

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



*Одеська державна академія
технічного регулювання та якості*

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

Випуск 1(2)2013

ОДЕСА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

Випуск 1(2)2013

Заснований у 2012 р.

Засновник: Одеська державна академія технічного регулювання та якості

65020, м. Одеса вул. Ковальська, 15

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

E-mail: odivt@mail.ru

Сайт: www.kachestvo.od.ua

Редакційна колегія

Голова редакційної колегії

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

Заступник голови редакційної колегії

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

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

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

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

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

Волков Сергій Леонідович (к.т.н.)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

Відповідальний секретар Братченко Геннадій Дмитрович

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

Затверджений до друку Вченою Радою Одеської державної академії технічного
регулювання та якості (протокол № 10 від 23 травня 2013 р.)

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

© Одеська державна академія технічного регулювання та якості

ЗМІСТ

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості	5
В. М. Новіков, д.ф.-м.н., І. М. Романенко, С. В. Фомина АНАЛІЗ ЧИННИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО ПРОЦЕДУР ПРОВЕДЕННЯ СЕРТИФІКАЦІЇ СУБХП (НАССР) В УКРАЇНІ ТА ПОШУК ШЛЯХІВ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ.....	6
О. М. Величко, д.т.н., Л. В. Коломієць, д.т.н., Т. Б. Гордієнко, к.т.н. ПЕРЕВІРКА КРИТИЧНОСТІ ДАНИХ МІЖЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ.....	14
А. В. Задорожный, к.т.н., А. П. Липин, к.т.н. ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ISO 22000 С МС ISO 9001.....	22
О. О. Скопа, д.т.н., С. Л. Волков, к.т.н., К. Б. Айвазова ПРОБЛЕМАТИКА ЯКОСТІ ПОСЛУГ ІНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРІВ.....	27
Н. Ф. Казакова, к.т.н., Ю. В. Щербина, к.т.н. ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ.....	32
Л. О. Суліма ВИМОГИ ДО КЕРІВНИЦТВА МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ЗГІДНО МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO 15189:2003.....	37
Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення	41
О. М. Величко, д.т.н., С. Р. Карпенко, Р. В. Гурін ДИСТАНЦІЙНЕ КАЛІБРУВАННЯ АНАЛІЗАТОРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ФІРМИ FLUKE.....	42
В. Ю. Кучерук, д.т.н., І. А. Дудатьєв ОГЛЯД МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ СКЛАДУ ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	50
Б. О. Дем'янчук, д.т.н., Ж. О. Хижняк МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВУ В КУСОЧНО-ОДНОРІДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	59
V. V. Novikov, PhD METHOD OF THE PRECISION DILATOMETRIC STUDIES OF METALLIC GLASSES.....	63
К. Ф. Боряк, д.т.н., М. А. Манзарук, М. А. Гуцалюк МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР ЗА ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОДЕССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ.....	66
Інформаційно-вимірювальні системи і технології	76
В. Ю. Кучерук, д.т.н., О. Г. Ігнатенко, М. Д. Молчанюк, О. В. Андрусь МЕТОД ІНВАРІАНТНОГО ПОГЛИБЛЕННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОТОРНИХ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ.....	77

В. В. Скачков, д.т.н., А. Н. Ефимчиков, к.т.н., В. И. Павлович, С. С. Ковалишин ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРАДИЕНТНЫХ АЛГОРИТМОВ АДАПТАЦИИ НА КАЧЕСТВО ПОДАВЛЕНИЯ ШУМОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	81
О. І. Лещенко, к.т.н., О. Ф. Дяченко, к.т.н., В. Т. Беліков, к.т.н. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАТЯГУ ГНУЧКИХ ПЕРЕДАЧ ПІДЙОМНИХ МЕХАНІЗМІВ.....	88
О. В. Грабовський, Л. В. Коломієць ПРИНЦИПОВІ ПИТАННЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МУЛЬТИХРОМОСОМНОГО ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ.....	93
В. І. Солодка, О. І. Лещенко, к.т.н., М. О. Патлаєнко ТРАНСФОРМАЦІЯ СІТКОВИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ.....	101
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	105
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	106

РОЗДІЛ 1

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

В. М. Новіков¹, д.ф.-м.н., І. М. Романенко², С. В. Фомина^{2,3}¹ВСП «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики» Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ²ДП «Миколаївський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», м. Миколаїв³Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса**АНАЛІЗ ЧИННИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО ПРОЦЕДУР ПРОВЕДЕННЯ СЕРТИФІКАЦІЇ СУБХП (НАССР) В УКРАЇНІ ТА ПОШУК ШЛЯХІВ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ**

У статті проводиться аналіз чинних нормативних документів, та розглядається проблема необхідності вдосконалення порядку сертифікації СУБХП (НАССР).

