,2
43	99	50,9	93	08	51,4
44	29	50,8	94	45	51,0
45	34	51,2	95	19	50,7
46	89	51,0	96	23	51,4
47	70	51,3	97	76	51,1
48	64	50,9	98	43	51,2
49	91	51,2	99	39	50,9
50	22	50,9	100	47	51,3



Рисунок 4 – Образец после испытания на прочность при сжатии

Полученные результаты обрабатывались в следующие последовательности:

- Вычислялось среднее значение из n измерений, согласно формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

- Погрешность отдельного измерения определялось по формуле:

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (2)$$

- Вычисление среднеквадратичной ошибки среднего арифметического, производилось из выражения:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

- Значение надежности (P) принималось: $P=0,95$.

- Определение коэффициента Стьюдента (t) для надежности $P = 0,95$ и числа произведенных измерений n , принималась по таблице, приведенной в работе [8].

- Доверительный интервал погрешность измерения, определялся по формуле

$$\Delta x = S_x \cdot t \quad (5)$$

- Полученный результат записывался в виде

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (6)$$

- Оценка относительной погрешности результатов измерений, вычислялась из выражения:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\% \quad (7)$$

Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты обработки данных измерений $R_{сж}$

№ п/п	$\bar{x}$	S_x	Δx	ε
3	51,37	0,667	2,870	5,893
7	50,93	0,565	1,382	2,781
10	51,25	0,448	1,013	2,362
20	51,10	0,338	0,707	1,419
50	51,11	0,175	0,352	0,704
100	51,08	0,124	0,245	0,490

Выводы

Как показали проведенные исследования, с повышением количества измерений растет точность результата, так при увеличении с 3 до 7 повышается примерно в два раза, с 3 до 10 в 2,5 раз, а с 3 до 20 в 2,7 раза. Дальнейшее измерение не приводят к существенному увеличению точности измерений.

Таким образом, можно сделать вывод, что для получения результата с отклонением среднего значения ε не превышающим 3 % количество выполняемых испытаний должно быть не менее 7.

Для получения $\varepsilon=1,5\%$, требуемое количество испытаний не менее 20, а если необходимо обеспечить $\varepsilon=1\%$, то количество испытаний требуется увеличить до 20. Дальнейший рост количества испытаний не значительно увеличивает точность измерений. Так для 50 наблюдений $\varepsilon=0,7\%$, а для 100 соответственно $\varepsilon=0,5\%$. Такое большое количество испытаний требует значительных материальных затрат, времени и не всегда целесообразно.

Список использованных источников

1. Сколько в Украине будет стоить ремонт дорог, и какие трассы улучшат. По материалам: Сегодня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: domik.ua. (Доступно: 02.02. 2016 г.).
2. Солоненко И. П. Структура и свойства модифицированных цементобетонных покрытий для автомобильных дорог: дис. на соискание ученой степени к-та тех. наук: спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / И. П. Солоненко // – Одесса: 2015. – 155 с.
3. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд., [перераб. и доп.] / Батраков В. Г. – М., 1998. – 768 с.

4. Радовский Б. С. Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США: новые тенденции (организация и направления исследований в области цементобетонных покрытий) / Б. С. Радовский // «Дорожная техника». – Санкт-Петербург, 2010. – № 10. – С. 62 – 70.

5. Солодкий С. Й. Зміна тріщиностійкості дорожнього бетону в експлуатаційній стадії / С. Й. Солодкий, С. М. Толмачев // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2014. – № 55. – С. 230 – 235.

6. Дворкін Л. Й. Гідротехнічні та дорожні бетони / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін, В. С. Дорофєєв, А. В. Мішутін // Навчальний посібник. – Одеса: Евен, 2012. – 214 с.

7. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2009-12-22]. – К: Держкоммістобудування України, 2009. – 35 с.

8. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. 2-е изд. – М.: Наука, 1976. – 280 с.

Поступила в редакцію 16.05.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Братченко Г. Д., Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса.

І. П. Солоненко, к.т.н.

ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ З ЦЕМЕНТОБЕТОНУ

У статті розглядався вплив кількості проведених випробувань на міцність при стисненні для матеріалів дорожнього покриття з цементобетону, на точність отриманих результатів. Отримано закономірності впливу кількості випробувань зразків на показники точності результатів вимірювань, таких як: середнє значення, середньоквадратична помилка, довірчий інтервал похибок та величина відносної похибки результатів вимірювань. Отримані результати та рекомендації можуть бути використані при проведенні науково-дослідних робіт, у інженерно-будівельній практиці, а також у навчальному процесі.

Ключові слова: випробування, автомобільні дороги, міцність при стиску, цементобетон, точність вимірювання.

I. Solonenko, PhD

MATERIALS TESTING WITH CEMENT-CONCRETE PAVEMENT

The paper examines the impact of the number of tests carried out on the compressive strength of the material for the pavement of cement concrete, the accuracy of the results. Regularities of influence of the number of samples to test the accuracy of performance measurements, such as mean, standard error, confidence interval measurement error and the value of the relative error of the measurement results. The results and recommendations can be used for carrying out research works, engineering construction practice, as well as in the educational process.

Keywords: testing, roads, compressive strength, cement concrete, the measurement accuracy.

РОЗДІЛ 3

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

Г. Г. Смаглюк, Г. Д. Братченко, д.т.н., І. В. Папач

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ОЦІНКА ЯКОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ В УМОВАХ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ

Методом імітаційного моделювання оцінюється якість розпізнавання типів повітряних цілей за їх радіолокаційними дальнісними портретами в умовах впливу дестабілізуючих факторів: шумових завад; фазових гармонічних спотворень закону модуляції широкосмугового зондувального сигналу; не урахування широкосмуговості антенної решітки. Результати моделювання отримані для носових та бічних ракурсів спостереження цілей. Якість розпізнавання повітряних цілей на бічних ракурсах значно погіршується, що робить доцільним застосування методу інверсного синтезування апертури для отримання двовимірних і тривимірних радіозображень.

Ключові слова: радіолокаційний дальнісний портрет, дестабілізуючий фактор, антенна решітка, широкосмуговий сигнал, радіолокаційне розпізнавання, інверсне синтезування апертури.

Вступ

У випадку відсутності інформації радіолокаційного розпізнавання («свій-чужий») може бути використана додаткова інформація про належність об'єкта до певного класу (типу), яка отримується методами радіолокаційного розпізнавання на основі сукупності сигнальних, траєкторних та поведінкових ознак [1, 2]. Сигнальні ознаки розпізнавання несуть інформацію про рухомі елементи цілі та її форму. Якість розпізнавання при цьому залежить від стійкості ознак в умовах впливу різноманітних дестабілізуючих факторів, що потребує додаткового дослідження.

Аналіз публікацій

Одними з найбільш інформативних є сигнальні ознаки, які передають інформацію про форму об'єкта, наприклад, радіолокаційний дальнісний портрет (РЛДП), двовимірні та тривимірні радіозображення (РЗ) [2-5]. Для отримання таких ознак застосовуються широкосмугові сигнали (ШСС), які забезпечують розділення елементів цілей за дальністю в напрямку лінії візування. Серед дестабілізуючих факторів, які впливають на форму РЛДП та РЗ, можна виділити: зміни ракурсу спостереження, випадкові зміни орієнтації цілі та фактори, які спотворюють сигнал в процесі його формування і обробки [6]. Вплив ракурсу спостереження та випадкових змін руху цілей та відношення сигнал-шум на якість розпізнавання повітряних цілей за їх РЛДП та частково досліджено в [2, 3, 7, 8]. Вплив спотворень зондувального сигналу, не урахування широкосмуговості антенної решітки (АР), не ідентичності основного та каналів АР адаптивної радіотехнічної системи (РТС) в умовах впливу шумових завад було

розглянуто в [9, 10], де аналізувалась залежність зниження рівня взаємної кореляції РЛДП з еталонними в залежності від ступеня спотворень сигналу. **Метою статті** є оцінка впливу цих спотворень на якість розпізнавання повітряних цілей на носових і бічних ракурсах спостереження в РТС з АР.

Викладання основного матеріалу

Залежності повної ймовірності хибного розпізнавання повітряних цілей для різних алфавітів класів від відношення сигнал-шум при широкосмуговому зондуванні наведені, наприклад, в [2, 3]. В [3] також представлені подібні залежності для інформативності алфавітів класів. Всі вони отримані методом математичного моделювання розпізнавання цілей. Ґрунтуючись на представлених в [10] теоретичних розрахунках і залежностях в [2, 3], існує можливість прогнозувати якість розпізнавання повітряних цілей в умовах впливу зовнішніх шумових завад і внутрішньосистемних дестабілізуючих факторів в адаптивній РТС в сталому режимі. В той же час, такий підхід не може бути використаний у разі спотворень зондувального сигналу (ЗС), а також інших факторів, які ведуть до спотворень форми РЛДП, наприклад, нехтування широкосмуговістю АР.

З урахуванням складності задачі теоретичної оцінки впливу дестабілізуючих факторів на якість розпізнавання повітряних цілей пропонується застосовувати метод імітаційного моделювання. Структурна схема математичної моделі для дослідження впливу дестабілізуючих факторів на якість розпізнавання об'єктів в РЛС з адаптивною АР була представлена в [9].

Імітування розпізнавання виконувалось для шести типів цілей: великого розміру (літаки Ту-

16, B-52, B-1B), середнього розміру (літаки МіГ-29, F-15) та малого розміру (крилата ракета ALCM), електродинамічні моделі яких виконані за методом простіших компонентів [2, 3]. Використовувалась єдина ознака розпізнавання – кореляційна сума РЛДП з еталонними портретами [2]. Еталони були отримані за результатами індивідуалізованого навчання для кожної цілі в секторах ракурсів – $10^\circ \dots +10^\circ$ та $80^\circ \dots 100^\circ$ за методикою, яка описана в [3]. Навчальні вибірки з 1100 портретів для кожного типу цілі отримувались за допомогою програми Radar Target Backscattering Simulation (RTBS) [11] при наступних параметрах руху цілі: висота – 8 км, дальність до цілі – 100 км, швидкість цілі (800 – 1100 км/год), за умов впливу на цілі в процесі польоту турбулентності ясної погоди. Окремі технічні характеристики РЛС: довжина хвилі – 13 см; зондувальний лінійно-частотно-модульований (ЛЧМ) радіоімпульс з прямокутною обвідною (тривалість імпульсу 13,65 мкс, девіація частоти 150 МГц); обробка сигналу включала узгоджену фільтрацію та додаткове застосування фільтра Хеммінга. З метою отримання еталонних РЛДП виконувалось індивідуалізоване навчання за методикою описаною в [3]. За результатами навчання при середньому відношенні сигнал-шум 30 дБ на один портрет для кожного з типів цілей отримано по 5 еталонних РЛДП. Для цього на першій ітерації знаходилась кореляційна сума кожного з портретів навчальної вибірки з прямокутними портретами різної довжини, нормованими за енергією до одиниці. На наступній ітерації застосовувались нормовані усереднені портрети отримані за сукупностями РЛДП, які найкращим чином корелювали з відповідними прямокутними еталонами. Кількість ітерацій в процедурі навчання дорівнювала трьом. Отримані еталонні портрети в подальшому застосовувались для розпізнавання тих же типів цілей, але за портретами отриманими в дещо відмінних умовах польоту цілей: турбулентність купчастих хмар; висота польоту змінювалась в межах 2 км порівняно з умовами навчання; політ цілей задавався неперервними прямолінійними траєкторіями, протягом польоту ракурс цілі змінювався в межах $10^\circ \dots 15^\circ$. Розпізнавання цілей виконується за максимумом кореляційної суми з еталонами.

Якість розпізнавання оцінювалась за повною ймовірністю хибного розпізнавання [2]

$$P_{\text{хиб}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (1 - P_{ii}),$$

де M – кількість класів (типів) цілей, P_{ii} – умовна ймовірність вірного розпізнавання цілі i -го класу.

Для оцінки повної ймовірності хибного розпізнавання кількість РЛДП складала $N = 1100$. Вони імітувались за час польоту цілі 110 с відповідно на носових ($-10^\circ \dots +10^\circ$) та бічних ($80^\circ \dots 100^\circ$) ракурсах спостереження. Середньоквадратичне відхилення (СКВ) оцінки $\hat{P}_{\text{хиб}}$ при кількості незалежних прогонів моделі N для кожного типу цілі складе [12]

$$\hat{\sigma}_{P_{\text{хиб}}} = \frac{1}{M} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^M \hat{P}_{ii} (1 - \hat{P}_{ii})},$$

де $\hat{P}_{ii}$ – оцінка умовної ймовірності вірного розпізнавання цілі i -го класу (частість події).

Для вказаних вище умов спостереження в роботі окремо досліджується вплив на якість розпізнавання цілей наступних дестабілізуючих факторів: шумових завад (суміші власних шумів приймального тракту та не скомпенсованих зовнішніх шумових завад), як це пропонувалось в [10] стосовно адаптивної РТС з АР і основним каналом за умов порушення ідентичності каналів; фазових гармонічних спотворень закону модуляції ЗС; не урахування широкосмуговості адаптивної АР при повороті променя на значний кут від нормалі. На рис. 1 представлені залежності повної ймовірності хибного розпізнавання типів цілей на носових та бічних ракурсах спостереження, які є подібними до представлених в [2, 3].

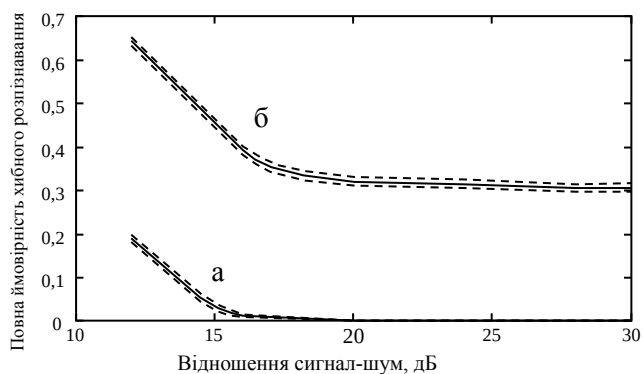


Рисунок 1 – Залежність повної ймовірності хибного розпізнавання цілей за їх РЛДП від відношення сигнал-шум: а) на носових ракурсах; б) на бічних ракурсах

Пунктирними лініями на графіках показано довірчий інтервал $(-2\hat{\sigma}_{P_{\text{хиб}}}, 2\hat{\sigma}_{P_{\text{хиб}}})$, в який оцінка $\hat{P}_{\text{хиб}}$ потрапляє (у припущенні нормального закону її розподілу) з ймовірністю 0,95. При

зменшенні відношення сигнал-шум спостерігається зниження ймовірності хибного розпізнавання. Ймовірність хибних рішень на бічних ракурсах для повітряних цілей є значно більшою, ніж на носових за однакових умов навчання та розпізнавання.

Порівняння цих залежностей з графіками зміни коефіцієнтів взаємної кореляції окремих РЛДП літаків ТУ-16, В1-В та МіГ-29 з неспотвореними портретами цих типів цілей на носових ракурсах, наведеними в [10], дозволяє дати якісну оцінку відповідності повної ймовірності хибного розпізнавання певному рівню взаємної кореляції портретів.

Подальше дослідження пов'язане з оцінкою впливу паразитної фазової модуляції при генеруванні ЛЧМ радіоімпульсу. На рис. 2 наведені залежності повної ймовірності хибного розпізнавання при спотворенні закону модуляції паразитною гармонічною фазовою модуляцією зі змінним індексом $M_\phi=0...2$. Середнє відношення сигнал-шум на один портрет при цьому задавалось рівним 20 дБ. При збільшенні індексу фазової модуляції та, відповідно, ступеня спотворення форми сигналу суттєво зростає ймовірність прийняття хибних рішень.

Оцінка впливу не врахування широкопasmовості АР розглянута для умов моделювання, наведених в [9], коли кількість елементів лінійної решітки дорівнювала 50, а коефіцієнт широкопasmовості складав 1,84. Порівнювались повні ймовірності хибних рішень для випадків повороту променя АР відносно нормалі на $\theta=0^\circ$ та $\theta=85^\circ$. Відношення сигнал-шум на виході АР при $\theta=0^\circ$ складало 20 дБ, ймовірність хибного рішення про тип цілі складала 0,0002 (єдина помилка для цілі типу МіГ-29). При повороті променя АР на кут $\theta=85^\circ$, якщо не враховувати відмінність затримки обвідних відбитих сигналів в каналах АР, повна ймовірність хибних рішень зростає до 0,048.

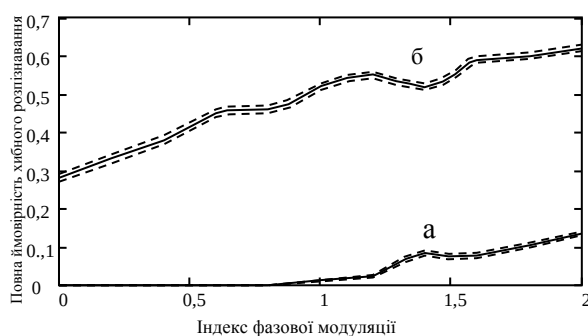


Рисунок 2 – Залежність повної ймовірності хибного розпізнавання цілей за їх РЛДП від рівня фазових гармонічних спотворень ЗС: а) на носових ракурсах; б) на бічних ракурсах

Висновки

Отримані залежності повної ймовірності хибного розпізнавання ілюструють можливість прогнозування ступеня зниження якості розпізнавання типів повітряних цілей в залежності від ракурсу спостереження та впливу дестабілізуючих факторів. За результатами моделювання за розглянутих вище умов повна ймовірність хибного розпізнавання зростає: при зниженні відношення сигнал-шум згідно з представленими залежностями, що може бути викликано зниженням ефективності придушення зовнішніх шумових завад в РТС з адаптивною АР; при гармонічному фазовому спотворенні зондувального ЛЧМ сигналу від 0,012 до 0,13 на носових ракурсах та від 0,25 до 0,6 – на бічних ракурсах при зміні індексу паразитної гармонічної фазової модуляції M_ϕ від 0 до 2; при повороті променя АР від $\theta=0^\circ$ до $\theta=85^\circ$ від 0,0002 до 0,048, якщо не враховується широкопasmовість АР.

Якість розпізнавання цілей за їх РЛДП на бічних ракурсах є значно нижчою, ніж на носових ракурсах. Це викликано можливим впливом ефекту затінювання частини повітряної цілі, значного рівня дзеркально відбитого сигналу від фюзеляжу цілі, тому необхідно додатково застосовувати й інші ознаки розпізнавання. Для покращення якості розпізнавання на бічних ракурсах також доцільно застосовувати двовимірні і тривимірні радіозображення, які можуть бути отримані методом інверсного синтезування апертури. В умовах впливу різного роду дестабілізуючих факторів це є доволі складною задачею, що потребує подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А. Л. Горелик, Ю. Л. Барабаш, О. В. Кривошеев, С. С. Эпштейн; Под ред. А. Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
2. Ширман Я. Д. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование / Я. Д. Ширман, С. А. Горшков, С. П. Лещенко, Г. Д. Братченко, В. М. Орленко // Зарубежная радиоэлектроника: успехи современной радиоэлектроники. – 1996. – № 11. – С. 3-63.
3. Computer Simulation of Aerial Target Radar Scattering, Recognition, Detection and Tracking / Y. D. Shirman, S. A. Gorshkov, S. P. Leshchenko, V. M. Orlenko, S. Y. Sedyshev, O. I. Sukharevskiy / Y.D. Shirman editor. – Boston – London: Artech house, 2002. – 294 p.