Ключові слова: нормативні документи, сертифікація, система управління безпечністю харчових продуктів (СУБХП), НАССР.

Постановка проблеми в загальному вигляді полягає в розгляді вимог чинних нормативних документів (НД) у сфері сертифікації систем управління безпечністю харчових продуктів (СУБХП) з метою пошуку шляхів його вдосконалення.

Мета статті: провести аналіз положень чинних нормативних документів щодо діючих вимог і процедур проведення сертифікації СУБХП та визначити шляхи їх вдосконалення.

Розвиток суспільства неминує призводити до збільшення рівнів ризику його існування. Ризики пов'язані з харчовими продуктами, питною водою, навколишнім природним та виробничим середовищем, є визначальними. А безпечність харчових продуктів та питної води – основний фактор здоров'я та довголіття людини.

Якість та безпечність продукції наразі визначають не лише її споживчу привабливість для вітчизняного споживача, але й конкурентоспроможність на світових ринках.

Згідно з Законом України «Про безпечність та якість харчових продуктів» [1] **«безпечність харчового продукту** - стан харчового продукту, що є результатом діяльності з виробництва та обігу, яка здійснюється з дотриманням вимог, встановлених санітарними заходами та/або технічними регламентами, та забезпечує впевненість у тому, що харчовий продукт не завдає шкоди здоров'ю людини (споживача), якщо він спожитий за призначенням».

Для сучасної харчової промисловості характерним є використання великої кількості сировини, харчових добавок, пакувальних матеріалів, що призводить до появи як позитивних так і негативних наслідків. За такої ситуації найбільш логічним кроком є гармонізація вимог до безпеки продукції шляхом

застосування загально визнаної моделі НАССР (Hazard Analysis Critical Control Points – аналіз ризиків та критичні точки контролю, НАССР).

НАССР – це визнаний на міжнародному рівні науково обґрунтований систематичний превентивний підхід, спрямований в першу чергу на передбачення і попередження біологічних, фізичних та хімічних небезпечних чинників, ніж на тестування і перевірку кінцевого продукту. НАССР являє собою систему оцінки небезпечних чинників продовольчої сировини, технологічних процесів і готової продукції.

НАССР приділяє особливу увагу контролю процесу на якомого ранніх стадіях у технологічній схемі виготовлення продукту, застосовуючи контроль операцій та (або) методів і безперервний моніторинг в критичних контрольних точках.

Дана система може застосовуватися для широкого спектру простих і складних операцій протягом усього ланцюга виробництва і реалізації харчової продукції та має низку переваг перед іншими системами управління якістю:

- з високим ступенем вірогідності не допускає виробництва або розповсюдження небезпечних харчових продуктів;
- може бути використана для всіх ланок харчового ланцюга;
- розроблена спеціально для контролю харчових продуктів і продовольчої сировини;
- використовує запобіжний підхід;
- чітко розподіляє відповідальність персоналу за безпечність продуктів;
- надійно захищає репутацію підприємства.

Сертифікація системи НАССР укріплює довіру до підприємства та до харчової продукції, яка ним вводиться в обіг. Це є дуже актуальним питанням сьогодення, коли особливість формування споживчого ринку України полягає в дуже швидкому (стрибоподібному) переході від адміністративної системи контролю якості та безпечності з боку держави до ринкових важелів управління, наслідком якої є повна або часткова втрата відповідальності виробника і влади за наявність на ринку контрафактної продукції.

Дедалі більше поширення й застосування системи НАССР у всьому світі промисловістю, сільським господарством, урядами та споживачами, поряд з її сумісністю з іншими системами управління якістю, дає підстави вважати, що саме ця система в найближчому майбутньому стане універсальним інструментом для гарантування безпечності продовольства на державному рівні.

Впровадження систем НАССР є обов'язковою вимогою законодавства США, Канади, Японії, Нової Зеландії та багатьох інших країн світу.

Широке впровадження принципів НАССР при виробництві харчових продуктів у розвинених країнах світу зумовило необхідність однозначної оцінки третьою стороною ступеня виконання принципів НАССР, тобто сертифікації систем НАССР.

Слід відмітити, що основною особливістю організації системи законодавства, що регулює безпечність продукції в ЄС, є практика розроблення директив та регламентів, єдиних та обов'язкових для виконання всіма країнами-членами співтовариства. Таким чином, в Європі сформована єдина для 27 членів законодавча та інституційна структура контролю на основі існуючих раніше національних систем і механізмів безпечності харчової продукції [2].

Глобалізація світової економіки та формування спільних транснаціональних ринків зумовили необхідність вирішення проблеми взаємного визнання результатів відповідності, в тому числі й результатів сертифікації СУБХП в різних країнах світу. В свою чергу, потреби взаємного міжнародного визнання результатів оцінки відповідності систем, що ґрунтуються на принципах НАССР, зумовили необхідність прийняття єдиного міжнародного стандарту ISO 22000 (національний нормативний документ ДСТУ ISO 22000:2007 [3]), в якому визначено найбільш сучасний універсальний спектр вимог до СУБХП та який формує єдині міжнародні вимоги до СУБХП, за якими проводиться її сертифікація. Єдиний порядок сертифікації

СУБХП, визначений в ISO/TS 22003:2009 (національний нормативний документ ДСТУ-П ISO/TS 22003:2009 [4]) та органічно вписується в існуючу схему забезпечення взаємного визнання результатів оцінки відповідності (стандарти ISO серії 17000), яка побудована на принципах дії єдиних стандартів оцінки відповідності і єдиних критеріїв компетентності органів з оцінки відповідності [5].

Стандарти ISO серії 22 000 займають визначальне місце в системі стандартів, що формують взаємне визнання результатів оцінки відповідності (рис. 1).

Найвидатнішими подіями, що забезпечили системі НАССР міжнародне визнання, вважаються три наступні:

- доповідь Національної Академії наук США «Мікробіологічні критерії якості продуктів харчування та компонентів», 1985;

- доповідь міжнародної комісії з мікробіологічних вимог до харчових продуктів, 1988;

- настанови з впровадження системи НАССР, 1991, розроблені Комісією з питань гігієни харчових продуктів та затверджені в 1993р. на 20-й сесії Комісії Кодекс Аліментаріус.

Вимоги до системи НАССР визначено у міжнародному кодексі CAC/RCP 1-1969 [13], який створено Продовольчою та сільськогосподарською організацією (FAO) та Всесвітньою організацією охорони здоров'я (WHO) та видано Комісією Кодекс Аліментаріус (Commission Codex Alimentarius).

На даний час чинними в Україні, щодо систем управління безпечністю харчових продуктів, є ряд національних стандартів, згармонізованих з міжнародними стандартами: ДСТУ ISO 22000:2007 [3], ДСТУ-П ISO/TS 22003:2009 [4], ДСТУ-Н ISO/TS 22004:2005 [11], ДСТУ ISO 22005:2009 [12], ДСТУ ISO/IEC 17021:2008 [13] (табл. 1) та національний стандарт ДСТУ 4161-2003 [14].

Отже, безпечність харчових продуктів є однією зі складових частин глобальної ключової проблеми забезпечення продовольчої безпеки у всіх країнах світу, у тому числі і в Україні. Її розв'язання було б неможливим без прийняття та впровадження на національному рівні міжнародних НД у сфері технології виробництва харчових продуктів.