4. Chen Victor C. Inverse Synthetic Aperture Radar Imaging: Principles, Algorithms, and Applications / Victor C. Chen, Marco Martorella. – SciTech Publishing, 2014. – 304 p.
5. C. Liu, X. Gao, W. Jiang, and X. Li. Interferometric ISAR Three-dimensional Imaging using one Antenna. – Progress In Electromagnetics Research M, 2011. – Vol. 21. – P. 33-45.
6. Братченко Г. Д. Классификация дестабилизирующих воздействий в процессе радио-локационного распознавания / Г. Д. Братченко, В. В. Скачков // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків, 2010. – Вип. 4(26). – С. 64-67.
7. Братченко Г. Д. Математичне моделювання розпізнавання повітряних цілей по радіолокаційних портретах на бічних ракурсах / Г. Д. Братченко, О. О. Бондаренко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків, 2007. – Вип. 2(14). – С. 49 – 51.
8. Братченко Г. Д. Математичне моделювання розпізнавання повітряних цілей по двовимірних радіозображеннях на бічних ракурсах / Г. Д. Братченко // Системи обробки інформації. – Харків, 2008. – Вип. 3(70). – С. 18-21.
9. Братченко Г. Д. Моделирование влияния дестабилизирующих факторов на форму дальних портретов в радиолокационных системах с антенными решетками / Г. Д. Братченко, Г. Г. Смаглюк // Збірник наукових праць ОДАТРЯ. – Одеса, 2015. – Вип. 1(6). – С. 119–125.
10. Скачков В. В. Оценка влияния внутрисистемных возмущений на качество решения информационных задач в адаптивной радиотехнической системе / В. В. Скачков, Г. Д. Братченко, Г. Г. Смаглюк, Г. С. Бондаренко // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 2015. – Вип. 2(7). – С. 131-134.
11. Radar Target Backscattering Simulation Software and User's Manual / Gorshkov S. A., Leshchenko S. P., Orlenko V. M., Sedyshev S. Yu, Shirman Y. D. – Boston–London: Artech House, 2002. – 71 p.
12. Моделирование в радиолокации / А. И. Леонов, В. Н. Васенев, Ю. И. Гайдуков и др.; под ред. А. И. Леонова. – М.: Сов. радио, 1979. – 264 с.

Надійшла до редакції 22.05.2016

Рецензент: д.т.н., доцент Боряк К. Ф., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Г. Г. Смаглюк, Г. Д. Братченко, д.т.н., **И. В. Папач**

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОПОЗНАВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Методом имитационного моделирования оценивается качество распознавания типов воздушных целей по их радиолокационным дальностным портретам в условиях воздействия дестабилизирующих факторов: шумовых помех; фазовых гармонических искажений закона модуляции широкополосного зондирующего сигнала; не учета широкополосности антенной решетки. Результаты моделирования получены для носовых и боковых ракурсов наблюдения целей. Качество распознавания воздушных целей на боковых ракурсах значительно ухудшается, что делает целесообразным применение метода инверсной синтезированной апертуры для получения двумерных и трехмерных радиоизображений.

Ключевые слова: радиолокационный дальностный портрет, дестабилизирующий фактор, антенная решетка, широкополосный сигнал, радиолокационное распознавание, инверсное синтезирование апертуры.

G. G. Smagluk, H. D. Bratchenko, DSc, **I. V. Papach**

EVALUATION OF AIR TARGETS QUALITY RADAR RECOGNITION IN CONDITIONS OF DESTABILIZING FACTORS

The quality of air target type recognition by their radar profiles under the influence of destabilizing factors (noise jamming, harmonic distortion of phase modulation of broadband probing signal, not taking into account bandwidth of antenna array) by simulation modeling is estimated. The simulation results for target surveillance on nose and side angles are obtained. Quality of recognition of air targets on side angles much worse and using method of inverse aperture synthesis to produce two-dimensional and three-dimensional radar images is appropriate.

Keywords: radar profile, destabilizing factor, antenna array, broadband signal, radar recognition, inverse synthetic aperture.

А. П. Стахова

Національний авіаційний університет, м. Київ

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕТОДОМ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Розглянута структура побудови акусто-емісійного комплексу на базі технології Labcard, яка направлена на створення спеціалізованих інформаційно-вимірювальних систем з гнучкою системою управління, обробки, аналізу інформації і представлення її результатів.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, метод акустичної емісії, вузол тертя, діагностика.

Вступ

При дослідженні та контролі вузлів тертя використовується широкий спектр методів, що дозволяють визначити основні характеристики, як поверхонь, що знаходяться в контакті, так і самого процесу тертя. До таких методів відносяться металографічні методи, методи визначення коефіцієнту тертя, контактних навантажень, моменту тертя, сили тертя, інтенсивності зношування та інші. З точки зору діагностики стану вузлів тертя, необхідний розвиток методів, що несуть інформацію про фізичні процеси, які протікають на субмікро- та мікрорівнях.

Одним з перспективних методів, який дає інформацію про кінетику процесів, що відбуваються в поверхневих шарах матеріалів вузлів тертя в умовах динамічної контактної взаємодії, є метод акустичної емісії (АЕ). Цей метод дозволяє в реальному часі стежити за характером утворення та розвитку дефектів у матеріалі всього об'єкта в цілому без потреби демонтажу окремих частин конструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1, 2] була розглянута концепція і структура побудови систем для дослідження процесів зношування матеріалів і діагностики вузлів тертя при різних видах випробувань з використанням методу акустичної емісії. Було показано, що при наявності єдиних пристроїв внутрішньої частини систем і пріоритетності програмного забезпечення це дозволяє реалізувати в єдиній системі процедури короткочасних і довготривалих випробувань.

Постановка завдання. В статті буде розглянута структура акусто-емісійного комплексу, який направлений на створення спеціалізованих інформаційно-вимірювальних систем для діагностування вузлів тертя з гнучкою системою управління, обробки, аналізу інформації та представлення її

результатів.

Виклад основного матеріалу. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження при динамічних випробуваннях на тертя показали [3, 4], що сигнали АЕ можна представити у вигляді безперервного сигналу. Тому процеси, що відбуваються, під час випромінювання сигналів АЕ формують вимоги до апаратних засобів та методів обробки інформації про сигнали АЕ.

Акусто-емісійні системи, які базуються на засобах обчислювальної техніки, дозволяють використати максимальні можливості сучасних інструментальних засобів, направлених на створення вимірювальних лабораторій. До таких засобів відносяться засоби технології Labcard, що є потужними інструментальними засобами. Технологія Labcard дає можливість створювати системи з безліччю елементів, таких як перетворювачі сигналів, лічильники, таймери і багато що інше, які дозволять при підключенні таких портів введення-виводу (ПВВ) до персонального комп'ютера проводити безліч різних математичних операцій. Це допомагає значно розширити об'єми аналізованої інформації та швидкість її обробки.

Досягнення автоматизації процесів вимірювання забезпечується тим, що всі елементи ПВВ мають програмне управління. Робота ПВВ задається його конфігурацією, частина параметрів якої встановлюється перемикачами безпосередньо на ПВВ, а останні за допомогою програмного математичного забезпечення. За таких умов важливим і пріоритетним є використання програмних засобів, за допомогою яких здійснюється подальше перетворення і обробка інформації. Причому, при зміні програмного забезпечення можна здійснювати зміну принципів і алгоритмів обробки без зміни внутрішньої

апаратної конфігурації системи.

Умови зберігання і обробки інформації при динамічних випробуваннях матеріалів вузлів тертя визначають і вибір технології реалізації концептуальної частини АЕ систем. При наявності інструментальних засобів, що встановлюються на шині ПК, технологія LabCard, яка використовує середовище програмування C++, дозволяє працювати з пристроями ПК на фізичному рівні їх побудови. Перш за все, на фізичному рівні побудови пристроїв запам'ятовування інформації, що підтримується спеціальними функціями середовища програмування, які дозволяють доступ до фізичного рівня будови пристроїв запам'ятовування, відповідно з прийнятими структурами зберігання інформації. Це забезпечує реалізацію довготривалого зберігання вихідної інформації з неодноразовою вторинною її обробкою. При цьому в повній мірі реалізується і обробка сигналів АЕ під час проведення тривалих випробувань, тобто обробка сигналів АЕ в реальному масштабі часу.

Загальна структура побудови акусто-емісійної інформаційно-вимірювальної системи для діагностики процесів в поверхневих шарах вузлів тертя, що відбуваються при фрикційній контактній взаємодії показана на рис. 1.

На рисунку датчик акустичної емісії, який фіксує сигнали АЕ та попередній підсилювач, який підсилює сигнал з виходу датчика до рівня достатнього для підключення до ПБВ, є зовнішніми пристроями. Управління ПБВ, який знаходиться на шині ПК, здійснюється за допомогою програмних засобів, так само, як і всіма елементами ПК. Виконання всіх операцій, таких як безпосередні вимірювання, виконання операцій обробки і аналізу результатів, а також виведення результатів на екран або запис у файл на жорсткий диск проводиться програмним шляхом, за допомогою програмного математичного комплексу. Весь комплекс операцій, що виконуються підтримується за допомогою графічного інтерфейсу користувача.

Слід відзначити, що за допомогою програмних засобів можна змоделювати графічний інтерфейс для забезпечення зручного управління системою, контролю стану параметрів, управління процесами вимірювань, процесами проходження інформаційних потоків, а також збереження результатів вимірювань на жорсткому диску для подальшого використання і обробки інформації в математичних додатках під Windows. При цьому організація внутрішньої структури

визначається її призначенням і вирішуваними завданнями.

Всі операції проводяться за допомогою графічного інтерфейсу управління для зручності користувача. Фрагмент роботи графічного інтерфейсу представлений на рис. 2. Інтерфейс має багаторівневу організацію з розвиненою архітектурою переходів для зручності використання. Після виконання окремих операцій виводяться результати на міні інтерфейсі управління, який у свою чергу дозволяє проводити екранний графічний аналіз (рис. 2, б).

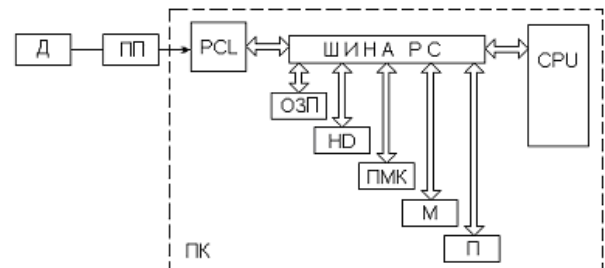
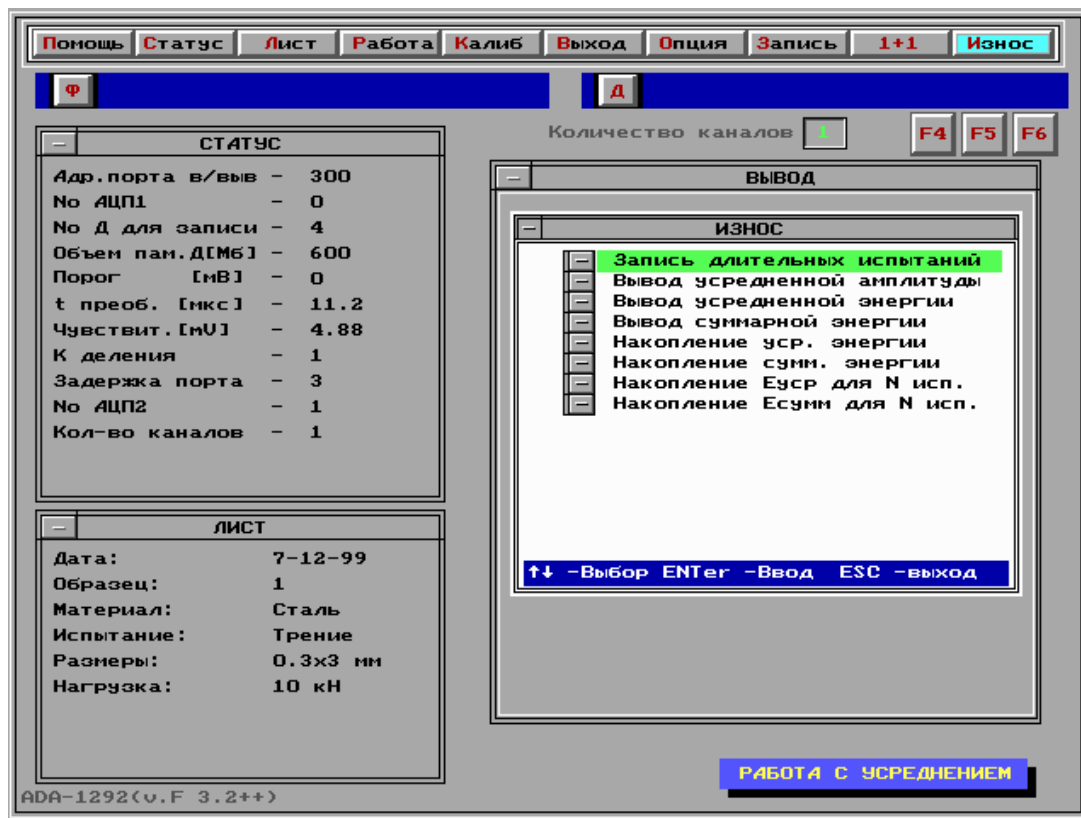
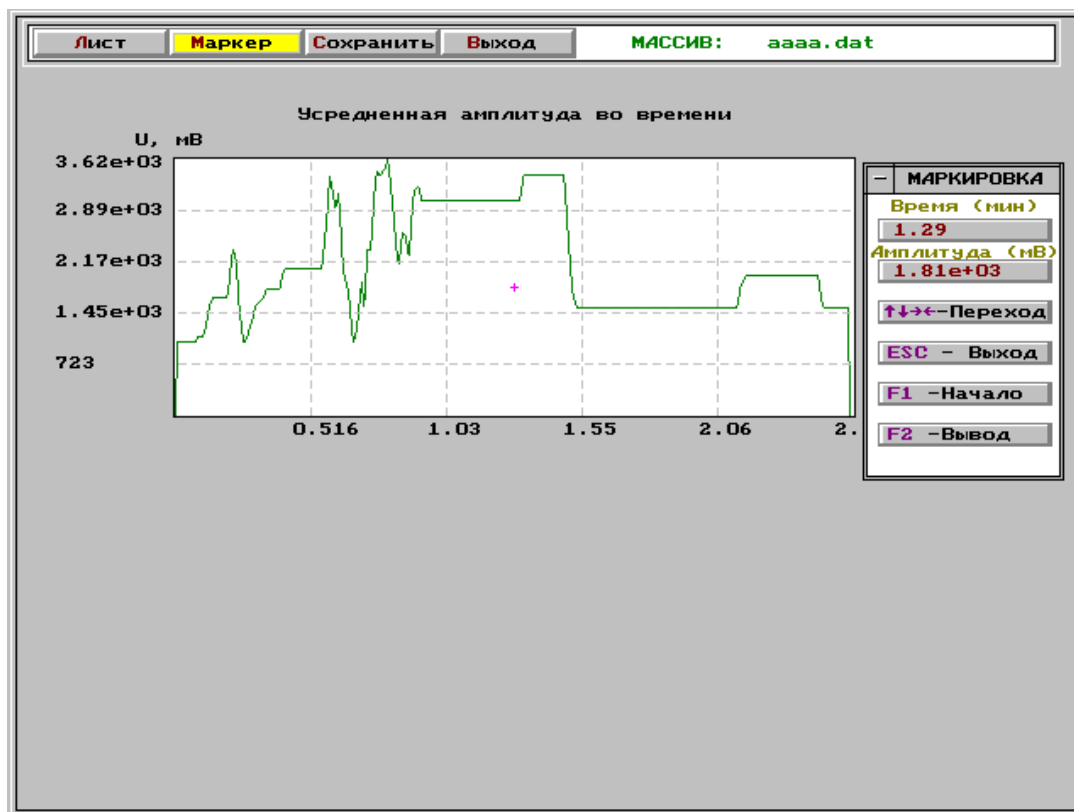


Рисунок 1 – Загальна структура побудови акусто-емісійної системи для діагностики пар тертя: Д – датчик; ПП – попередній підсилювач; PCL – порт введення виведення інформації; ОЗП – оперативний запам'ятовувач; HD – жорсткий диск; ПМК – програмний математичний комплекс; М – монітор; П – принтер; CPU – процесор; ПК – персональний комп'ютер.

При проведенні випробувань за допомогою побудованої інформаційно-вимірювальної системи досліджуються параметри стану системи залежно від програмних установок, особливостей реалізації вимірювальних процедур і управління елементами порту введення-виводу, виведення результатів на екран монітора і графічного аналізу сигналів, особливості побудови алгоритмів роботи інформаційно-вимірювальної системи. Широке використання графічного екранного аналізу залежностей, що виводяться, дозволяє проводити дослідження усереднювання амплітуди, а також інших параметрів, наприклад, енергії. І, знаючи з робіт проведених раніше [3, 4], про інформативність амплітуди при фрикційному контакті пар тертя для аналізу процесів руйнування поверхонь контакту, можна судити про нормальний знос вторинних структур першого або другого роду. Після чого відбувається пошкодження і вихід системи з робочого стану. Тому дуже важливим є встановлення зв'язків між параметрами сигналів і характеристиками процесу зносу.



а)



б)

Рисунок 2 – Фрагмент работы предназначенного для пользователя интерфейсу: а) общий вид графического интерфейса управления; б) результат работы программы по усреднению амплитуды сигнала в часе

Висновки

Таким чином представлена інформаційно-вимірювальна акусто-емісійна система для діагностики вузлів тертя на базі персонального комп'ютера і засобів технології LabCard побудована з розподіленими функціями між апаратними та програмними засобами. Пріоритетним в управлінні є програмний математичний комплекс, за допомогою якого відбуваються операції вимірювання, обробки інформації і представлення результатів аналізу. Система дозволяє проводити дослідження процесів, що відбуваються в поверхневих шарах вузлів тертя, проводити аналіз отриманих результатів, давати достатньо точні результати, що було підтверджене проведеними теоретичними розрахунками. За допомогою побудованої системи були проведені експериментальні дослідження процесів зношування при фрикційній взаємодії поверхневих матеріалів вузлів тертя.

Список використаних джерел

1. Филоненко С. Ф. Акусто-эмиссионная система диагностики узлов трения /

С. Ф. Филоненко, А. П. Стахова // Технологические системы. – 2008. – №3(43). – С. 26 – 32.

2. Стахова А. П. Система неруйнівного контролю методом акустичної емісії для статичних та динамічних видів випробувань / А. П. Стахова // Вісник інженерної академії України. – 2015. – С. 127 – 129.

3. Filonenko S. F. Definition of contact stress in friction units on the basis of the acoustic emission method / S. F. Filonenko, V. N. Stadnychenko, A. P. Stakhova // Aviation. – 2009. – V.13, N3. – P. 72 – 77.

4. Filonenko S. F. Modeling of the acoustic emission signals for the case of material's surface layers distraction in the process of friction / S. F. Filonenko, A. P. Stakhova, T. N. Kositskaya // NAU Proceedings. – 2008. – № 2. – P. 28 – 34.