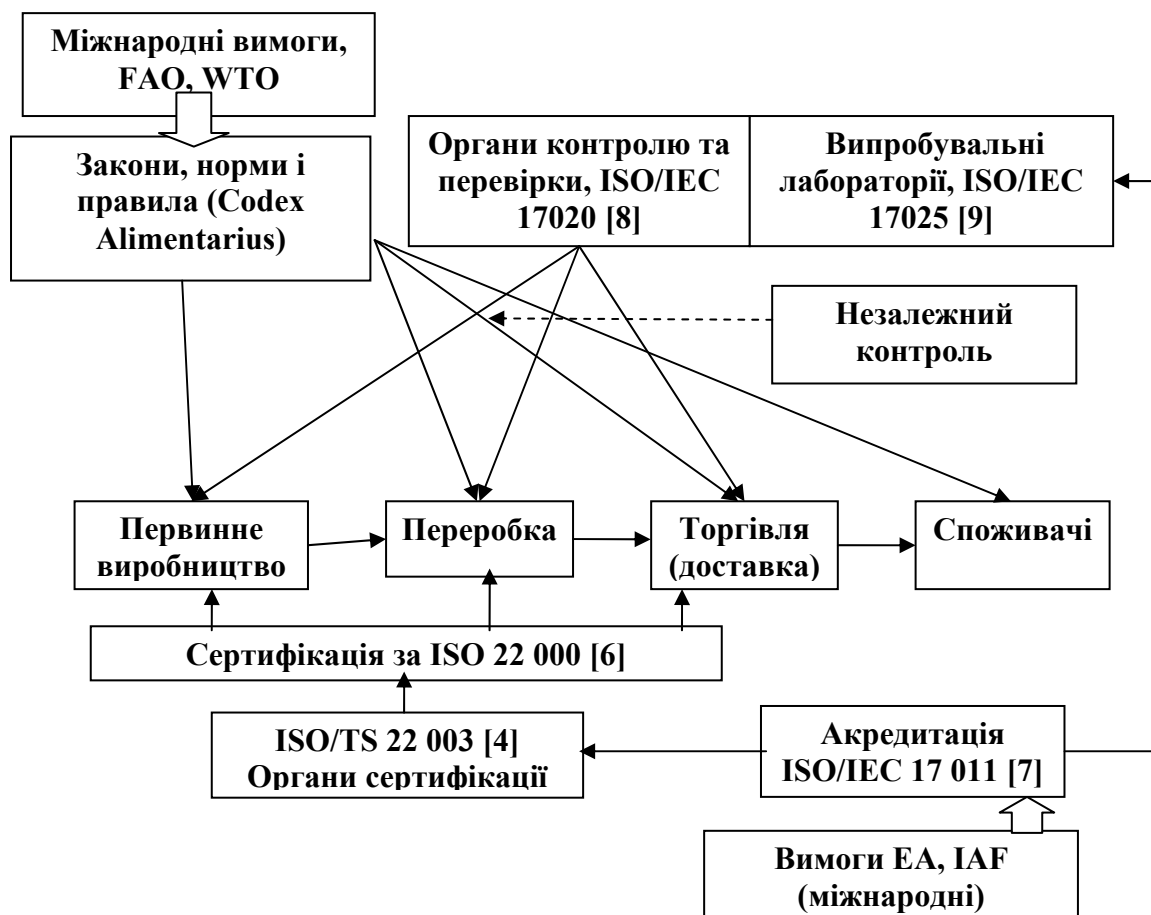


Рисунок 1 - Місце стандартів ISO серії 22 000 в системі стандартів, що формують взаємне визнання результатів оцінки відповідності

Таблиця 1 - Чинні згармонізовані національні НД серії 22000

Позначення та назва згармонізованого національного НД
ДСТУ ISO 22000:2007. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT). – Чинний від 01.08.2007.- К.: Держстандарт України, 2007. – 31 с. – (Національний стандарт України).
ДСТУ-П ISO/TS 22003:2009. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до органів, що здійснюють аудит та сертифікацію систем управління безпечністю харчових продуктів (ISO/TS 22003:2007, IDT). – Чинний від 01.01.2010. – К.: Держстандарт України, 2010. – 14 с. – (Пробний стандарт).
ДСТУ-Н ISO/TS 22004:2005. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Настанова щодо застосування ISO 22000:2005 (ISO/TS 22004:2005, IDT). – Чинний від 01.01.2010. – К.: Держстандарт України, 2010. – 13 с. – (Настанова).
ДСТУ ISO 22005:2009. Простежуваність у кормових та харчових ланцюгах. Загальні принципи та основні вимоги щодо розроблення та запровадження системи (ISO 22005:2007, IDT). – Чинний від 01.01.2010. – К.: Держстандарт України, 2010. – 6 с. – (Національний стандарт України).

Вивченню актуальності та проблематики питання впровадження СУБХП підприємствами операторами-потужностей нашої країни, присвячено багато праць провідних науковців та фахівців. Так, у статті [15] і навчальному посібнику [5] докладно проаналізовано вимоги ISO 22000 [6] до СУБХП у рамках системи Аналізування небезпечних чинників та критичні точки керування (НАССР). Автором статті [16] розглянуто загальні принципи й основні вимоги ISO 22005 [17] щодо планування, розробляння, впровадження системи простежуваності (СП) у кормових та харчових ланцюгах. У статті [18] запропоновано методичні рекомендації щодо управління програмами передумовами (ПП) - як одного з ключових елементів СУБХП. Авторами статті [19] відмічені основні переваги, які отримують виробники з впровадженням СУБХП відповідно до вимог [6], і роль ПП у СУБХП. Наведено вимоги ISO/TS 22002-1 [20], які безпосередньо стосуються впровадження ПП, та алгоритм визначення ПП (ОПП). У [21] зазначено деякі загальні положення ISO/TS 22002-3 [22]. У статті [23] приведені тенденції й перспективи розвитку згармонізованих національних НД серії 22000 на підставі комплексного порівняльного кількісного аналізування їх стану. Проте досі не було проведено аналізу чинних НД щодо порядку проведення процедури сертифікації СУБХП за ISO 22000:2005 [6] Держспоживстандартом України в 2004 році з метою впровадження суб'єктами господарської діяльності національного стандарту ДСТУ 4161-2003 [14] та проведення процедури сертифікації в Системі сертифікації УкрСЕПРО, було розроблено «Порядок сертифікації систем управління безпечністю харчових продуктів» [24], проте і до теперішнього часу на державному рівні не розроблено документ, який би описував механізм проведення сертифікації СУБХП з урахуванням вимог національних стандартів, згармонізованих з міжнародними стандартами та надавав би можливість проведення в подальшому аналізу і моніторингу дотримання її вимог. Це, в свою чергу, унеможливує проведення процедури сертифікації та взаємного визнання «коректно», якщо кожен орган з сертифікації встановлює власні порядки, а на національному рівні відсутній один загальний ПОРЯДОК.

Нагадаємо ще раз, що базовим стандартом, який визначає вимоги до СУБХП, є ISO 22000:2005 «Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain (Системи управління безпечністю харчових

продуктів – Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга)» [6]. Таким чином сертифікація СУБХП (як оцінка відповідності третьою стороною) має проводитися за єдиними критеріями визначеними в ISO 22000:2005 [6]. Це сприяє вирішенню проблеми взаємного визнання результатів оцінки відповідності на міжнародному рівні. Стандарт [6] посилається на ISO 9001:2000 [25]; ISO 9004:2000 [26] і на відміну від національного стандарту ДСТУ 4161:2003 [14] повністю гармонізований з ISO 9001:2000 [25]. Основи методології аудиту СУБХП визначаються за аналогією ISO 9001:2000 стандартом ISO 19011 (національний аналог ДСТУ ISO 19011 [27]).

Положення ISO 22000:2005 [6] в сфері аудиту мають суттєву різницю з положеннями в даній сфері ISO 9001:2000 [25] та вимагають використання загальних методологічних прийомів ДСТУ ISO 19011 [27], що в сукупності зумовило необхідність розробки специфічних критеріїв оцінювання СУБХП на відповідність ISO 22000:2005 [6]. Дане завдання було успішно вирішене з введенням в дію ISO/TS 22003 (національний аналог ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4]).

Технічні специфікації ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4] розроблені головним чином для органів з оцінки відповідності СУБХП з метою запровадження єдиних міжнародно визнаних критеріїв оцінки і полегшення, таким чином, процедури взаємного визнання результатів оцінки відповідності.

Нормативними посиланнями технічних специфікацій ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4] є:

- ISO/IEC 17000 (національний аналог ДСТУ ISO/IEC 17000 [28]) – як словник з оцінки відповідності;
- ISO/IEC 17021 (національний аналог ДСТУ ISO/IEC 17021-1 [13]) – як стандарт, який визначає вимоги до органів, що здійснюють аудит і сертифікацію систем менеджменту;
- ISO 19011 (національний аналог ДСТУ ISO 19011 [27]) – як стандарт, що визначає методологію проведення аудитів систем менеджменту;
- ISO 22000 (національний аналог ДСТУ ISO 22000 [3]) – як стандарт, що визначає вимоги до СУБХП.