Надійшла до редакції 15.05.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Квасніков В. П., національний авіаційний університет, м. Київ.

А. П. Стахова

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Рассмотрена структура построения акусто-эмиссионного комплекса на базе технологии Labcard, которая направлена на создание специализированных информационно-измерительных систем с гибкой системой управления, обработки, анализа информации и представления её результатов.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, метод акустической эмиссии, узел трения, диагностика.

А. P. Stakhova

THE INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR DETERMINING INFORMATIVE PARAMETERS WITH THE ACOUSTIC EMISSION METHOD

The Structure of building acoustic emission of the complex on the basis of technology Labcard have been considered, which aims at the creation of specialized information-measuring systems with flexible control system, processing, analysis information and presentation of results.

Key words: information-measuring system, acoustic emission method, result signal AE, friction unit, diagnostics.

А. В. Рудик, к.т.н.

Національний авіаційний університет, м. Київ

ВИКОРИСТАННЯ МЕДІАННОЇ ТА ДІАГНОСТИЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЙ В МОБІЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Розглянуто основні типи алгоритмів гарантованої фільтрації, які забезпечують виключення збоїв (помилки, промахів) необхідної кратності в сигналі. Проаналізовано основні параметри та характеристики медіанних і діагностичних фільтрів, а також різновиди їх алгоритмів роботи. Запропоновано використовувати медіанні або діагностичні фільтри при обробці даних з бортової навігаційної системи мобільного робототехнічного комплексу для отримання оцінок навігаційних параметрів, «очищених» від завад. Показано, що результати застосування медіанної фільтрації демонструють її високу ефективність для попередньої обробки сигналів.

Ключові слова: мобільний робототехнічний комплекс, медіанний фільтр, діагностичний фільтр, збій, навігаційні параметри, відлік, помилка, промах.

Вступ

Використання різних алгоритмів фільтрації, які враховують відомі властивості сигналів та завад, є класичним способом боротьби з похибками, завадами та помилками у вимірювальних системах. Якщо вимірювальні дані є гладкими неперервними функціями, заданими масивом відліків, то для їх обробки можна використовувати фільтри, принцип дії яких оснований на усередненні декількох сусідніх відліків. Такий підхід може бути використаний в бортових навігаційних системах мобільних роботів, при цьому гладкість сигналів обумовлюється тим, що місцезнаходження мобільного робота та його навігаційні параметри змінюються плавно.

В бортовому обчислювачі сигнали представлені як масив відліків $x_1, x_2, \dots, x_N$, що відносяться до рівновіддалених моментів часу. Тому умовою гладкості є нерівність

$$|x_{i+1} - x_i| \leq \varepsilon, \quad (1)$$

яка означає, що сусідні відліки в масиві відрізняються один від одного на малу величину, що не перевищує деякого заданого порогу ε .

Для виключення тих відліків, які спотворені в результаті наявності похибок (збоїв, помилок), може використовуватися зазначена вище близькість сусідніх відліків вимірювальних сигналів. При цьому обробка сигналу проводиться у відповідності з структурною схемою рис. 1.

На вхід фільтра з буфера 1 послідовно подаються відліки сигналу $x_1, x_2, \dots, x_N$, які обробляються відповідно до вибраного алгоритму фільтрації та перетворюються у вихідну

послідовність $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_N$. Одним з найбільш простих алгоритмів фільтрації є алгоритм ковзного середнього (moving average, MA):

$$\hat{x}_{MA,i} = \frac{x_i + x_{i-1} + \dots + x_{i-k+1}}{k}, \quad (2)$$

де k – довжина «вікна», що ковзає по відлікам сигналу (фільтр з кінцевою пам'яттю або з кінцевою імпульсною характеристикою).

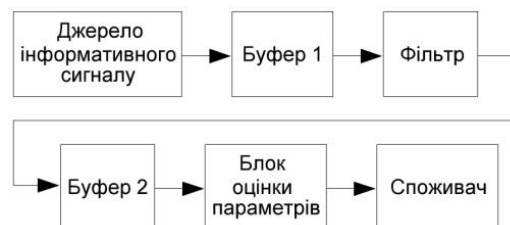


Рисунок 1 – Структурна схема обробки інформативного сигналу

Довільний фільтр з кінцевою пам'яттю описується співвідношенням

$$\hat{x}_i = f(x_i + x_{i-1} + \dots + x_{i-k+1}). \quad (3)$$

Задача синтезу фільтра, що задовольняє заданим вимогам, зводиться до вибору функції f . Функція ковзного середнього (2) відповідає функції середнього арифметичного. Будь-якій з функцій оцінювання [1] можна співставити алгоритм фільтрації, що визначається співвідношенням (3).

За видом оцінок алгоритми діляться на сім груп:

- класичні середні (середні арифметичне, геометричне, гармонічне та квадратичне);

- лінійні оцінки (зважене середнє арифметичне, марківська оцінка, оцінка за методом збиткових змінних);

- квазілінійні оцінки (принципи довіри та недовіри двом найближчим значенням вимірювань, вибіркової медіани);

- нелінійні оцінки (середні степеневе і логарифмічне, узагальнення середнього геометричного);

- оцінки з відбраківкою двох значень вимірювань (вибір найбільшого, вибір найменшого, вибір медіани, відкидання двох найближчих, відбраківка на основі алгоритмів діагностики методом збиткових змінних);

- оцінки з відбраківкою одного значення вимірювань та усереднення інших (відкидання найбільшого, відкидання найменшого, відкидання медіани, відкидання за деяким критерієм);

- суперпозиції або комбінації оцінок (середнє арифметичне від 4 класичних середніх та ін.).

Використовуючи формулу середнього гармонічного, отримаємо фільтр, що описується як

$$\hat{x}_i = \frac{3x_i x_{i-1} x_{i-2}}{x_i x_{i-1} + x_i x_{i-2} + x_{i-1} x_{i-2}},$$

а алгоритм фільтрації називають алгоритмом ковзного середнього гармонічного.

Найпростіший алгоритм гарантованої фільтрації оснований на тому, що вихідний відлік фільтра визначається як півсума максимального і мінімального з трьох вхідних відліків (при цьому медіанне значення відкидається). Розглянуті сім груп функцій оцінювання породжують порядку семидесяти алгоритмів фільтрації, що забезпечують обробку гладких сигналів. Найбільш поширеними алгоритмами є медіанний та діагностичний, що забезпечують виключення збоїв (помилки, промахів) необхідної кратності в сигналі.

Постановка задачі

В статті необхідно:

1) проаналізувати основні параметри і характеристики медіанних та діагностичних фільтрів, а також різновиди їх алгоритмів роботи;

2) розглянути можливість використання медіанних або діагностичних фільтрів при обробці даних з бортової навігаційної системи мобільного робототехнічного комплексу (МРТК) для отримання оцінок навігаційних параметрів, «очищених» від завад.

Основна частина

Алгоритм медіанної обробки при фільтрації сигналів перетворюється в алгоритм ковзної

медіани, який при $k = 3$ описується як

$$\hat{x}_i = \text{med}(x_i, x_{i-1}, x_{i-2}), \quad i = \overline{3, N}.$$

За умовами симетрії цю формулу зручніше переписати у вигляді

$$\hat{x}_i = \text{med}(x_{i+1}, x_i, x_{i-1}), \quad i = \overline{2, N}. \quad (4)$$

Це означає, що у вихідному масиві даних послідовно розглядаються k сусідніх відліків, а оцінкою $\hat{x}_i$ є середній відлік (рис. 2).

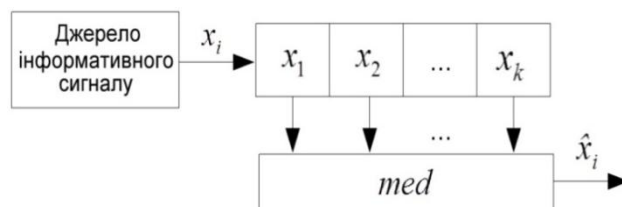


Рисунок 2 – Структурна схема медіанного фільтра з довжиною «вікна» k , нечутливого до n збоїв

Важливою властивістю алгоритму ковзної медіани є те, що він відбраковує відліки, спотворені поодинокими збоями (промахами, помилками). Такі відліки замінюються сусідніми відліками (тим з них, що ближче за своїм значенням). Тому алгоритм забезпечує нечутливість до поодиноких збоїв (помилки, промахів), тобто має властивість робастності.

Медіанні фільтри легко реалізуються технічно і використовуються для ефективної боротьби зі збоями (помилками, промахами) будь-якої кратності. Вибираючи довжину «вікна» $k = 2n + 1$, отримаємо оцінку, нечутливу до n збоїв.

Медіанний фільтр має ряд цікавих властивостей, розглянутих в роботах [2 - 6]. Основними з них є такі.

1. Критерій оптимальності фільтра [2].

Медіанний фільтр, як і при звичайній оцінці результатів вимірювань, формує оцінку, що задовольняє модульний критерій оптимальності. При довжині «вікна» $k = 3$ критерій має вигляд

$$J = |x_{i+1} - \hat{x}_i| + |x_i - \hat{x}_i| + |x_{i-1} - \hat{x}_i|. \quad (5)$$

Як видно з рис. 2, оцінка $\hat{x}_i$, обчислена за співвідношенням (4), забезпечує такому критерію мінімальне значення.

При довільній довжині «вікна» $k = 2n + 1$ формула (5) перетворюється в суму k доданків:

$$J = \sum_{m=-n}^n |x_{i+m} - \hat{x}_i|. \quad (6)$$

Мінімум такого критерію досягається при

$$\hat{x}_i = \text{med}(x_{i-n}, \dots, x_{i+n}).$$

2. Статистичні властивості фільтра [2, 3].

Аналіз статистичних властивостей фільтра зазвичай проводять при подачі на його вхід різних випадкових вхідних сигналів та дослідженні ймовірнісних характеристик вихідного сигналу. Якщо на вхід медіанного фільтра подати сигнал, рівномірно розподілений на інтервалі $[-1, 1]$, то графік густини розподілу ймовірностей вихідного сигналу буде мати дзвіноподібний вигляд, близький за формою до гаусівської кривої. Даний результат пояснюється тим, що медіанний фільтр відкидає відліки з великою амплітудою, пропускаючи на вихід відліки з малою та середньою амплітудами.

3. Нелінійний характер фільтра [4].

Нелінійний характер медіанного фільтра проявляється в тому, що він не спотворює фронти імпульсів на відміну від будь-якого лінійного фільтра. Алгоритмічно його нелінійність проявляється у використанні для реалізації функції *med* нелінійної операції сортування відліків інформативного сигналу, що потрапили у «вікно» фільтра. Обчислювальна складність такої операції збільшується при збільшенні довжини «вікна», що підвищує економічність алгоритмічної реалізації фільтра.

4. Кореневі сигнали фільтра [5].

Важливою характеристикою фільтра є його функціонування при відсутності завад. За цією ознакою всі фільтри можна розділити на два класи. До першого відносяться фільтри, які не вносять спотворень у вхідний сигнал, а до другого – такі, що вносять деякі спотворення (будь-який лінійний фільтр змінює форму вхідного сигналу).

Медіанний фільтр відноситься до другого класу, тому що в загальному випадку він змінює вхідний сигнал. В першу чергу це відбувається з екстремальними та близькими до них точками сигналу, тобто при проходженні синусоїдального сигналу через медіанний фільтр вершини хвиль синусоїди стають більш плоскими.

Існують сигнали, що називаються кореневими, які не змінюються при проходженні через медіанний фільтр, оскільки є коренями рівняння $\text{med}(x) - x = 0$, де x та $\text{med}(x)$ – відповідно вхідний і вихідний сигнали фільтра.

Кореневими сигналами медіанного фільтра є одиничний «стрибок» (функція Хевісайда), лінійно-наростаючий сигнал, будь-який монотонний сигнал, а також прямокутний імпульс за умови, що його тривалість більше половини довжини «вікна» фільтра. Такі сигнали

та їх комбінації про ходять через медіанний фільтр без спотворень.

5. Узагальнений медіанний фільтр [6].

Класичний медіанний фільтр оптимізує критерій, що визначається співвідношенням (6). Даний критерій допускає подвійне узагальнення:
 - його можна записати як

$$J = \sum_{m=-n}^n |a_m x_{i+m} - \hat{x}_i|,$$

де a_m – вагові коефіцієнти, за допомогою яких враховується «важливість» деяких відліків; даному критерію відповідає клас зважених ковзних медіанних фільтрів;

- кожний додаток у співвідношенні (6) можна піднести до деякого позитивного степеня γ , що приведе до критерію

$$J = \sum_{m=-n}^n |x_{i+m} - \hat{x}_i|^\gamma, \quad (7)$$

при цьому при $\gamma = 1$ отримуємо класичний медіанний фільтр; при $\gamma = 2$ – квадратичний критерій, для якого оптимальною оцінкою є ковзне середнє арифметичне (2); при $\gamma \rightarrow \infty$ критерій (7) перетворюється в чебишевський з оптимальною оцінкою у вигляді півсуми мінімального та максимального відліків у «вікні» (така оцінка є гарантованою і мінімізує максимально допустиму похибку); при $\gamma < 1$ функція J стає багатоекстремальною, а всі її мінімуми знаходяться в точках з відліками вхідного сигналу.

Вибір значення γ та, як наслідок, типу фільтра визначається поставленою задачею, зокрема, характером сигналу та завад.

Діагностичним є фільтр для обробки сигналів, алгоритм роботи якого оснований на відбракуванні при діагностиці за методом збиткових змінних. Найпростіший діагностичний фільтр реалізується при аналізі сусідньої пари відліків, тобто використанні «вікна» довжиною два відліки, та перевірці виконання умови [5]

$$\Delta_i = |x_i - x_{i-1}| \leq \varepsilon, \quad (8)$$

де ε – фіксований поріг, що визначається «гладкістю» вхідного сигналу.

Якщо умова (8) виконується, то поточний вхідний відлік пропускається на вихід фільтра ($\hat{x}_i = x_i$), а в іншому випадку вихід фільтра блокується доти, доки не буде виконуватися умова (8). На інтервалі блокування вихідний сигнал фільтра може довизначатися різними

способами (наприклад, екстраполяцією нульового порядку, тобто останнім вірним значенням $\hat{x}_i = x_{i-1}$). Відповідний алгоритм наведений на рис. 3, а.

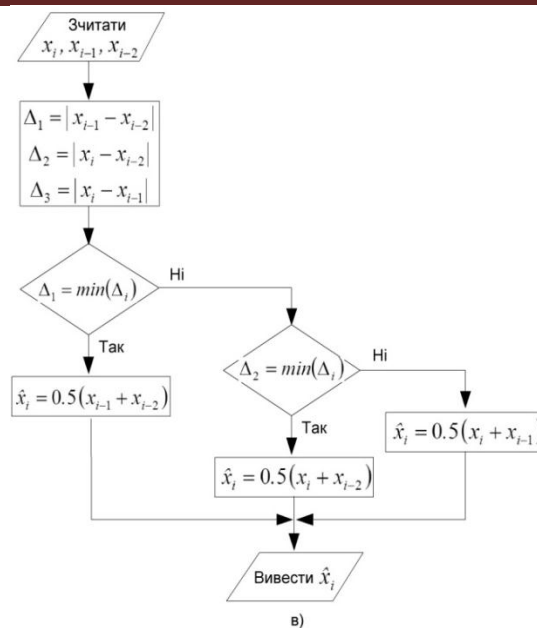
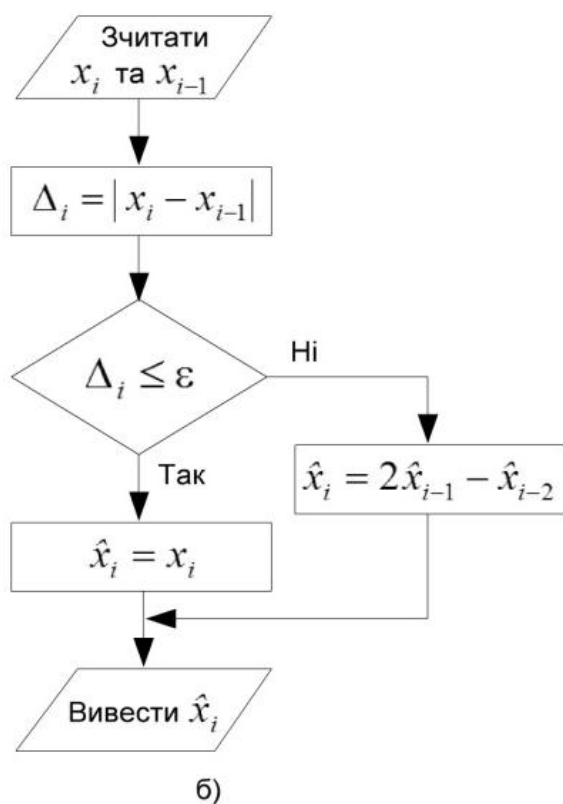
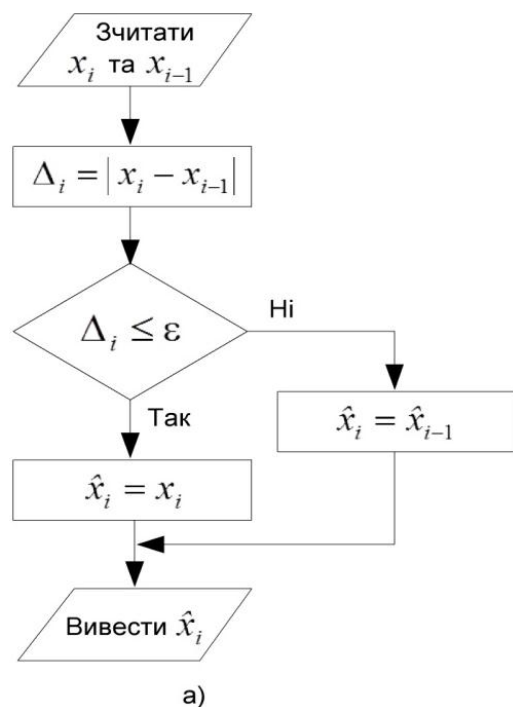


Рисунок 3 – Алгоритми роботи діагностичних фільтрів: з екстраполяцією нульового (а) та першого (б) порядків; в) безпороговий діагностичний фільтр з довжиною вікна $k = 3$

Також можна використовувати екстраполяцію першого або другого порядків, однак для цього потрібно збільшувати довжину вікна фільтра. Алгоритм, що використовує екстраполяцію першого порядку, наведений на рис. 3, б.

Таким чином, діагностичний фільтр при мінімальній довжині вікна $k = 2$ дозволяє виключати збої (помилки, промахи) довільної кратності, що є його перевагою перед медіанним фільтром. Другою перевагою фільтра є те, що він не вносить спотворень в сигнал, вільний від збоїв (відноситься до першого класу фільтрів). Тому сигнал будь-якої форми, що задовольняє умову гладкості (8), є кореневим для діагностичного фільтра. Ці переваги досягаються за рахунок використання додаткової інформації про поріг ϵ , яка не потрібна у випадку медіанного фільтра.