Таким чином, специфікації ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4] мають на меті:

- надати гармонізоване на міжнародному рівні керівництво до акредитації органів, що сертифікують СУБХП за ISO 22000 [6];

- надати правила аудиту і сертифікації СУБХП (в рамках моделі ISO 22000);

- забезпечити споживачів необхідною інформацією та сформувати довіру щодо сертифікації, яку отримали їх постачальники.

На відміну від ДСТУ 4161 [14] та Порядку [24], де проводиться розподіл невідповідностей на критичні (значні) та некритичні (незначні), для оцінювання СУБХП на відповідність вимогам ISO 22000:2005 [6] рекомендовано використовувати наступну градацію невідповідностей: критична невідповідність; значна (суттєва) невідповідність; незначна (несуттєва невідповідність). Дана градація близька до аналогів при оцінці системи менеджменту за моделлю ISO 9001:2000 [25].

Також, слід зазначити, що вимоги до аудиторів з сертифікації СУБХП, етапів проведення аудиту і формування висновків за результатами оцінювання, визначені в ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4] і чинним сьогодні в Україні Порядком [24], відрізняються.

Так, вимоги до кваліфікації аудиторів з сертифікації СУБХП за ISO 22000 [6] більш високі і включають (крім навчання принципам HACCP та ISO 22000), наприклад, ще й наявність п'ятирічного досвіду роботи з даною категорією харчового продукту або дворічне післяшкільне навчання в галузі сільського господарства чи харчової промисловості та дворічний досвід роботи з даною категорією продукту. Згідно Порядку [24] до аудиторів СУБХП в системі УкрСЕПРО такі вимоги не пред'являються. Слід також відмітити, що з впровадженням нової редакції ДСТУ ISO/IEC 17021 [29] від 2011 року ці вимоги стали ще більш жорсткими, наприклад, недостатнім для здійснення діяльності аудитора є наявність у претендента середньої освіти, успішно пройденого навчання та прийняття участі у декількох аудитах; в стандарті закладається більш широке розуміння компетентності аудитора, яке враховує і інші навички та уміння, необхідність в наявності яких виникає при проведенні аудиту.

Таким чином, аудитор HACCP відповідно до вимог ISO 22000 [6] обов'язково повинен мати:

- відповідну фахову освіту та/або досвід роботи з конкретною категорією харчового продукту;

- знання, що відповідають рівню вищої освіти з основ мікробіології і та загальної хімії;

- знання, що відповідають рівню вищої освіти і охоплюють курси щодо виробничих категорій ланцюга харчових продуктів.

Рішення за результатами аудиту в рамках ISO 22000 [6] в порівнянні з Порядком [24], приймаються з дещо меншою мірою суб'єктивізму, зважаючи на врахування в ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4] ступеня важливості ризиків в залежності від категорій продуктів, що не вимагається в системі УкрСЕПРО при сертифікації СУБХП за ДСТУ 4161 [14].

Відповідно до Порядку [24] процес сертифікації передбачає проведення попереднього (заочного) оцінювання, остаточного оцінювання та технічний нагляд за сертифікованою СУБХП протягом дії сертифіката, а згідно ISO/IEC 17021 [29], на який має нормативне посилання ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4], до процесу сертифікації відноситься: первинний сертифікаційний аудит; наглядовий та повторний сертифікаційний (ресертифікаційний) аудити; що також підтверджує процедурну відмінність Порядку [24] та ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4].

За ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4] розрізняють попередній сертифікаційний аудит, метою якого є вивчення СУБХП організації та оцінка ступеня готовності організації до сертифікації шляхом перевірки питань:

- чи має організація ПП, що відповідають регуляторним вимогам і технічним особливостям даного виробництва (за ДСТУ 4161 [14] ПП не вимагається);

- чи включає СУБХП організації відповідні процеси ідентифікації небезпечних чинників і оцінки їх важливості;

- чи виконуються відповідні специфікації організації, законодавчі та нормативні вимоги;

- чи розроблена в організації СУБХП, спрямована на реалізацію політики, щодо безпечності харчового продукту (тобто заданої Стандартом моделі СУБХП);

- чи підтвердили програми валідації, верифікації і вдосконалення відповідність СУБХП організації вимогам стандарту;

- чи проводився в організації аналіз керівництвом СУБХП і чи підтвердив він відповідність, адекватність та результативність системи;

- чи підтверджується впровадження внутрішніх та зовнішніх комунікаційних процесів з постачальниками, споживачами та зацікавленими сторонами (можливе також вивчення будь-якої іншої інформації для підтвердження готовності організації до сертифікації).