Однак цей недолік можна виключити при переході до безпорогового діагностичного фільтра, для якого при довжині вікна $k = 3$ формують три контрольні сигнали, які при відсутності збоїв всі будуть мати малу величину [1]:

$$\Delta_1 = |x_{i-1} - x_{i-2}|, \Delta_2 = |x_i - x_{i-2}|, \Delta_3 = |x_i - x_{i-1}|.$$

Поява однократного збою спотворить один з відліків та приведе до збільшення значень двох з трьох контрольних сигналів. Індекс контрольного сигналу, який залишився малим, збігається з номером спотвореного відліку. Такий відлік відкидається, а оцінка формується

на основі двох відліків, що залишилися (як їх середнє арифметичне, середнє гармонічне або ін.).

Тому безпороговий діагностичний фільтр з довжиною «вікна» $k = 3$, як і медіанний фільтр, ефективно виключає однократні збої. Алгоритм роботи такого фільтра наведений на рис. 3, в. Однак при відсутності збоїв такий фільтр, як і медіанний, спотворює вхідний сигнал.

Розглянуті типи фільтрів, зокрема медіанний, пропонується використовувати при обробці даних з бортової навігаційної системи МРТК. Структурна схема такої обробки наведена на рис. 4. В ній джерелом первинної вимірювальної інформації є безплатформна інерціальна навігаційна система (БІНС), на виході якої формуються оцінки таких навігаційних параметрів:

- координати: широта φ , довгота λ та висота h ;

- компоненти швидкості: східна $\dot{\lambda} = \frac{V_{zg}}{R \cos \varphi}$

західна $\dot{\varphi} = \frac{V_{xg}}{R}$ та вертикальна $\dot{h} = V_{yg}$, де R –

радіус Землі, V_{xg}, V_{yg}, V_{zg} – проекції вектора швидкості на осі OX_g, OY_g та OZ_g ;

- кути орієнтації: рискання ψ , тангажу ϑ та крену γ .



Рисунок 4 – Структурна схема обробки сигналів БІНС мобільного робототехнічного комплексу

На оцінки накладаються завади двох типів – високого рівня (викиди, пропадання сигналу) та низького рівня (інструментальні та інші види похибок). Для боротьби з ними використовується двоетапна процедура обробки. На першому етапі виключаються завади високого рівня, для чого використовується блок медіанних фільтрів. На другому етапі для боротьби з завадами низького рівня використовується фільтр Калмана, на виході якого отримують оцінки навігаційних параметрів, «очищені» від завад.

Для ілюстрації такого способу обробки на рис. 5 та рис. 6 наведені результати медіанної

фільтрації сигналів h (висота) та $\dot{h} = V_{yg}$ (вертикальна швидкість), при побудові яких використані реальні записи сигналів БІНС, отримані під час льотних випробувань [1]. На верхніх графіках цих рисунків наявна значна кількість помилок високого рівня, що викликані регулярними пропаданнями сигналів через наявність вібрацій, недостатньо надійні контакти та ін.

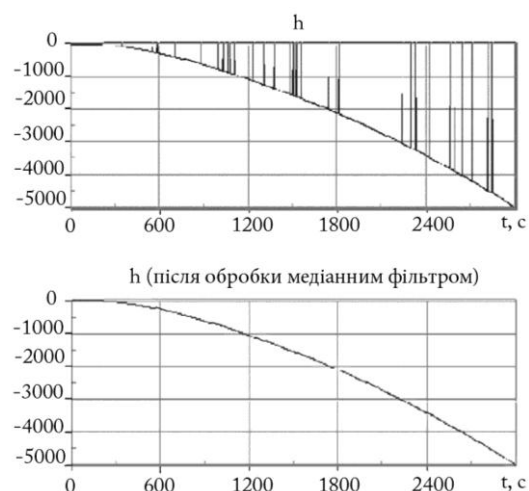


Рисунок 5 – Медіанна фільтрація сигналу за каналом висоти

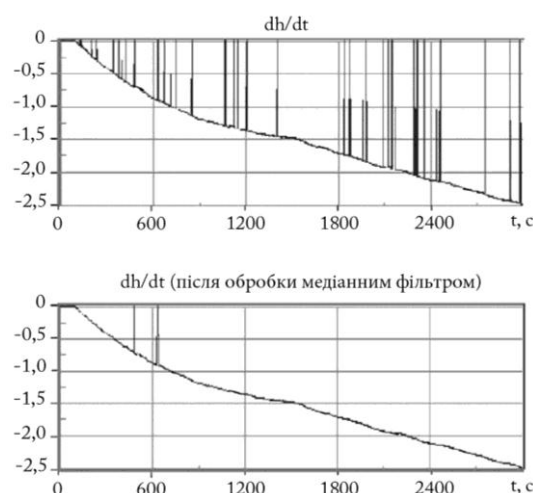


Рисунок 6 – Медіанна фільтрація сигналу за каналом вертикальної швидкості

Нижні графіки на рис. 5 та рис. 6 є результатами медіанної фільтрації. Медіанні фільтри використовують «вікно» довжиною $k = 3$, що дозволяє виключати поодинокі збої. В результаті проведеної фільтрації сигнал за каналом висоти виявився повністю «очищеним» від помилок високого рівня, а в сигналі за каналом вертикальної швидкості виключені всі помилки, крім двох (для їх виключення необхідно використовувати або додаткову

фільтрацію, або медіанний фільтр з «вікном» довжиною $k = 5$. Результати, наведені на рис. 5 та рис. 6, ілюструють високу ефективність медіанної фільтрації для попередньої обробки сигналів, які надходять від вимірювальних перетворювачів.

Висновки

1. Розглянуто основні типи алгоритмів гарантованої фільтрації і показано, що найбільш поширеними алгоритмами є медіанний та діагностичний, які забезпечують виключення збоїв (помилки, промахів) необхідної кратності в сигналі.

2. Проаналізовано основні параметри та характеристики медіанних і діагностичних фільтрів, а також різновиди їх алгоритмів роботи залежно від типу екстраполяції та наявності або відсутності порогу.

3. Запропоновано використовувати медіанні або діагностичні фільтри при обробці даних з бортової навігаційної системи мобільного робототехнічного комплексу для отримання оцінок навігаційних параметрів, «очищених» від завад.

4. Показано, що результати застосування медіанної фільтрації демонструють її високу ефективність для попередньої обробки сигналів, які надходять від вимірювальних

перетворювачів.

Список використаних джерел

1. Мироновский Л. А., Слаев В. А. Алгоритмы оценивания результата трех измерений. – СПб.: Професионал, 2010. – 192 с. ISBN 978-5-91259-041-2.
2. Матасов А. И. Метод гарантирующего оценивания. – М.: МГУ, 2009. – 100 с.
3. Романов В. Н. Теория измерений. Точность средств измерений: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 154 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 316 с.
5. Степанов О. А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электронприбор», 2009. – 496 с.
6. Astola J., Neuvo Y. An Efficient Tool for Analyzing Weighted Median Filters // IEEE Trans. CAS II: Analog and Digital Processing. 1994. V. 41, № 7. – P. 487-489.

Надійшла до редакції 20.05.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Квасніков В. П., Національний авіаційний університет, м. Київ.

А. В. Рудык, к.т.н.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИАННОЙ И ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИЙ В МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Рассмотрены основные типы алгоритмов гарантированной фильтрации, которые обеспечивают устранение сбоев (ошибок, промахов) необходимой кратности в сигнале. Проанализированы основные параметры и характеристики медианных и диагностических фильтров, а также разновидности их алгоритмов работы. Предложено использовать медианные или диагностические фильтры при обработке данных с бортовой навигационной системы мобильного робототехнического комплекса для получения оценок навигационных параметров, «очищенных» от помех. Показано, что результаты применения медіанної фільтрації демонструють її високу ефективність для попередньої обробки сигналів.

Ключевые слова: мобильный робототехнический комплекс, медіанний фільтр, діагностический фільтр, сбой, навигационные параметры, отсчёт, ошибка, промах.

A. V. Rudyk, PhD

USE MEDIAN AND DIAGNOSTIC FILTRATIONS IN MOBILE ROBOTIC SYSTEMS FOR PRE-PROCESSING SIGNALS

The main types of guaranteed filtering algorithms, which ensure the elimination of failures (errors, near misses) the necessary multiplicity of the signal, are considered. The basic parameters and characteristics of the median filter and diagnostic, as well as their variations of algorithms are analyzed. It is proposed to use the median or diagnostic filters in the processing of data from on-board mobile robot navigation system for navigating the parameter estimates, «peeled» from interference. It is shown that the application of median filtering results demonstrate high efficiency for its pre-processing.

Keywords: mobile robotic system, median filter, a diagnostic filter, failure, navigation options, countdown, error, blunder.

В. С. Кравчук, к.т.н., А. Ф. Дашенко, д.т.н., А. М. Лимаренко, к.т.н.

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТА УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Рассмотрены особенности влияния остаточных напряжений и механических свойств металла упрочненного слоя на уставшую прочность гладких деталей и деталей из концентраторами напряжений. Показана необходимость дифференцированного учета остаточных напряжений и механических свойств металла упрочненного слоя для обеспечения нужного эффекта упрочнения. Предложен графоаналитический метод определения эффекта упрочнения, который позволяет на стадии проектирования и доводки опытного экземпляра машины обоснованно выбрать нужное значение коэффициента технологического упрочнения.

Ключевые слова: поверхностное упрочнение, эффект упрочнения, графоаналитический метод.

Введение.

Применение различных методов поверхностного упрочнения деталей машин способствует существенному повышению сопротивления усталости. Особенно эффективно упрочнение деталей с концентраторами напряжений. При исследованиях по оптимизации режимов поверхностного упрочнения следует иметь в виду, что суммарный эффект упрочнения зависит от взаимного расположения эпюр распределения по рабочему сечению детали рабочих и остаточных напряжений, а также механических свойств металла упрочненного слоя и сердцевин [1, 2]. При неблагоприятных режимах поверхностной обработки может получиться не повышение, а резкое снижение предела выносливости детали. Это имеет место в зоне повышенных напряжений, например, при обрыве упрочненного слоя при поверхностной закалке в зоне повышенных напряжений и концентрации напряжений (при обрыве закаленного слоя у корня зуба без закалки впадины зубчатого колеса). Неблагоприятное влияние на сопротивление усталости оказывают также режимы поверхностной обработки, при которых на поверхности детали образуются растягивающие остаточные напряжения. Растягивающие остаточные напряжения могут значительно снизить, а сжимающие – повысить сопротивление усталости деталей машин. В обоих случаях роль остаточных напряжений в усталостных процессах существенно меняется в зависимости от уровня внешних нагрузок, наличия концентраторов и степени концентрации.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [3] показано, что при определенных условиях усталостная трещина зарождается под поверхностно упрочненным

слоем в сердцевине детали, что подтверждается многочисленными экспериментальными данными. При переменных во времени нагрузках в поверхностно упрочненных деталях имеют место случаи, когда разрушение происходит от поверхности или из сердцевин упрочненной детали переходит на поверхность. Следует иметь в виду, что в случае разрушения упрочненной детали от поверхности основную роль в повышении сопротивления усталости играют остаточные напряжения (характер распределения остаточных напряжений по толщине упрочненного слоя, их величина и знак в упрочненном слое и размеры поперечного сечения детали) и в меньшей степени механические характеристики упрочненного слоя. При зарождении усталостной трещины в сердцевине детали эффект упрочнения существенно зависит как от толщины упрочненного слоя, так и размеров поперечного сечения. При одной и той же толщине упрочненного слоя эффект упрочнения детали при циклическом изгибе будет тем больше, чем меньше размер ее поперечного сечения. Однако если детали упрочнить на одну и ту же относительную глубину, то приращение предела выносливости будет одинаковым. Повышение характеристик сопротивления усталости упрочненных деталей учитывается путем введения в расчетные зависимости коэффициента технологического упрочнения $K_v = \sigma_{-1Дупр} / \sigma_{-1Д}$, численные значения которого получены опытным путем ($\sigma_{-1Дупр}$, $\sigma_{-1Д}$ – пределы выносливости упрочненной и не упрочненной деталей соответственно). Следует отметить, что непосредственные испытания деталей, узлов и машин в целом на стендах,

полигонах или на основе опыта эксплуатации машин с деталями этого типа являются наиболее точным методом определения эффекта упрочнения. Однако этот метод является пассивным и дорогостоящим мероприятием, ибо он дает оценки эффекта на стадии эксплуатации машин при значительных наработках, на которой практически нельзя эффективно менять конструкцию и технологию поверхностного упрочнения деталей. Следует отметить, что отсутствие в настоящее время машин для усталостных испытаний является тормозом в разработке мероприятий по эффективному применению поверхностного упрочнения деталей машин. В связи с этим возникает необходимость в разработке методов расчета упрочнения ответственных деталей на стадии проектирования.

Цель работы. Разработать метод расчета эффекта упрочнения ответственных деталей на стадии проектирования. Решение этой задачи предлагается осуществлять графоаналитическим методом.

Изложения основного материала. Расчетное значение коэффициента технологического упрочнения K_v при зарождении усталостной трещины под упрочненным слоем рекомендуется рассчитывать по зависимости [3]

$$K_v = 1 / (1 - \Delta)^{3\alpha_\sigma}, \quad (1)$$

где α_σ – теоретический коэффициент концентрации напряжений; Δ – относительная толщина упрочненного слоя. Для деталей круглой формы $\Delta = 2\Delta_d / d$ (тут Δ_d – толщина упрочненного поверхностного слоя, а d – диаметр упрочняемой детали).

При зарождении усталостной трещины у поверхности упрочненной детали коэффициент K_v определяется по результатам металлографических исследований твердости и остаточных напряжений в отдельных слоях поперечного сечения [3]

$$K_v = (H_{yn} / H_c) \cdot (\sigma_a / \sigma_{-1}) \quad (2)$$

где H_{yn} , H_c – твердость соответственно упрочненных слоев и материала сердцевины упрочненной детали; σ_a / σ_{-1} выбирается по диаграмме относительных напряжений при асимметричных циклах (рис.1 [1]) для соответствующих значений остаточных напряжений $\sigma_{ост} = \sigma_m$.

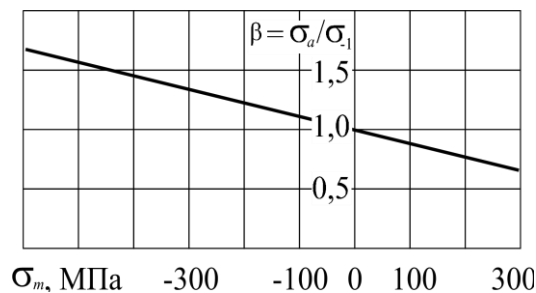


Рисунок 1 – Диаграмма относительных предельных напряжений при асимметричных циклах для конструкционных сталей

При проведении проекторочных инженерных расчетов большое значение имеет сокращение времени для решения задачи оптимизации конструкции (выбор конструкционного материала, размеров поперечного сечения, конфигурации детали в опасном сечении) и технологических процессов (выбор метода и режимов поверхностного упрочнения применительно к конкретным задачам проектирования). Эта процедура существенно упрощается путем использования номограммы. На рис. 2 в качестве примера приведена номограмма для оценки эффективности упрочнения зубьев колес. По зависимости (1) были определены значения коэффициента K_v для зубчатых колес с различными числами зубьев z и коэффициентами смещения x . При этом теоретические коэффициенты концентрации напряжений рассчитывались по формуле [4]

$$\alpha_\sigma = 2 - (8/z) \left[(1 - 2x/1 + x^2) \right]. \quad (3)$$

В расчетах величины Δ варьировались от нуля до 0,2 и коэффициенты смещения x от -0,5 до +0,8 с шагом 0,1 для зубчатых колес с числами зубьев $z = 17$ и 85 (для колеса с $z = 17$ $0 \leq x \leq 0,8$). При этом коэффициент α_σ находился в пределах 1,53-1,99. Кривые 1-6 соответствуют значениям x равным 0; 0,1; 0,4; 0,6 и 0,8 для колеса с числом зубьев $z = 17$, а кривые 1'-3' – значениям x , равным -0,5; 0; 0,8 для колеса с $z = 85$.

Анализ рис. 2 показывает, что относительная толщина упрочненного слоя Δ (в большей мере) и коэффициент смещения x существенно влияют на коэффициент упрочнения K_v , который для рассматриваемых передач может изменяться от единицы до двух и более, причем эффект упрочнения больше у колес с большим числом зубьев.

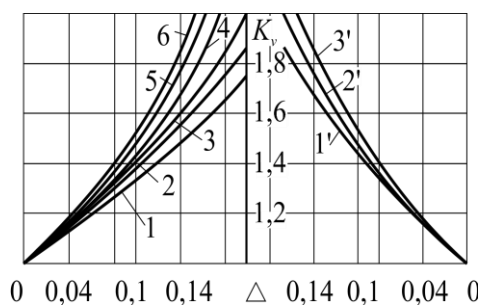


Рисунок 2 – Влияние толщины поверхностно упрочненных слоев Δ и коэффициента смещения на коэффициент K_v

На основании рис. 2 можно сделать вывод, что рекомендуемые в справочной литературе величины коэффициента $K_v = 1,1-1,3$ являются заниженными. Это подтверждается также результатами усталостных испытаний на изгиб цилиндрических образцов с концентраторами напряжений и без них из материалов, используемых для изготовления зубчатых колес с различными видами упрочнений и без них, согласно которым $1 \leq K_v \leq 2,68$ [5]. Номограмма позволяет оценить эффект упрочнения детали через коэффициент технологического упрочнения. На рис. 3 приведена универсальная номограмма для решения подобного рода практических задач. При построении верхней части номограммы задавались значениями параметров α_σ , Δ и по формуле (1) определяли соответствующий им коэффициент упрочнения K_v . Значения теоретического коэффициента концентрации напряжений изменяли от $\alpha_\sigma = 1$ (гладкая деталь) до $\alpha_\sigma = 2,2$ (шаг изменения 0,2), относительная толщина упрочненного слоя Δ варьировалась от нуля до 0,175 с шагом 0,025. Для построения нижней части номограммы задавались значениями пределов выносливости не упрочненных деталей $\sigma_{-1Д}$ и коэффициента упрочнения K_v . Получено более 500 значений параметра наклона левой ветви кривой усталости m_F .

Значение параметра m_F вычисляли по формуле [3]

$$m_F = (1 + 2,3 \lg K_v^2)(0,027 \sigma_{-1Д} + 1,4), \quad (4)$$

где $\sigma_{-1Д}$ – предел выносливости не упрочненной детали. Из рис. 3 видна высокая плотность расположения значений m_F на координатной

сетке.

$$\delta_{m_F} = \left[(m_F^p - m_F) / m_F^p \right] \cdot 100 \%$$

Отклонения расчетных значений параметра m_F^p от значений m_F , выбранных по кривой, незначительны (отклоняются в ту и другую сторону не более чем на 8 %), причем положительные значения чередуются с отрицательными, что указывает на малость систематической ошибки определения параметра m_F по рис. 3.

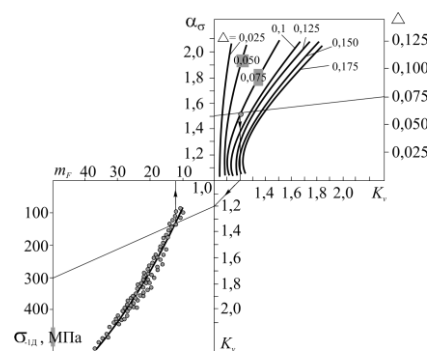


Рисунок 3 – Номограмма определения коэффициента K_v и параметра m_F

Рассмотрим область применения номограммы. По имеющимся сведениям о теоретическом коэффициенте концентрации напряжений и рекомендациям по выбору глубины упрочнения, соответствующей конкретным требованиям, можно оценить, не прибегая к эксперименту, повышение предела выносливости поверхностно упрочненной детали через коэффициент K_v . Для чего исходные значения параметров α_σ и Δ наносим на соответствующие шкалы рис. 3 и проводим через отмеченные точки прямую линию. Точка пересечения линий определяет значение коэффициента технологического упрочнения K_v для выбранного значения относительной толщины поверхностно упрочненного слоя Δ . Располагая сведениями о значении коэффициента K_v и предела выносливости не упрочненной детали $\sigma_{-1Д}$, можно определить величину параметра m_F . Пример последовательности определения K_v и m_F показан на рис. 3.

Наличие предложенных номограмм позволяет дифференцированно учитывать особенности рассчитываемой детали по величине теоретического коэффициента концентрации напряжений α_σ и относительной

толщине упрочненного слоя Δ . Анализ номограмм показывает, что при увеличении толщины упрочняемых слоев, не превышающей значений, при которых деталь разрушается от поверхности, повышается эффект упрочнения. Эта тенденция сохраняется при увеличении теоретического коэффициента концентрации напряжений. Такой подход является более строгим, чем с помощью осредненных значений коэффициента K_v , полученных в результате малочисленных экспериментальных испытаний образцов или использования сведений об испытаниях прототипа. В последнем случае значения коэффициента K_v имеют большой разброс.

Выводы

Предложенный графоаналитический метод определения эффекта упрочнения позволяет на стадии проектирования и доводки опытного экземпляра машины выбрать необходимое значение коэффициента технологического упрочнения K_v для различных конструктивно-технологических вариантов, найти оптимальные варианты и оценить прочность упрочненных деталей на данной стадии.

Список использованных источников

1. Когаев В. П. Расчеты деталей машин на прочность и долговечность: Справ. /В. П. Когаев, В. С. Кравчук, к.т.н., О. Ф. Дашченко, д.т.н., О. М. Лимаренко, к.т.н. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
2. Влияние размеров поперечного сечения поверхностно-упрочненных образцов из сплава Д16Т на сопротивление усталости в условиях концентрации /В. Ф. Павлов, В. И. Лапин, Ю. И. Кольцун и др. – Пробл. прочности. – 1990. – № 4. – С. 75 - 78.
3. Дашченко А. Ф. Несущая способность упрочненных деталей машин /А. Ф. Дашченко, В. С. Кравчук, В. Д. Иоргачев. – Одесса: Астропринт, 2004. – 160 с.
4. Устиненко В. Л. Напряженное состояние и прочность зубчатых колес: Ч.1. Напряженное состояние зубьев цилиндрических прямозубых колес /В. Л. Устиненко. – Харьков: Харьк. высш. командно-инж. уч-ще, 1976. – 100 с.
5. Морозов В. И. Наклеп дробью тяжело нагруженных зубчатых колес /В. И. Морозов, Н. Б. Шубина. – М.: Машиностроение, 1972. – 104 с.

Поступила в редакцию 13.05.2016

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

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТУ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВО-ЗМІЦНЕНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Розглянуто особливості впливу залишкових напружень і механічних властивостей металу зміцненого шару на втомлену міцність гладеньких деталей та деталей із концентраторами напружень. Показана необхідність диференційного врахування залишкових напружень і механічних властивостей металу зміцненого шару для забезпечення потрібного ефекту зміцнення. Запропоновано графоаналітичний метод визначення ефекту зміцнення, який дає змогу на стадії проектування та доведення дослідного екземпляра машини обґрунтовано вибрати потрібне значення коефіцієнта технологічного зміцнення.

Ключові слова: поверхнєве зміцнення, ефект зміцнення, графоаналітичний метод.

V. S. Kravchuk, PhD, A. F. Dashchenko, DSc, A. M. Limarenko, PhD

COMPUTER MODELING AND NUMERICAL ANALYSIS TELESCOPIC BOOM TRUCK CRANE

The features of the influence of residual stresses and mechanical properties of the hardened layer of metal on the tired strength of smooth parts and the details of the stress concentrators are considered. The necessity of a differentiated account of residual stresses and mechanical properties of reinforced metal layer to provide the desired strengthening effect is shown. Graphic analytical method for determining the effect of strengthening, which allows the design stage and finishing of the prototype machine reasonably select the desired strengthening of the technological factor is proposed.

Keywords: surface hardening, strengthening effect, semigraphical method.

Ю. В. Щербина¹, к.т.н., Н. Ф. Казакова², д.т.н., Р. Г. Братченко³, Г. В. Грабовський¹

¹Одеськая государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

²Одесский национальный экономический университет, г. Одесса

³ТОО «Софтвеа деливери менеджмент», г. Одесса

ВЫЧИСЛЕНИЕ НА ЯЗЫКЕ C# СПЕЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ $ERF(X)$ И $ERFC(X)$ ДЛЯ НУЖД КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Предложен вариант вычисления на языке C# таких специальных функций как функция ошибки, неполная функция ошибки и функция нормального распределения, широко применяемые при выполнении задач, связанных с тестированием симметричных криптографических систем. Данный программный модуль является наиболее компактным из созданных в среде Visual Studio. NET и может быть использован разработчиками шифров в составе своего программного обеспечения.

Ключевые слова: криптографические системы, криптографический анализ, специальные функции, вычисления.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями. В настоящее время в области защиты информации наращиваются усилия по созданию эффективных симметричных криптографических систем. В начале века в странах ЕС был открыт проект eSTREAM по выявлению новых поточных шифров, пригодных для широкого применения (Официальный сайт проекта <http://www.ecrypt.eu.org/stream/index.html>). Этот проект положил начало работе не только по созданию новых перспективных шифров, но и дал толчок дальнейшему развитию научно-методологической базы построения поточных систем шифрования, которые были объявлены одной из целей проекта. Частью этой работы являются средства тестирования предлагаемых способов формирования гаммирующих последовательностей, применяемых в таких шифрах. Основопологающий принцип тестирования впервые был сформулирован Дональдом Кнутом [1]. Он гласит, что псевдослучайная последовательность (ПСП) должна быть испытана как можно большим числом тестов, и удачное завершение каждого из них подтверждает возможность ее применения для нужд шифрования. К настоящему времени создано множество специализированных пакетов, которые призваны решать эту задачу. Наиболее известным из них является национальный стандарт NIST STS (NIST Statistical Test Suite), разработанный в 1999 году [2]. Он включает пакет из 16 независимых тестов и методику обобщения результатов испытаний. На сайте NIST (<http://csrc.nist.gov/groups/ST/toolkit/rng/index.html>) можно бесплатно получить и руководство к этому

пакету, и программный код, написанный на языке C++. Известны и другие пакеты, созданные для этих целей. Например, пакет Diehard [3] разработанный Джорджем Марсальей (George Marsaglia) и включающий 12 тестов доступен по адресу <http://stat.fsu.edu/pub/diehard/>. Пакет Crypt-X [4] можно получить, связавшись с разработчиками по адресу <http://www.isi.qut.edu.au/resources/cryptx/>. Подходы и способы тестирования были сформулированы и разработаны достаточно давно. Эта работа активно проводилась всю вторую половину прошлого века и, к 2000 году, было создано и стандартизировано программное обеспечение, позволяющее решать задачи анализа криптографической стойкости симметричных шифров.

Постановка задачи. Идея тестирования предполагает, построение всех тестов, включенных в программу тестирования на основе различных математических вероятностных задач. Это обеспечивает «независимость» результатов тестирования каждым отдельным тестом. При этом приходится вычислять значения специальных трансцендентных функций, значение которых не может быть рассчитано аналитическим путем. В частности, к числу таких функций относят функцию ошибки $erf(x)$ и дополнительную функцию ошибки $erfc(x)$. К счастью, при их вычислении не приходится прибегать к вычислению иных специальных функций, как это, например, имеет место в случае вычисления гамма-функции.

Доступность вычислительной техники в настоящее время несколько упрощает вычисление специальных функций и, более того позволяет это делать с достаточно высокой точностью. Для этой

цели могут с успехом быть использованы такие доступные программные продукты как Matlab, Mathematica, Mathcad, Maple, Statistica, Tabula и многие им подобные. Однако эти универсальные пакеты рассчитаны на чрезвычайно широкий круг математических задач и, поэтому, решения на их основе получаются достаточно громоздкими. Кроме того, разработчики пакетов, как правило, не приводят исходные тексты программ, а предоставляют доступ только к исполняемым модулям, что не всегда отвечает требованиям проблемных программистов.

В реальной жизни разработчики шифров создают свое программное обеспечение, предназначенное для нужд тестирования. При этом сами процедуры тестирования, как правило, предполагают многократное вычисление значений специальных функций. Наиболее рациональным в том случае является не обращение к сторонним пакетам, а наличие специального кода в составе своего программного обеспечения.

Сложность вычисления специальных функций заключается в том, что описывающие их аналитические выражения, как правило, не раскладываются на элементарные функции и, поэтому, их вычисляют, либо, разлагая в ряды, либо представляя их в виде бесконечных дробей. При этом выбор способа в каждом конкретном случае определяется требуемой скоростью и точностью вычислений. В прошлом, было написано достаточно много программ для вычисления этих функций таким способом. Доступными сайтами, где можно получить исходные коды программ для решения подобных задач являются сайты AlgoList (<http://algotlist.manual.ru/maths/>) и AlgLib (<http://www.alglib.net/>). Эти коды написаны либо на языке C++, либо на Delphi, либо на более ранних версиях иных языков высокого уровня, которые применялись до появления платформы .NET. К настоящему моменту времени существенно обновились и системное обеспечение современных компьютеров, и языки программирования. Сегодня наиболее популярным является новый язык программирования C# от компании Microsoft. Он, как и языки Visual C++ и Visual Basic.NET, входит в пакет Visual Studio.NET, которые являются компонентно-ориентированными языками для новой платформы .NET и которые разрабатывались как альтернатива языку Java. С учетом этого целью статьи является описание класса, содержащего программный код, написанный на языке C# для вычисления функции ошибки и дополнительной функции ошибки.

Изложение основного материала исследования.

Обычно в процедурах тестирования функция ошибки $erf(x)$ напрямую не используется. Однако, например в пакете, предлагаемом NIST, в таких тестах как: частотный тест, блочный частотный тест, тест серий, тест на последовательность одинаковых битов, статистический тест Маурера, спектральный тест и дополнительный тест на произвольные отклонения, применяется дополнительная функция ошибки $erfc(x)$. Эту функцию при некоторых значениях аргумента приходится вычислять через значения функции $erf(x)$. Поэтому в программный код модуля они включены обе.

Функция ошибки $erf(x)$ – это неэлементарная функция. Иногда ее называют интегралом вероятности или функцией Краппа [5] и вычисляют как

$$erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$

Она обладает следующими свойствами

$$\begin{aligned} erf(-\infty) &= -1, & erf(+\infty) &= 1, \\ erf(-x) &= -erf(x), & erf(x^*) &= [erf(x)]^*, \end{aligned}$$

где звездочка означает комплексное сопряжение.

Дополнительная функция ошибки определяется как

$$erfc(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt = 1 - erf(x).$$

Кроме того, справедливо соотношение

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2} dt = 1 + erf(x).$$

Иногда при выполнении вычислений полезно пользоваться формулой

$$\int_0^x e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} dt = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \sigma \cdot erf\left(\frac{x}{\sqrt{2}\sigma}\right).$$

Поскольку функция ошибок не может быть представлена через элементарные функции, ее представляют в виде сходящегося ряда путем разложения в ряд Тейлора

$$erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{n!(2n+1)} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left(x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{10} - \frac{x^7}{42} \dots \right).$$

Предлагаемый программный модуль

включает класс EfEfc, состоящий из двух общедоступных процедур: вычисления функции ошибки $erf(x)$ и дополнительной функции ошибки $erfc(x)$. Ниже приводится тест самого программного модуля, который может быть включен в проект, созданный в среде Visual C#.

```
using System;
namespace EfEfc
{
    class ErrFnct
    {
        *****/
        *****/
        *****/
        public double erf (double x)
        {
            double result = 0;
            double xsq = 0;
            double s = 0;
            double p = 0;
            double q = 0;

            s = Math.Sign(x);
            x = Math.Abs(x);
            if ((double)(x) < (double)(0.5))
            {
                xsq = x * x;
                p = 0.007547728033418631287834;
                p = 0.288805137207594084924010 + xsq * p;
                p = 14.3383842191748205576712 + xsq * p;
                p = 38.0140318123903008244444 + xsq * p;
                p = 3017.82788536507577809226 + xsq * p;
                p = 7404.07142710151470082064 + xsq * p;
                p = 80437.3630960840172832162 + xsq * p;
                q = 0.0;
                q = 1.000000000000000000000000 + xsq * q;
                q = 38.0190713951939403753468 + xsq * q;
                q = 658.070155459240506326937 + xsq * q;
                q = 6379.60017324428279487120 + xsq * q;
                q = 34216.5257924628539769006 + xsq * q;
                q = 80437.3630960840172826266 + xsq * q;
                result = s * 1.1283791670955125738961589031
* x * p / q;
            }
            return result;
        }
        if ((double)(x) >= (double)(10))
        {
            result = s;
            return result;
        }
        result = s * (1 - erfc(x));
        return result;
    }
    *****/
    *****/
    *****/
}
```

```
*****/
public double erfc(double x)
{
    double result = 0;
    double p = 0;
    double q = 0;

    if ((double)(x) < (double)(0))
    {
        result = 2 - erf(-x);
        return result;
    }
    if ((double)(x) < (double)(0.5))
    {
        result = 1.0 - erf(x);
        return result;
    }
    if ((double)(x) >= (double)(10))
    {
        result = 0;
        return result;
    }
    p = 0.0;
    p = 0.5641877825507397413087057563 + x * p;
    p = 9.675807882987265400604202961 + x * p;
    p = 77.08161730368428609781633646 + x * p;
    p = 368.5196154710010637133875746 + x * p;
    p = 1143.262070703886173606073338 + x * p;
    p = 2320.439590251635247384768711 + x * p;
    p = 2898.0293292167655611275846 + x * p;
    p = 1826.3348842295112592168999 + x * p;
    q = 1.0;
    q = 17.14980943627607849376131193 + x * q;
    q = 137.1255960500622202878443578 + x * q;
    q = 661.7361207107653469211984771 + x * q;
    q = 2094.384367789539593790281779 + x * q;
    q = 4429.612803883682726711528526 + x * q;
    q = 6089.5424232724435504633068 + x * q;
    q = 4958.82756472114071495438422 + x * q;
    q = 1826.3348842295112595576438 + x * q;
    result = Math.Exp(-(x * x)) * p / q;
    return result;
}
*****/
*****/
*****/
}
```

При малых значениях x функция $erfc(x)$ вычисляется по правилу $erfc(x) = 1 - erf(x)$, при остальных значениях в соответствии с основной процедурой. Аналогично вычисляется и функция $erf(x)$ [6]. Если этого не делать, программа может возвращать значение $erfc(x)$ равное нулю, а это не всегда допустимо. Результат

вычисления этой функции должен быть всегда хотя бы и небольшим, но положительным.

Через функции $erf(x)$ и $erfc(x)$ значение функции нормального распределения

$$ndtr(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt = (1 + erf(z)) / 2erfc(z)$$

где $z = x / \sqrt{2}$.

Оно возвращает значение площади под кривой плотности нормального распределения вероятности то $-\infty$ до x . В программном коде это будет иметь вид

$ndtr(x) = 0.5 * (erf(x / 1.41421356237309504880))$.

Описанный модуль может быть включен либо в консольный проект, либо в проект, содержащий форму для вызова результатов выполнения содержащихся в нем процедур. Например, в случае консольного приложения, это будет выглядеть так:

```
static void Main()
{
    Console.WriteLine(" x = "); var sx =
    Console.ReadLine(); double q = Double.Parse(sx);
    ErrFnct fer = new ErrFnct(); double c =
    fer.erf(q); // Error function
    Console.WriteLine(" Erf(x) = {0}", c);
    ErrFnct fec = new ErrFnct(); c = fec.erfc(q); //
    Complemented error function
    Console.WriteLine(" Erfc(x) = {0}", c);
    ErrFnct gsr = new ErrFnct(); // Normal
    distribution function
    c = 0.5 * (gsr.erf(q / 1.41421356237309504880) + 1);
    Console.WriteLine(" Ndtr(x) = {0}", c);
}
```

Выводы

Задача, которую ставили перед собой авторы, сводилась к созданию инструментального средства для расчета некоторых, часто вычисляемых в процессе

криптографического анализа, специальных функций. В настоящее время известно множество способов их расчета и программных реализаций этих способов. Здесь приводится наиболее компактный, на наш взгляд, вариант программного кода, созданный в среде Visual Studio.NET. Испытания предлагаемого модуля показали, что результаты вычислений значений функции ошибки и дополнительной функции ошибки не отличаются от результатов, которые дают вычисления с помощью таких пакетов как Matlab, Mathematica, Mathcad, Statistica и Excel.

Список использованных источников

1. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. / Д. Кнут. – Т. 2. – М.: Мир, 1977. – 727 с.
2. A Statistical Test Suite for the Validation of Random Number Generators and Pseudo Random Number Generators for Cryptographic Applications. NIST Special Publication 800-22. May 15, 2001.
3. The Marsaglia Random Number CDROM including the Diehard Battery of Tests of Randomness//<http://www.stat.fsu.edu/pub/diehard/>.
4. Statistical test suite Crypt-X // <http://www.isi.qut.edu.au/resources/cryptx/>.
5. Попов Б. А., Теслер Г.С. Приближение функций для технических приложений [справочник] / Б. А. Попов, Г. С. Теслер. – Киев: Издательство: Наукова думка, 1984. – 600 с.
6. Абрамовиц М. Справочник по специальным функциям / М. Абрамовиц, И. Стиган. – М.: Наука, 1979. – 486 с.

Поступила в редакцию 25.04.2016

Рецензент: д.т.н., профессор Скачков В. В., Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса.

Ю. В. Щербина, к.т.н., Н. Ф. Казакова, д.т.н., Р. Г. Братченко, Г. В. Грабовський

ОБЧИСЛЕННЯ МООВОЮ C # СПЕЦІАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ $ERF(X)$ ТА $ERFC(X)$ ДЛЯ ПОТРЕБ КРИПТОГРАФІЧНОГО АНАЛІЗУ

Запропоновано варіант обчислення на мові C # таких спеціальних функцій як функція помилки, неповна функція помилки і функція нормального розподілу, які широко застосовуються при виконанні завдань, пов'язаних з тестуванням симетричних криптографічних систем. Даний програмний модуль є найбільш компактним з створених в середовищі Visual Studio.NET і може бути використаний розробниками шифрів в складі свого програмного забезпечення.

Ключові слова: криптографічні системи, криптографічний аналіз, спеціальні функції, обчислення.

CALCULATION IN C # SPECIAL FUNCTIONS $ERF(X)$ AND $ERFC(X)$ FOR THE NEEDS OF CRYPTANALYSIS

A variant of computation in C # language such special features as a function of an error, an incomplete error function and the function of the normal distribution, commonly used in the performance of tasks related to the testing of symmetric cryptographic systems. This software module is the most compact of the created in Visual Studio.NET environment and can be used by developers of ciphers as part of their software.

Keywords: cryptographic systems, cryptographic analysis, special functions, calculation.

УДК 629.05:621.317

О. О. Шелуха

Національний авіаційний університет, м. Київ

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ СТЕЖЕННЯ ЗА ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

В статті розглянуто методику обробку інформації для системи візуального спостереження за динамічними об'єктами. Визначено необхідність створення підсистеми обробки даних рухомої системи спостереження та виділення математичного апарату для визначення положення об'єкта, що постережується, за даними, що передаються з оптично-електронного модуля. Першим кроком було наведено методику для визначення координат об'єкта спостереження в кадрі переданому з оптично-електронного модуля. Другим кроком було наведено розрахунки координат об'єкта в системі прямокутних координат в горизонтальній площині за допомогою кутових координат. В подальшому пропонується створення комплексної системи обробки даних для побудови тривимірної моделі об'єкта спостереження.

Ключові слова : система прямокутних координат, рухома система стеження, спостереження динамічних об'єктів.

Вступ

Сучасні системи обробки і аналізу інформації широко застосовуються в різних областях людської діяльності. Найбільш широке поширення вони отримали в областях навігації, системах стеження, забезпечення безпеки різних об'єктів, передачі та зберігання відеоінформації [1 – 3]. Особливе місце в розкритті проблеми сприйняття, інтерпретації, ідентифікації та опису руху об'єктів займає завдання стеження. Необхідність стеження за динамічними об'єктами і визначення параметрів їх руху пояснюється великою кількістю практичних застосувань, наприклад, при визначенні параметрів руху автотранспорту, при проведенні випробувань для забезпечення безпеки руху повітряних і морських об'єктів, при обробці і реалізації взаємодії цих об'єктів між собою.

При цьому важливим завданням є автоматична реєстрація, відстежування відносного переміщення і визначення параметрів динамічних об'єктів, розташованих в полі зору мобільного пристрою. Рішення даного завдання істотно розрізняються за складністю залежно від виду об'єкта, фону і розташування мобільної

оптико-електронної системи.

Сучасний етап розвитку техніки характеризується переважним використанням плоских стаціонарних систем візуалізації зображень [4, 5]. У той же час виникає безліч проблемних питань, пов'язаних з аналізом тривимірних зображень, отриманих від рухомих систем відеоспостереження, які не можуть бути вирішені стаціонарними системами. Плоска проекція не є реальним відображенням дійсності, тому частина інформації про первинне зображення, незважаючи на високу якість, як правило, втрачається. Звідси виникає об'єктивна необхідність у створенні технологій, що будуть виконувати обробку цієї інформації та відновлювати втрачені дані. Підвищення вимог до точності, надійності і мобільності автоматичного виявлення і подальшого супроводу об'єктів змушує шукати нові рішення в сфері розробки алгоритмічного забезпечення для аналізу та обробки відеопослідовностей та застосовувати інформаційні технології нових типів. У зв'язку з цим необхідно вирішити такі завдання у сфері стеження за об'єктами.

Постановка завдання

Навігаційна система або комплекс, встановлений на рухомому носії – вертольоті або літаку, повинен забезпечувати швидке виявлення та розпізнавання об'єктів на значній відстані та визначати кутові координати для точної прив'язки об'єкта в системі прямокутних координат. Відомі статичні методи обробки інформації, такі як вимірювання кутових координат у системі прямокутних координат по двох координатах візування при точній прив'язці кожної з точок у прямокутній системі координат. Якщо ж вимірювання координат об'єкта виконуються рухомою системою, виникають додаткові труднощі, що вимагають використання точних методів інформаційної обробки, реєстрації координат об'єкта носія під час візування об'єкта пошуку, розробки спеціальних алгоритмів розрахунку координат об'єкта. Отже, необхідно створити математичний апарат для підсистеми обробки інформації в рухомій системі спостереження за динамічними об'єктами в системах реального часу [6].

Викладення матеріалу

Для виконання поставленого завдання широке застосування знаходять оптико-електронні пристрої (ОЕП), що володіють технічним зором і адаптуються до змінних умов роботи. Особливе місце у використанні ОЕП займає процес стеження за рухомими об'єктами, який застосовується в автоматичних системах відеоспостереження, системах аутентифікації доступу, при контролі якості виробів у виробничих процесах, проведенні випробувань і так далі. Також, для вирішення даного завдання в блоці обробки інформації можливо використовувати додаткові процедури оцінки таких геометричних параметрів спостережуваних зображень як, координати об'єкта, його траєкторію і швидкість. Це завдання дозволить вирішити використання якогось стаціонарного об'єкта, відносного якого і будуть обчислюватися дані параметри. Використання подібного методу дозволить ефективно і без істотних похибок здійснювати обробку інформації в блоці спостереження за динамічними об'єктами. Дані мобільні ОЕП можуть обробляти тривимірні зображення, функціонувати в реальному масштабі часу і ефективно використовуватися при практичній реалізації.

Завдання виділення динамічного об'єкта, що рухається по невідомій траєкторії, включає в себе одночасно відновлення зображення об'єкта і визначення параметрів його траєкторії. Етапи обробки інформації в бортовому комп'ютері включають наступне:

- локалізацію областей зображення;
- ідентифікацію динамічного об'єкта;
- визначення та створення бази даних просторових координат динамічних об'єктів.

Під локалізацією динамічних об'єктів розуміється виділення областей зображення як матриці $M \times N$, в яких безпосередньо містяться зображення динамічних об'єктів. Процес виявлення та локалізації об'єктів зображення відбувається шляхом обробки первинного та коригуючого кадрів n та $(n+t)$:

$$Kp_{i,j} = Kn_{i,j} - K(n+t)_{i,j},$$

де $Kp_{i,j}$ – результуючий кадр зображення;

$Kn_{i,j}$ – первинний кадр; $K(n+t)_{i,j}$ – коригувальний кадр. Первинний і коригувальний кадри зображення розбиваються на множині прямокутних областей B_n . Розмір області B_n підбирається експериментальним шляхом залежно від розмірів динамічних об'єктів.

Первинний і коригувальний кадри зображення розбиваються на множини прямокутних областей B_n . Розмір області B_n підбирається експериментальним шляхом залежно від розмірів динамічних об'єктів.

Позначимо сусідні с областю B_n області як B_n^m , де m – номер сусідньої області. Локалізація динамічних об'єктів зводиться до послідовної обробки множини прямокутних областей B_n та перевіркою на умову (1), де P – значення порога яскравості, що обирається дослідним шляхом. Якщо умова істинно більш ніж в половині області B_n , то робиться висновок про знаходження в даній області динамічного об'єкта, при цьому решта B_n не аналізується, в іншому випадку область очищається, а всі посилання на неї від сусідніх областей видаляються. На наступному кроці перевіряється умова (1) для області, що відповідає B_n^m , якщо воно істинне, то область B_n^m і область B_n об'єднуються, при цьому область B_n успадковує посилання на множини сусідніх областей області B_n^m :

$$\text{Якщо } |E_{K,n}^m(x, y) - E_{K+n,n}^m(x, y)| \geq P, \quad (1)$$

де $E_{K,n}^m(x, y)$ – значення яскравості пікселя з координатами (x, y) в K -му кадрі, m -й області, сусідній області B_n .

Тоді сусідніми областями створеної області будуть всі сусідні області вихідної і приєднаної області. В результаті утворюються зв'язкові області, які містять зображення рухомих об'єктів. Пошук динамічних об'єктів

починається по периметру кадру зображення, так як об'єкти в основному з'являються переважно по краях кадру. Після обробки K і $K+t$ кадру отримуємо замкнуті області, в яких містяться динамічні об'єкти. Під ідентифікацією динамічних об'єктів розуміється зіставлення об'єктів на первинному і коригуючому кадри, шляхом порівняння зовнішнього контуру і площі об'єкту. На першому етапі виділяються крайні точки контуру динамічного об'єкта:

$$d_1^i = \min(y);$$

$$d_2^i = \min(x);$$

$$d_3^i = \max(y);$$

$$d_4^i = \max(x),$$

де $i=1, 2$ – номер кадру.

На другому етапі відбувається зіставлення відповідних крайніх точок контурів динамічного об'єкта, отриманих при аналізі первинного та коригуючого кадрів, і за результатами зіставлення – перевірка наступної умови:

$$|d_1^1 - d_1^2| \& |d_2^1 - d_2^2| \& |d_3^1 - d_3^2| \& |d_4^1 - d_4^2| \leq \varepsilon,$$

де ε – допустиме значення розбіжності, визначається дослідним шляхом. Якщо умова виконується, то об'єкт вважається ідентифікованим.

На наступному етапі відбувається визначення площі виділених об'єктів S_1 і S_2 для об'єктів, що перебувають на первинному і коригуючому кадрах відповідно. Для розрахунку площі об'єкта S позначимо область всередині зовнішнього контуру об'єкта як R , що складається з множини пікселів p . Тоді площа об'єкта визначається виразом

$$S_i = \sum_{R_i} p_i,$$

де i – номер кадру.

Розрахунок площі здійснюється як для об'єкта, отриманого при аналізі первинного кадру, так і для об'єкта, отриманого при аналізі коригуючого кадру.

Далі перевіряється умова відповідності площ об'єктів знаходяться на різних кадрах:

$$|S_1 - S_2| \leq \xi,$$

де ξ – допустима похибка, обумовлена дослідним шляхом.

У разі, якщо лінійного переміщення не виявлено, а відбувається збільшення площі об'єкта, об'єкт ідентифікується як динамічний, такий, що рухається в площині Z . Для визначення просторових координат динамічних об'єктів розташуємо датчики зображення так, що

їх оптичні осі будуть паралельні, а пряма, що проходить через оптичні центри, перпендикулярна оптичним осям, ця пряма називається базовою лінією, а її відрізок, укладений між оптичними центрами, B – базою.

Груба оцінка положення об'єкта може бути також отримана однією візирною точкою Π . Для визначення координат об'єкта необхідно мати хоча б дві різні точки зчитування кутів візування, а відстань між цими точками – базу локації пеленгації – використати в якості відсутнього лінійного елемента обчислення координат.

Загальна ідея вирішення завдання прив'язки координат об'єкта в системі прямокутних координат полягає в наступному: нехай B_1, B_2 – точки візування на базі B_1B_2 ; x_1, y_1, x_2, y_2 – їх координати; β_1, β_2 кути візування. Тоді X_Π, Y_Π – координати, об'єкта (цілі) однозначно визначаються шляхом обчислень (рис. 1).

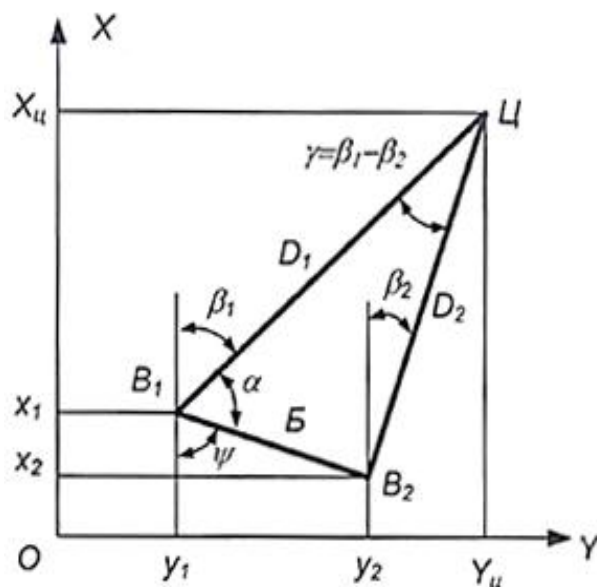


Рисунок 1 – Обчислення координат об'єкта в системі прямокутних координат

Безпосередньо з геометричних співвідношень маємо

$$X_\Pi = x_2 + D_2 \cos \beta_2,$$

$$Y_\Pi = y_2 + D_2 \sin \beta_2,$$

де D_2 – дальність $B_2\Pi$. Відповідно до теореми синусів отримуємо

$$\frac{D_2}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin(\beta_1 - \beta_2)}, B = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$$

де $B=B_1, B_2$ – лінійна база пеленгації, що може бути реалізована за допомогою

прямолінійної траєкторії руху носія. З рис. 1 можна одержати

$$\alpha = 180^\circ - \beta_1 - \psi,$$

$$\text{де } \psi = \arcsin \frac{y_1 - y_2}{B} = \arccos \frac{x_1 - x_2}{B}.$$

Звідки, провівши розрахунки отримуємо координати об'єкта в системі прямокутних координат [1]

$$X_{\text{ц}} = x_2 + \frac{1}{\sin(\beta_1 - \beta_2)} [(y_2 - y_1) \cos \beta_1 -$$

$$-(x_2 - x_1) \sin \beta_1] \cos \beta_2,$$

$$Y_{\text{ц}} = y_2 + \frac{1}{\sin(\beta_1 - \beta_2)} [(y_2 - y_1) \cos \beta_1 -$$

$$-(x_2 - x_1) \sin \beta_1] \sin \beta_2,$$

або

$$X_{\text{ц}} = x_2 + \frac{1}{\sin \gamma} [\Delta y \cos \beta_1 - \Delta x \sin \beta_1] \cos \beta_2, \quad (2)$$

$$Y_{\text{ц}} = y_2 + \frac{1}{\sin \gamma} [\Delta y \cos \beta_1 - \Delta x \sin \beta_1] \sin \beta_2$$

$$\text{де } \gamma = \beta_1 - \beta_2, \Delta x = x_2 - x_1, \Delta y = y_2 - y_1.$$

Висновки

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки. Запропоновано методику обробки інформації, що полягає у локалізації зображення динамічного об'єкта з можливістю подальшої його ідентифікації та вимірюванні кутових координат візування системи спостереження, встановленої на рухомому носії. Використання цієї методики спрощує обчислення координат об'єкта спостереження, але потребує прямолінійного руху відносно цього об'єкта.

Отримані результати можуть бути застосовані для створення бортового

комп'ютеру, обробки інформації та створення керуючих сигналів для пристроїв, що встановлюються на рухомих носіях [6].

Використання визначених координат положення об'єкта, що спостерігається, в кадрі оптично-електронного модуля та визначення горизонтальних координат дозволить створювати базу даних тривимірних положень об'єкта спостереження.

Список використаних джерел

1. Кузьмин С. З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузьмин. – М.: «Сов. радио», 1974. – 432 с.
2. Цибульська Є. О. Математичні моделі рухомих об'єктів / Є. О. Цибульська // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2012. – № 2. – С. 25 – 37.
3. Кузнецов А. В. Многоканальная система повышения точности и живучести. – К.: Вища школа, 1994. – 258 с.
4. Малышев В. В. Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов / В. В. Малышев, М. Н. Красильщиков, В. И. Карлов. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.
5. Основы проектирования следящих систем. / под ред. Н. А. Лакоты. – М.: Машиностроение, 1978. – 392 с.
6. Шелуха О. О. Інформаційна технологія обробки даних в системах спостереження технічних об'єктів / О. О. Шелуха // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 4. – С. 202 – 205.

Надійшла до редакції: 04.05.2016

Рецензент: д.т.н. проф. Квасніков В. П., Національний авіаційний університет, м. Київ.

А. О. Шелуха

ПОДВИЖНАЯ СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В статье рассмотрена система визуального наблюдения за динамическими объектами. Выделена необходимость создания подвижной системы наблюдения и также математического аппарата для определения положения наблюдаемого объекта. Первым шагом приведено методику для определения координат объекта наблюдения в кадре оптико-электронного модуля. Вторым шагом приведены расчеты координат объекта в системе прямоугольных координат в горизонтальной плоскости с помощью угловых координат. В дальнейшем предлагается создание комплексной системы для построения трехмерной модели объекта наблюдения.

Ключевые слова: система прямоугольных координат, подвижная система слежения, наблюдение динамических объектов.

О. О. Shelukha

MOBILE SURVEILLANCE SYSTEM OF DYNAMIC OBJECTS

The article describes a system of visual observation of dynamic objects. It highlighted the need to create a mobile surveillance system and also the mathematical apparatus for determining the position of the observed object. The first step shows the methodology for determining the coordinates of the observation of the object in the optoelectronic module frame. The second step shows the calculations of the coordinates of the object in of a rectangular coordinate system in the horizontal plane using angular coordinates. In the future, we propose the creation of an integrated system for the construction of three-dimensional model of the object the mobile surveillance system.

Keywords: rectangular coordinate system, mobile tracking system, monitoring of dynamic objects.

УДК 519.715

Ю. Б. Коваленко, к.пед.н.

Національний авіаційний університет, м. Київ

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ЗАХИЩЕНОГО ЗАСТОСУВАННЯ НА ОСНОВІ
ТЕХНОЛОГІЇ VOIP

Розвиток електронної комерції і зацікавленість технологією IP як єдиного транспорту для передачі інформації будь-якого виду, дали можливість зв'язати мережу Інтернет з традиційною телефонною мережею загального користування і запропонувати клієнтам персоналізоване обслуговування та зручний засіб спілкування. Розроблено захищений програмний застосунок, що на відміну від існуючих підтримує встановлення захищеного з'єднання та забезпечує захист медіа даних, при цьому ґрунтується на рекомендаціях RFC, а отже може вільно взаємодіяти з іншими апаратними і програмними технологіями VoIP. На додаток, у застосунку реалізовано керування доступом на основі ролей, що підвищує безпеку та удосконалює можливості моніторингу діяльності користувача.

Ключові слова : контролер конференцій, технології VoIP, мережа SIP з проксі-сервером.

Все більшої популярності серед користувачів в усьому світі набувають телекомунікаційні рішення на основі технологій VoIP. VoIP – система зв'язку, що забезпечує передачу мовного сигналу по мережі Інтернет або по будь-яким іншим IP-мережам. Сигнал по каналу зв'язку передається в цифровому закодованому вигляді з метою усунення надмірності.

Програми для VoIP використовуються для проведення по мережах, заснованих на протоколі IP, розмов подібних телефонним [1].

Деякі програмні VoIP-додатки включають в себе сервери для конференцій, системи внутрішнього зв'язку, віртуальні FXO і адаптовані телефонні додатки, що підтримують одночасно VoIP і ТМЗК, такі як системи IVR, сервери dial in dictation, утримання дзвінка і запису розмов.

Отже, можна стверджувати, що IP-телефонія не лише покращує ефективність ведення роботи, а й створює нові ризики. Залишаються проблеми безпеки інформації, адже навіть найбільш

використовувані софтвери є вразливими для найпростіших атак. Отже актуальним є питання розробки програмного телефону з використанням захищених протоколів зв'язку.

Існує два основних фактори які впливають на голосовий трафік по захищених каналах IP. Перший – час, необхідний для шифрування змісту повідомлення і заголовків і створення нових заголовків. Другий – збільшення розміру пакета із заголовками доданими до вихідного пакету IP. Також існують проблеми стиснення даних Quality of service.

Зауважимо, перші VoIP методи, які використовували голосовий потік як прихований носій інформації, запропонував Дітманн.

Була запропонована оцінка існуючої стеганографії з особливим акцентом на рішеннях, які підходять для VoIP. Був описаний інструмент SteganRTP, використовуючи молодший біт (LSB) із кодексу G.711.

Ванг та Ву в роботі «Інформація, прихована у VoIP потоках» запропонували використовувати

молодші біти, але біти кодувалися з використанням кодексу Speex.

У праці «Оцінка загрози VoIP прихованого каналу» Такахаші і Лі запропонували аналогічний підхід, створивши прихований канал шляхом вбудовування та подальшого стиснення голосових даних у звичайному голосовому трафіку.

Відмітимо, що використання протоколів IP-телефонії, найбільш досліджені були спеціалістами із проблем мережевої безпеки Варшавського Технологічного Університету Войцехом Мазурчком і Кжиштофом Джипйорским, які провели експерименти із використання VoIP сервісів для передачі таємних повідомлень, про що вони доповіли на четвертій міжнародній конференції з питань глобальної електронної безпеки в Лондоні. Деякі аспекти з цієї проблематики вивчав В. Орлов «Методи прихованої передачі інформації в телекомунікаційних мережах» та І. Корчак, Ю. Пирогова [1 – 4].

Отже, метою нашої роботи є організація захищеного зв'язку між клієнтом та сервером, а також безпосередньо між клієнтами, використовуючи методи автентифікації та авторизації, а також мережеві протоколи, які забезпечують шифрування, встановлення

автентичності повідомлення, цілісності, захист від заміни даних.

Для досягнення мети вирішували наступні задачі: огляд технологій та їх застосування у сучасних рішеннях заснованих на технології VoIP; аналіз вразливостей VoIP, методів атак та захисту від атак; розробка захищеного програмного застосунку на основі технології VoIP.

Основні атаки на VoIP можна класифікувати наступним чином:

- атаки направлені на відмову в обслуговуванні;
- перехоплення голосового або сигнального трафіку;
- прослуховування дзвінка;
- перенаправлення голосового або сигнального трафіку.

Мережа побудована згідно рекомендації H.323 [5], має зонну архітектуру (рис. 1). Контролер зони виконує функції управління однією зоною мережі IP-телефонії, в яку входять термінали, шлюзи, пристрої керування конференціями, зареєстровані у даного контролера зони. Окремі фрагменти області мережі H.323 можуть бути територіально рознесені і з'єднуватися один з одним через маршрутизатори [6] (рис. 2).

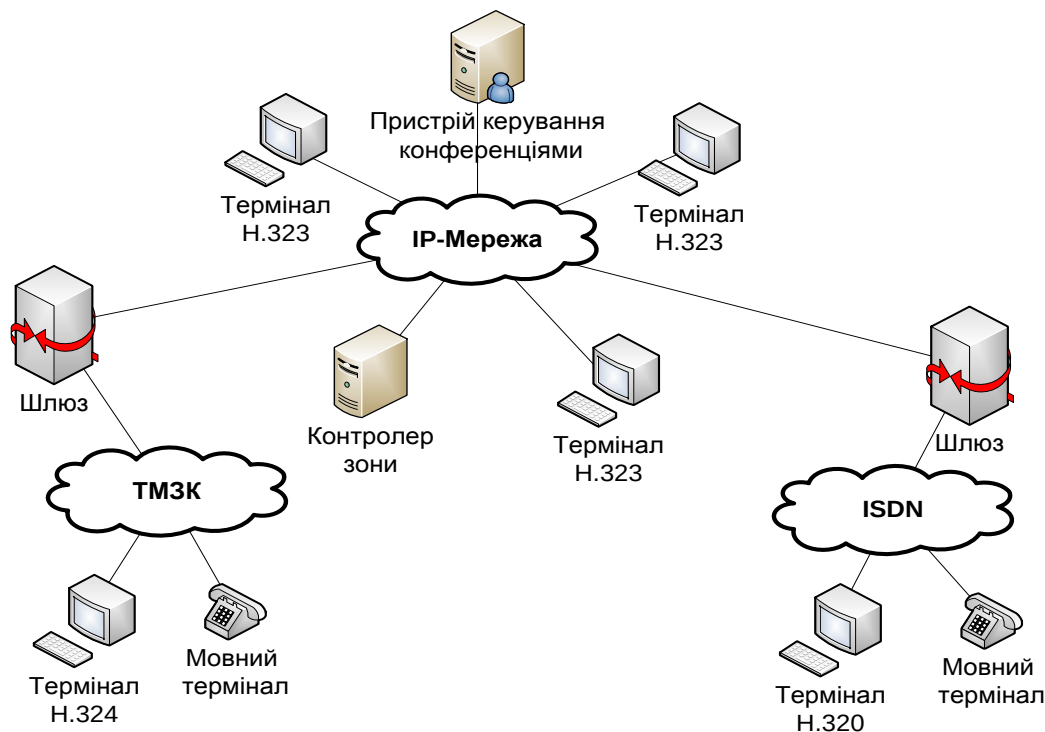


Рисунок 1 – Структура архітектури мережі H.323

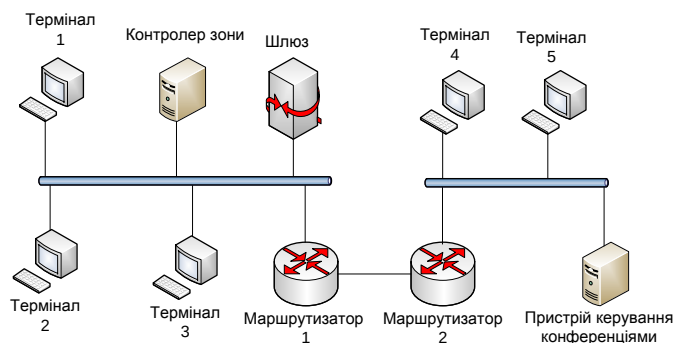


Рисунок 2 – Область мережі Н.323

У сфері безпеки комп'ютерних систем, управління на основі ролей доступу (RBAC) – це підхід до обмеження доступу до системи тільки для авторизованих користувачів. Він використовується в більшості підприємств з великою кількістю співробітників.

В організації на підприємстві, ролі створюються для різних робочих функцій.

Дозволи для виконання певних операцій присвоюються конкретній ролі. Користувачам або персоналу (або іншим користувачам системи) призначаються певні ролі і через ці ролі їм надаються дозволи на виконання конкретних дій. Так як користувачам не призначаються дозволи безпосередньо, а тільки через ролі, управління індивідуальними правами користувача стає простим привласненням відповідних ролей облікового запису користувачу. Це спрощує загальні операції, такі як додавання користувача або зміна відділу користувача.

Для роботи з розробленим застосунком була обрана СУБД Microsoft SQL Server 2008.

Розроблена схема бази даних зображена на рис. 3.

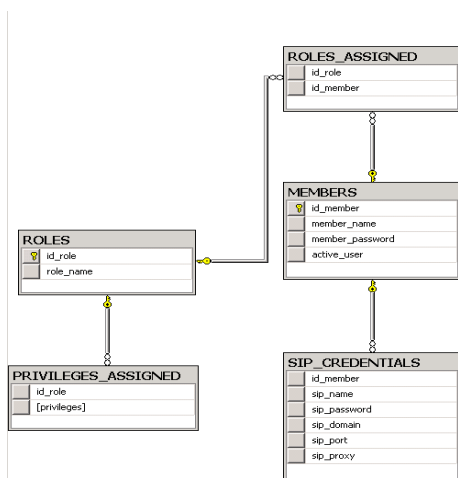


Рисунок 3 – Схема бази даних

Відповідно до окреслених завдань, а також визначених технологій та засобів реалізації було розроблено алгоритм роботи програми та написано програмний код.

Отже, програма налічує три форми для управління: форма автентифікації, головна форма, форма вхідного виклику.

Головна форма з її елементами зображена на рисунку 4. На ній містяться головні елементи управління програмою, такі як: поле для вводу номера абонента; меню; кнопка для початку виклику; кнопка для завершення виклику; регулятор гучності звуковідтворюючих пристроїв; регулятор гучності звукозаписуючих пристроїв; поле з відтворенням у текстовому режимі дій SIP-клієнта.

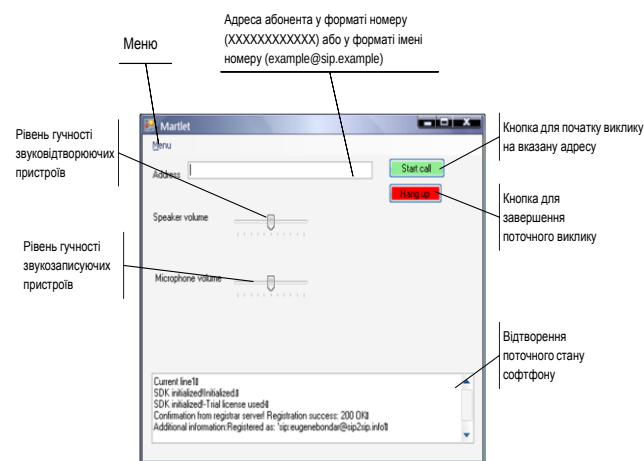


Рисунок 4 – Головна форма розробленого клієнта

При отриманні вхідного виклику з'являється форма зображена на рисунку 5, яка повідомляє про абонента який здійснює виклик, а також дозволяє прийняти чи відхилити дзвінок.

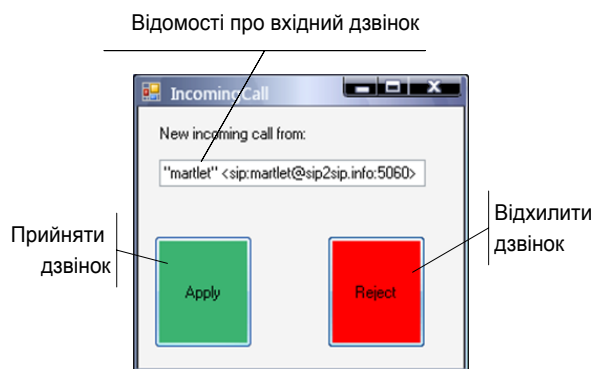


Рисунок 5 – Спливаюча форма при вхідному виклику

Зауважимо, новизна розробленого застосунку полягає у комплексному підході до захисту інформації. В розробленому програмному застосунку «Martlet» використовуються відкриті протоколи шифрування засновані на стандартах RFC. Це надає можливість взаємодіяти з програмним та апаратним забезпеченням сторонніх виробників. Також, у застосунку реалізована політика керування доступом на основі ролей (RBAC)

Захист IP-телефонії можна умовно поділити так: захист на рівні встановлення з'єднання, захист на рівні передачі медіа даних, розподіл прав користувачів. Зокрема, дані протоколу SIP, захищаємо за допомогою протоколу TLS. Використання протоколів TLS забезпечить конфіденційність адресата, та унеможливить відслідковування дзвінків. Передачу медіа даних захищаємо шляхом використання протоколів SRTP, SRTCP та ZRTP. Протокол ZRTP забезпечить узгодження ключів шифрування, SRTCP використовується для контролю медіа сесії, а SRTP відповідає за аутентифікацію, шифрування та пересилання медіа даних. Загальна схема роботи застосунку зображено на рис. 6.

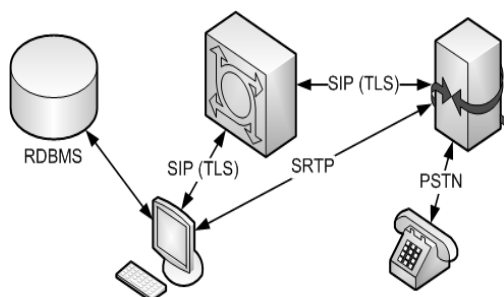


Рисунок 6 – Схема захищеного телефонного зв'язку

Як результат ми отримуємо захищене з'єднання, надзвичайно мобільну організацію зв'язку, можливість інтеграції з іншими мережевими та системними сервісами, можливість робити аналіз здійснених дзвінків та керувати доступом та правами клієнтів.

Список використаних джерел

1. Wendell Odom CCIE Routing and Switching Exam Certification Guide, 4th Edition / Wendell Odom, Rus Healy, Denise Donohue. – Cisco Press, 2009. – 1081 p.
2. Mazurczyk W. On Steganography in Lost Audio Packets [Електронний ресурс] / Wojciech Mazurczyk, Józef Lubacz, Krzysztof Szczypiorski // Warsaw University of Technology – Режим доступу: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1102/1102.0023.pdf>.
3. Mazurczyk W. LACK – a VoIP steganographic method [Електронний ресурс] / Mazurczyk Wojciech, Lubacz Józef // Warsaw University of Technology. – Режим доступу: http://cygnus.tele.pw.edu.pl/~wmazurczyk/art/LAC_K_journal_final.pdf.
4. Mazurczyk W. Lost Audio Packets Steganography: The First Practical Evaluation [Електронний ресурс] / Wojciech Mazurczyk // Warsaw University of Technology. – Реж. доступу: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1107/1107.4076.pdf>.
5. Henning Schulzrinne, Jonathan Rosenberg, «A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony» / Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV), Cambridge, England, July 1998.
6. Henning Schulzrinne, Jonathan Rosenberg, «Signaling for Internet Telephony» / January, 1998.
7. Kundan Singh, Henning Schulzrinne, «Interworking between SIP/SDP and H.323» / Columbia University, May, 2000.
8. John Arquilla Networks and Netwars: The Future of Terror, Crime, and Militancy / John Arquilla, David Ronfeld. – RAND Corporation, 2001. – 376 p.

Надійшла до редакції 20.05.2016

Рецензент: д.т.н., професор Квасніков В. П., Національний авіаційний університет, м. Київ.

Ю. Б. Коваленко, к.пед.н.

КОМПЬЮТЕРИЗОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИЩЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ VOIP

Развитие электронной коммерции и заинтересованность технологии IP как единого транспорта для передачи информации любого вида позволили связать Интернет с традиционной телефонной сетью общего пользования и предложить клиентам персонализированное обслуживание и удобное средство общения. Разработано защищенное приложение, что в отличие от существующих поддерживает установку защищенного соединения и обеспечивает защиту медиа данных, при этом основывается на рекомендациях RFC, а значит, может свободно взаимодействовать с другими аппаратными и программными технологиями VoIP. В дополнение, в приложении реализовано управление доступом на основе ролей, что повышает безопасность и совершенствует возможности мониторинга деятельности пользователя.

Ключевые слова: контролер конференций, технологии VoIP, сеть SIP с прокси-сервером.

Yu Kovalenko, PhD

COMPUTERIZED SYSTEM IS PROTECTED APPLICATION TECHNOLOGY -BASED VOIP

The development of e-commerce and interest in IP technology as the only vehicle to transmit information of any kind made it possible to link the Internet with tradition-term public switched telephone network and offer customers personalized service and convenient means of communication. Developed protected software application that unlike existing supports establishing a secure connection and provides protection of media data, while based on the recommendations of RFC, and therefore can freely interact with other hardware and software technology VoIP. In addition, the application is implemented based access control roles, which increases safety and improves opportunities monitoring of the user.

Keywords: Controller conferences, technology VoIP, network SIP proxy.

УДК 004.89:531.7 (043.3)

Л. В. Кузьмич, к.т.н.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ ПРИЛАДОВИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

Обґрунтовано підходи щодо створення складних технічних виробів у вигляді приладових систем вимірювання механічних величин з застосуванням сучасних технологій на основі теорії надійності, системного аналізу, штучного інтелекту, методів статистичного моделювання та ін. зі збереженням паритету між оптимальним рівнем експлуатаційної надійності даних виробів та їхньою економічністю.

Ключові слова: виріб, приладова система, механічні величини, експлуатаційна надійність, інформаційно-вимірювальна система

Постановка проблеми

Сучасні світові тенденції розвитку промисловості висувають на передній план питання забезпечення технічного рівня, якості, надійності та ефективності роботи складних технічних систем, яким властиві багатофункціональність, ієрархічність, складність конструкції.

В свою чергу, підвищення якості, надійності складає невід'ємну частину загальної задачі

підвищення рівня промисловості та прискорення науково-технічного прогресу.

Одним з визначних факторів конкурентоспроможності складного виробу є створення нових наукових підходів щодо забезпечення якості виробу та забезпечення ефективного функціонування впродовж всіх етапів його життєвого циклу.

Сучасний рівень розвитку методологічних основ забезпечення якості, відповідного технічного рівня, надійності складних виробів

повинен здійснюватись на основі наукових принципів теорії управління якістю з використанням сучасних інформаційних систем.

В умовах нечіткої інформації та стохастичної невизначеності вхідних даних, що характеризують одиничні та комплексні показники якості та надійності, підвищення ефективності обробки інформації для забезпечення та прогнозування певного рівня надійності його функціональності є досить проблематичним.

Комплексне вирішення цієї проблеми полягає не в описі моделей у вигляді аналітичних залежностей, а у вигляді моделі «чорний ящик» на основі евристичних прийомів системного аналізу.

Розробка та впровадження складних технічних виробів у вигляді приладових систем на базі прогресивних інформаційних технологій сьогодні є одним з пріоритетних напрямів розвитку галузей промисловості в усіх промислово розвинутих країнах.

Комплексне вирішення цієї проблеми є можливим завдяки використанню технологій інтелектуальних обчислень і систем інформаційної підтримки життєвого циклу складної технічної системи в умовах її експлуатації. Реалізація такого підходу базується на використанні методів, моделей і механізмів, розроблених з використанням статистичного аналізу даних на основі системного аналізу.

Застосування технологій штучного інтелекту і методів статистичного моделювання дозволяє ефективно вирішувати задачі, пов'язані з прогнозуванням якості виробу, його експлуатаційної надійності, а також управлінням технологічними процесами в умовах нечіткої вхідної інформації.

Останні дослідження працездатності складних технічних об'єктів показують, що використання таких технологій дозволяє зробити суттєвий крок вперед до підвищення надійності та ефективності технічних систем.

Аналіз останніх досліджень

Аналіз останніх досліджень показав, що найважливішу роль у забезпеченні якості і надійності складної технічної системи відіграє контрольно-вимірювальна техніка, в якій особливе місце займають засоби вимірювання та контролю функціональних параметрів даних об'єктів.

В більшості праць увага приділяється, в основному, вимірювальним системам різних типів, що дозволяють отримувати інформацію про параметри складної технічної системи з високою точністю, з застосуванням

комп'ютерної корекції похибок, зберіганням даних про процес та результати вимірювання.

Тому на даному етапі гостро стає питання про створення інтелектуальних вимірювальних приладових систем, які містять, на відміну від класичних інформаційно-вимірювальних систем, базу даних, базу знань, вимірювальну систему з блоками незалежної перевірки та ін.

Питанням розробки інформаційно-вимірювальних систем, методів, засобів та алгоритмів вимірювання механічних величин, програмно-математичного забезпечення вимірювальних систем, оптимізації процесів вимірювання присвячені роботи відомих як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, зокрема Володарського Є. Т., Древецького В. В., Кваснікова В. П., Новікова О. М., Туза Ю. М., Орнатського П. П., Сіроджа І. Б., Liu M., Kazoni M., та інших. Значні результати в області метрології, вимірювання механічних величин, теорії похибок внесли Бойчук Л. М., Древецький В. В., Vukobratovic M., Гапшис А. А., Раманаускас В. А., Каспарайтис А. Ю., Ющенко А. С., Юнгер І. Б., Соболев В. І. та інші.

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій базується на використанні CALS-технологій, пов'язаних з життєвими циклами виробу і передбачає використання відповідних програмно-технічних систем. Основним середовищем створення, збереження та обміну технічної документації є електронний простір.

Складні технічні системи, до яких відносяться приладові системи вимірювання механічних величин, характеризуються сукупністю властивостей: складністю, невизначеністю, багатоваріантністю, динамічним характером процесів, багатокритеріальністю рішень тощо. Їх дослідженню, моделюванню, проектуванню присвячені праці численної кількості науковців, серед яких слід відзначити Волошина О. Ф., Емері Ф., Згуровського М. З., Глушкова В. М., Моїсєєва М. М., Орнатського Д. П., Такахари Я. та ін. Наукові результати цих дослідників склали основу та сприяли подальшій розробці методології системного підходу та системного аналізу.

Створення сучасних приладових систем потребує вирішення багатьох наукових, організаційних і технічних проблем, вирішення яких можливе шляхом розвитку теоретичних основ, методів технічної кібернетики, системотехніки, системного аналізу і теорії прийняття рішень, штучного інтелекту, інформатики, прикладної математики, створення сучасних технічних засобів досліджень, основи яких створено як вітчизняними вченими, так і

вченими зарубіжжя: Альтшулером Г. С., Глобою Л. С., Гермейером Ю. Б., Глушковым В. М., Квасниковим В. П., Красовським А. О., Якубайтисом Є. А. та іншими.

Сучасні методи проектування і конструювання удосконалюються дослідниками винахідницької діяльності, серед яких Альтшулер Г. С., Буш Г. Я., Ніксон Дж., Осборн А. О., Хілл П., Хубка В., Цвіклі В. та інші.

У галузі автоматизації проектування різних технічних систем суттєві наукові та прикладні результати отримано Епштейном В., Жуком К. Д., Норенковим І. П., Петренком А. І., Половінкіним О. І., Семеновим О. І., Смирновим О. Л., Тимченком А. А. та іншими. Працями цих учених створено нові напрями проектування сучасних об'єктів і систем, до яких увійшли цілі розділи з розвинутими методами досліджень: методи геометричного, фізичного і математичного моделювань. Віддаючи належне здобуткам цих дослідників, зауважимо, що, незважаючи на значний обсяг публікацій з даної тематики, ними не охоплено усієї сукупності питань таких складних та багатовимірних процесів, якими є проблеми автоматизації процесів конструювання, зокрема приладових систем, тому необхідні подальші наукові дослідження, які б ґрунтувалися на теоретичних та практичних надбаннях учених та практичних фахівців.

Формулювання мети

На даному етапі розвитку науково-технічного прогресу гостро постає питання про створення інтелектуально-вимірювальних надійних приладових систем із застосуванням технологій штучного інтелекту, методів статистичного моделювання, що дозволять ефективно вирішувати задачі, пов'язані з вимірюванням механічних величин, зокрема витрати, об'єму, щільності, плинності речовини, маси, площі, часу, тиску, градієнту лінійної швидкості та інших величин із застосуванням теорії надійності.

В останні роки спеціалісти приходять до висновку, що використання методів розрахунків, які пропонує теорія надійності, дозволяє зробити суттєвий крок вперед до підвищення надійності та ефективності складних технічних систем, до яких відносяться приладові системи. Тому актуальним є поглиблене вивчення теорії надійності для елементів приладових систем та застосування її для вдосконалення конструктивних елементів даних систем.

Виклад основного матеріалу

Задача підвищення якості матеріалів, виробів, обладнання, що веде за собою підвищення рівня їхньої експлуатаційної надійності завжди була актуальною. Але при цьому слід зберігати паритет між оптимальним рівнем експлуатаційної надійності виробу та його економічністю, оскільки вимоги надійності і економічності знаходяться в протиріччі [1, 2].

Підвищення надійності, що із збільшенням вартості виробу, зокрема приладової системи при її створенні, потребує менших витрат на експлуатацію, і навпаки: здешевлення приладової системи приводить до зниження рівня надійності, для підтримання якого необхідно нести більші експлуатаційні витрати (рис. 1) [3].

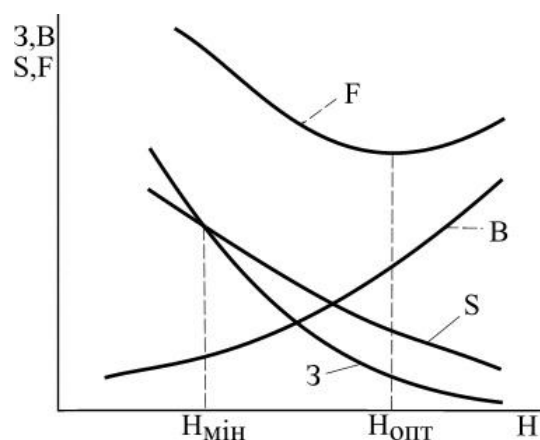


Рисунок 1 – Залежність рівня надійності приладової системи від збитків, витрат на утримання, витрат на підвищення рівня надійності:

S – витрати на утримання;
 B – витрати на підвищення рівня надійності;
 $З$ – збитки від зниження рівня надійності;
 F – сумарні витрати.

Оптимальний рівень надійності $H_{\text{опт}}$ визначається шляхом співставлення витрат на підвищення надійності і величини втрат від її зниження (рис. 1) [2].

Допустимий мінімальний рівень надійності $H_{\text{мін}}$ встановлюють шляхом порівняння витрат $B(t)$ на технічне обслуговування і ремонт із збитками $З(t)$, спричинених зниженням рівня надійності [1, 2, 4]. Якщо $З(t) > B(t)$, то потрібно проводити ремонтно-відновлювальні роботи, а якщо $З(t) < B(t)$, то проведення ремонтних робіт недоцільне (рис. 1).

Пошкодження, відмови, аварії на об'єктах будь-якої технічної системи, в тому числі приладової системи, приводять до збитків (рис. 2) [5]. Щоб зменшити збитки $З(t)$, необхідно додатково нести витрати на своєчасне технічне обслуговування і ремонт $B(t)$. Таким чином, загальні витрати можуть бути оптимізовані за рахунок мінімізації цієї суми.

В цьому випадку функція оптимізації ефективності роботи системи буде мати вигляд:

$$F(t) = [З(t) + B(t)] \longrightarrow \min, \quad (1)$$

де $F(t)$ – сумарні втрати;

$З(t)$ – збитки внаслідок відмов елементів приладової системи;

$B(t)$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт.

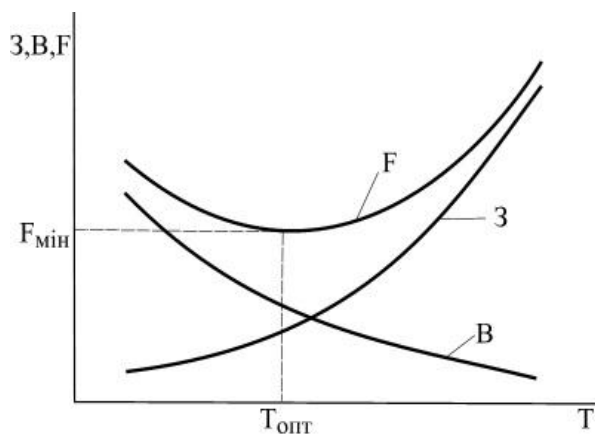


Рисунок 2 – Залежність збитків і витрат на ремонт від тривалості втрати працездатності приладової системи:

$З$ – збитки від втрати працездатності приладової системи;

B – витрати на технічне обслуговування і ремонт;

F – сумарні втрати.

Рівень надійності, що відповідає величині $F_{\min}$, можна вважати оптимальним рівнем надійності $H_{\text{опт}}$.

Аналіз публікацій і нормативів показав, що розрахунки надійності приладових систем нормами проектування, виробництва та експлуатації не регламентовані, відсутні кількісні показники надійності елементів систем та методи їх розрахунку. Розрахункових моделей надійності приладових систем не розроблено через складність моделювання. Первинна інформація про надійність приладових систем

розрізнена по різних джерелам, немає єдиної методики оцінки технічного стану систем, розмірності однойменних критеріїв часто не співпадають.

Повний життєвий цикл будь-якого об'єкта, в тому числі складної технічної системи, якими є приладові системи, супроводжується комплексом завдань з оцінки його надійності: розрахунок показників надійності на різних етапах проектування, підтвердження досягнутого рівня надійності експериментальними методами на кінцевих етапах проектування і виробництва, визначення норми запасних частин для забезпечення надійності в процесі експлуатації.

Рішення цих завдань передбачає використання тієї чи іншої моделі відмов, яка забезпечує, по-перше, рішення цих завдань, а по-друге, збіжність результатів під час визначення розрахункових та експериментальних оцінок [6].

Функція розподілу, використовувана як модель відмов, повинна дозволяти вирішувати такі основні завдання:

- розрахунок показників безвідмовності приладової системи;
- розрахунок довговічності приладової системи;
- розрахунок комплексних показників надійності, включаючи ремонтпридатність та збережуваність приладової системи;
- планування визначальних та контрольних випробувань на надійність;
- оцінка надійності приладової системи за експериментальними даними.

Висновки

Вартість енергоносіїв, до яких належить холодна та гаряча вода, водяна пара тощо, в світі регулярно зростає. Тенденція є такою, що вона зростатиме і надалі. Перед споживачами енергоресурсів стоїть надзвичайно важливе завдання – економія за рахунок забезпечення обліку енергоносіїв. Таким чином актуалізується проблема підвищення точності вимірювання витрати та кількості енергоносіїв, в тому числі витрат холодної та гарячої води, а також теплової енергії.

Особливо гостро сьогодні стоїть питання обліку теплової енергії, оскільки виникає потреба в її індивідуальному обліку та регулюванні, які ускладнюються конструктивними схемами будинкових тепломереж, а саме вертикальною розводкою.

Тому виникає потреба в створенні нового підходу щодо обліковування теплової енергії, яка би враховувала вплив кожного споживача вертикальної системи опалення щодо використання ним певної кількості тепла, за яке він готовий заплатити.

У зв'язку з цим виникає потреба у розробленні та впровадженні таких інтелектуальних лічильних механізмів, які були б універсальними як для вертикальної схеми розводки, так і для горизонтальної.

Для забезпечення необхідної на сьогоднішній день точності вимірювання витрати та кількості енергоресурсів необхідно враховувати сучасні технології на основі інформаційних систем із застосуванням теорії надійності, системного аналізу, штучного інтелекту, методів статистичного моделювання та ін.

Однак не слід забувати про економічність даного питання, оскільки вимоги надійності і економічності знаходяться в протиріччі. Тому в подальших дослідженнях і технічних розробках слід приділити увагу визначенню оптимального технічного рівня приладової системи вимірювання механічних величин з точки зору її експлуатаційної надійності.

Список використаних джерел

1. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 318 с.

Л. В. Кузьмич, к.т.н.

2. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Машиностроение, 1986. – 136 с.

3. Кузьмич Л. В., Кузьмич А. А. Сучасний стан механічних вимірювань витрат води та теплової енергії. Інтегровані інтелектуальні робото технічні комплекси (ІРТК-2016). Дев'ята міжнародна науково-практична конференція 17 – 18 травня 2016 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2016. – 310 с. (збірка тез).

4. Дружинин Г. В. Надежность устройств автоматики. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.

5. Кузьмич Л. В. Експлуатаційні вимоги до забезпечення надійності ГМС / Л. В. Кузьмич // Вісник інженерної академії України. – Київ, 2010. – Випуск 3-4. – С. 141 – 145.

6. ДСТУ 3433-96 (ГОСТ 27.005-97) Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення.

Надійшла до редакції 17.05.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Квасніков В. П., Національний авіаційний університет, м. Київ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ ПРИБОРНЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Обоснованы подходы по созданию сложных технических изделий в виде приборных систем измерения механических величин с применением современных технологий на основании теории надежности, системного анализа, искусственного интеллекта, методов статистического моделирования и др. с сохранением паритета между оптимальным уровнем эксплуатационной надежности данных изделий и их экономичностью.

Ключевые слова: изделие, приборная система, механические величины, эксплуатационная надежность, информационно-измерительная система

L. V. Kuzmych, PhD

CURRENT TRENDS IN CREATING METER SYSTEMS FOR MEASURING OF MECHANICAL QUANTITIES

Approaches for creating complex technical products in the form of meter systems for measuring of mechanical quantities using modern technology, which it based on theory of reliability, systems analysis, artificial intelligence, statistical modeling methods and others methods are grounded with preserving parity between the optimum level of operational reliability of these products and their efficiency.

Keywords: product, meter system, mechanical quantities, operational reliability, information-measuring system

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Адамов Ю. І.	37	Коваленко Ю. Б.	91
Алексеев О.М.	17	Коломієць Л. В.	13, 54
Бірюков Г. І.	42	Кравчук В. С.	79
Братченко Г. Д.	65	Кузьмич Л. В.	95
Братченко Р. Г.	83	Лимаренко О. М.	54, 79
Величко О. М.	24	Лозова К. А.	17
Возняковський А. О.	50	Макарова О. В.	9
Волков С. Л.	13	Орнатський Д. П.	46
Гордієнко Т. Б.	30	Оробей В. Ф.	54
Грабовський Г. В.	83	Папач І. В.	65
Григор'єва Л. І.	9	Рудик А. В.	73
Дащенко О. Ф.	54, 79	Смаглюк Г. Г.	65
Друмов В. В.	42	Солоненко І. П.	59
Дяченко О. Ф.	37	Стахова А. П.	69
Жаборюк Е. О.	13	Томілін Ю. А.	9
Зіангірова Л. Т.	42	Цильвік О. В.	5
Казакова Н. Ф.	83	Шелуха О. О.	87
Квасніков В. П.	50	Щербина Ю. В.	83
Кисельова О. І.	13		

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

АДАМОВ <i>Юрій Іванович</i>	<i>Військова академія, м. Одеса, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (проблем розвитку та застосування частин і підрозділів високомобільних десантних військ та військової розвідки) факультету підготовки спеціалістів високомобільних десантних військ</i>
АЛЕКСЕЄВ <i>Олександр Миколайович</i>	<i>Сумський державний університет, м. Суми, професор кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти», доктор педагогічних наук, професор</i>
БІРЮКОВ <i>Глеб Ігорович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент</i>
БРАТЧЕНКО <i>Геннадій Дмитрович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків, доктор технічних наук, професор</i>
БРАТЧЕНКО <i>Роман Геннадійович</i>	<i>ТОВ «Софтвеа делівері менеджмент», м. Одеса, інженер-програміст</i>
ВЕЛИЧКО <i>Олег Миколайович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, доктор технічних наук, професор</i>
ВОЗНЯКОВСЬКИЙ <i>Андрій Олегович</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ кафедра комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, аспірант</i>
ВОЛКОВ <i>Сергій Леонідович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, декан факультету технічного регулювання та менеджменту якості, кандидат технічних наук, доцент</i>
ГРАБОВСЬКИЙ <i>Геннадій Вікторович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент</i>
ГРИГОР'ЄВА <i>Людмила Іванівна</i>	<i>Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв, завідувач кафедри якості, стандартизації та техногенно-екологічної безпеки, доктор біологічних наук, професор</i>
ГОРДІЄНКО <i>Тетяна Богданівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, доцент</i>
ДАЩЕНКО <i>Олександр Федорович</i>	<i>Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, директор Інституту машинобудування ОНПУ, доктор технічних наук, професор</i>
ДРУМОВ <i>Валерій Валерійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент</i>
ДЯЧЕНКО <i>Олександр Феодосійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, проректор з навчальної та виховної роботи, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник</i>

ЖАБОРЮК <i>Емілія Олександрівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студентка</i>
ЗІАНГИРОВА <i>Лідія Тагірзянівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, кандидат технічних наук</i>
КАЗАКОВА <i>Надія Феліксівна</i>	<i>Одеський національний економічний університет, м. Одеса, доцент кафедри інформаційних систем в економіці, доктор технічних наук, доцент</i>
КВАСНІКОВ <i>Володимир Павлович</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, доктор технічних наук, професор, заслужений метролог України</i>
КИСЕЛЬОВА <i>Ольга Ігорівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри суспільно-гуманітарної підготовки, кандидат педагогічних наук, доцент</i>
КОВАЛЕНКО <i>Юлія Борисівна.</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, доцент кафедри безпеки інформаційних технологій, кандидат педагогічних наук, доцент</i>
КОЛОМІЄЦЬ <i>Леонід Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, ректор, доктор технічних наук, професор</i>
КРАВЧУК <i>Василь Степанович</i>	<i>Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, заступник директора Інституту машинобудування ОНПУ, кандидат технічних наук, доцент</i>
КУЗЬМИЧ <i>Людмила Володимирівна</i>	<i>Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, доцент кафедри Водогосподарського будівництва та експлуатації гідромеліоративних систем, кандидат технічних наук</i>
ЛИМАРЕНКО <i>Олександр Михайлович</i>	<i>Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, доцент кафедри «Динаміка, міцність машин та опір матеріалів», ОНПУ, кандидат технічних наук, доцент</i>
ЛОЗОВА <i>Катерина Анатоліївна</i>	<i>Сумський державний університет, м. Суми, аспірант кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»</i>
МАКАРОВА <i>Олена Валеріївна</i>	<i>Миколаївський державний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв, старший викладач кафедри якості, стандартизації та техногенно-екологічної безпеки</i>
ОРНАТСЬКИЙ <i>Дмитро Петрович</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, професор кафедри інформаційно-вимірювальних систем, доктор технічних наук, доцент</i>
ОРОБЕЙ <i>Віктор Федорович</i>	<i>Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, завідувач кафедри «Динаміка, міцність машин та опір матеріалів», ОНПУ, доктор технічних наук, професор</i>
ПАПАЧ <i>Ілларион Всеволодович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент</i>

РУДИК <i>Андрій Вікторович</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, докторант кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, кандидат технічних наук, доцент</i>
СМАГЛЮК <i>Геннадій Геннадійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій</i>
СОЛОНЕНКО <i>Ірина Петрівна</i>	<i>Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса, асистент кафедри проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг, кандидат технічних наук</i>
СТАХОВА <i>Анжеліка Петрівна</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, здобувач, асистент кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій</i>
ТОМІЛІН <i>Юрій Андрійович</i>	<i>Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв, професор кафедри якості, стандартизації та техногенно-екологічної безпеки, доктор біологічних наук, професор</i>
ЦИЛЬВІК <i>Олег Валерійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, виконавчий директор Міжнародної академії стандартизації</i>
ШЕЛУХА <i>Олексій Олегович</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, аспірант кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій</i>
ЩЕРБИНА <i>Юрій Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент</i>

Наукове видання

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

Випуск 1(8) 2016

Редактор

Братченко Г. Д.

Комп'ютерна верстка

Постоварова В. Д.

Адреса редакції: 65020, м. Одеса, вул. Ковальська 15, ОДАТРА,

Тел.: (048)728-07-11 – довідки;

E-mail: bratchenkohd@gmail.com

*Надруковано з готового оригінал макету
в видавництві – друкарні «ВМВ»*

*Підписано до друку 25.06.2016
Формат 60*88/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 13,0
Тираж 300 прим.
65053, м. Одеса, пр-т Добровольського 84-а.
www.vmv.odessa.ua*