Початковий (первинний) аудит, відповідно до ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4], потрібно виконувати в приміщенні клієнта, а не заочно як це передбачає Порядок [24].

ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4] містить також ряд інших вимог не передбачених в ДСТУ 4161 [14] та Порядку [24], щодо:

- принципів на яких ґрунтується достовірна сертифікація (неупередженість, компетентність, відповідальність, відкритість, конфіденційність та реагування на скарги);

- компетентність керівництва та персоналу (персонал та керівництво повинні мати відповідні особисті якості; знання, необхідні для категорій в яких вони працюють; освіту; пройти навчання з питань безпечності харчових продуктів та з питань аудиту);

- управління неупередженістю (відсутність можливості надання консультацій з питань аналізування небезпечних чинників, з питань СУБХП та систем управління);

- персоналу, який надає сертифікацію (освіта; досвід роботи; відповідну підготовку);

- технічних експертів (освіта, досвід роботи, компетентність);

- вибору групи аудиту, правил і умов її формування;

- залучення зовнішніх ресурсів;

- інформації та процесів (опис вибіркового аудиту множинних площадок; розрахунок часу, необхідного для планування і проведення аудиту; опис етапів аудиту і ін.);

- спеціальних аудитів;

- скорочення сфери сертифікації (згідно ДСТУ 4161 [14] та Порядку [24] передбачається лише призупинення або скасування сертифіката відповідності).

Ще однією відмінністю двох систем є і те, що з метою проведення сертифікації СУБХП в системі УкрСЕПРО на відповідність ДСТУ 4161

[14] орган сертифікації повинен мати на це призначення, а на відповідність вимогам ISO 22000:2005 – акредитованим Національним Агентством з акредитації.

Аналіз лише основних наведених вище невідповідностей чинних нормативних документів у сфері сертифікації свідчить про те, що в Україні на національному рівні потребує розробки та впровадження єдиний порядок сертифікації СУБХП на відповідність вимогам ISO 22000 з урахуванням вимог ДСТУ-П ISO/TS 22003 [4], ДСТУ ISO/IEC 17021 [13], ДСТУ ISO 19011 [27], ДСТУ ISO/IEC 17000 [28], що пришвидшить адаптування національної СУБХП до європейської та надасть змогу ще на крок наблизитися до системи взаємного визнання результатів оцінки відповідності, за якої визнання компетентності (акредитація) органу оцінки відповідності (органу з сертифікації) органом з акредитації, що підтримує, наприклад, MLA (угода про взаємне визнання) з ЕА (Європейська Асоціація з акредитації), формально означає акредитацію цього органу з оцінки відповідності (визнання його компетентності) органами з акредитації інших країн, членів ЕА.

Висновки

Упродовж 1997-2002 років у ЄС створено прозору СУБХП з чітким розподілом прав, повноважень, відповідальності та обов'язків між усіма суб'єктами: від оператора ринку харчових продуктів до Європейської Комісії.

Керуючись одним із пріоритетів національних інтересів – інтегрування України до європейського політичного, економічного, правового простору доцільно пришвидшити адаптування національної СУБХП до європейської, в першу чергу розробивши єдину концепцію та порядок проведення процедури сертифікації СУБХП, що дозволить забезпечити єдиний підхід до проведення процедури сертифікації СУБХП на державному рівні всіма акредитованими органами сертифікації та ще на крок надасть можливість наблизитися до системи взаємного визнання результатів оцінки відповідності.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» від 23.12.1997 №771/97-ВР

// Офіційний веб-портал Верховної ради України.-Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/771/97%DO%B2%D1%80/>.

2. Кісель С. Порівняння національної законодавчої бази України та Європейського Союзу щодо безпечності харчової продукції/ С. Кісель // Науково-технічний журнал «ССЯ». – 2012. – № 4 (77). – С. 57-60.

3. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT): ДСТУ ISO 22000:2007. – Чинний від 01.08.2007. – К.: Держстандарт України, 2007 – 31 с. – (Національний стандарт України).

4. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до органів, що здійснюють аудит та сертифікацію систем управління безпечністю харчових продуктів (ISO/TS 22003:2007, IDT): ДСТУ-П ISO/TS 22003:2009.–Чинний від 01.01.2010. – К.: Держстандарт України, 2010 – 14 с. – (Пробний стандарт).

5. Основи управління безпечністю харчових продуктів. Навчальний посібник/ Ю.Ф. Мельник, В.М. Новіков, Л.С. Школьник. – К.: Союз споживачів України, 2007. – 297 с.

6. ISO 22000:2005. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain (Системи управління безпечністю харчових продуктів – Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга).

7. Оцінювання відповідності. Загальні вимоги до органів акредитації, що акредитують органи оцінювання відповідності (ISO/IEC 17011:2004, IDT): ДСТУ ISO/IEC 17011:2005. – Чинний від 01.10.2006. – К.: Держстандарт України, 2005 – 26 с. – (Національний стандарт України).

8. Загальні критерії щодо діяльності органів різних типів, що здійснюють інспектування (ISO/IEC 17020:1998, IDT): ДСТУ ISO/IEC 17020:2001. – Чинний від 01.03.2002. – К.: Держстандарт України, 2001 – 18 с. – (Національний стандарт України).

9. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT): ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. – Чинний від 01.07.2007.- К.: Держстандарт України, 2006 – 32 с. – (Національний стандарт України).

10. Recommended international code of practice-General principles of food hygiene.

CAC/RCP 1-1969, Rev.4. – 2003. – 31 р. (Рекомендований міжнародний кодекс практичних загальних принципів гігієни харчових продуктів).

11. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Настанова щодо застосування ISO 22000:2005 (ISO/TS 22004:2005, IDT): ДСТУ-Н ISO/TS 22004:2005. – Чинний від 01.01.2010.-К.:Держстандарт України, 2010 – 13 с. – (Настанова).

12. Простежуваність у кормових та харчових ланцюгах. Загальні принципи та основні вимоги щодо розроблення та запровадження системи (ISO 22005:2007, IDT): ДСТУ ISO 22005:2009. – Чинний від 01.01.2010. – К.: Держстандарт України, 2010 – 6 с. – (Національний стандарт України).

13. Оцінювання відповідності. Вимоги до органів, які провадять аудит і сертифікацію систем управління (ISO/IEC 17021:2006, IDT): ДСТУ ISO/IEC 17021-1:2008. – Чинний від 01.09.2008. – К.: Держстандарт України, 2008 – 30 с. – (Національний стандарт України).

14. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги: ДСТУ 4161 – 2003. – Чинний від 01.07.2003. – К.: Держстандарт України, 2003 – 13 с. – (Національний стандарт України).

15. Солаков В. Безопасность пищевых продуктов: стандарт ИСО 22000:2005 / В. Солаков // Стандарты и качество. – 2006. – № 12. – С. 60-63.

16. Хохлявин С.А. Система прослеживаемости в пищевой цепочке: цели, принципы и разработка / С.А. Хохлявин // Мир стандартов. – 2007. – № 2. – С. 26-32.

17. ISO 22005:2007. Traceability in the feed and food chain – General principles and basic requirements for system design and implementation (Простежуваність у кормових та харчових ланцюгах – Загальні принципи та основні вимоги щодо розроблення та запровадження системи).

18. Ролько О. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Програми-передумови / О. Ролько // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 3. – С. 55-57.

19. Дзюба Т. Програми-передумови як загальновизнаний ключовий елемент системи управління безпечністю харчових продуктів / Т. Дзюба, Г. Мазур // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2012. – № 1. – С. 50-52.

20. ISO/TS 22002-1:2009. Prerequisite programmes on food safety – Part 1: Food

manufacturing (Програми-передумови щодо безпечності харчових продуктів – Частина 1: Виробництво харчових продуктів).

21. Безпека сільськогосподарської продукції завдяки ISO/TS 22002-3 // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2012. – № 1. – С. 61.

22. ISO/TS 22002-3:2011. Prerequisite programmes on food safety – Part 3: Farming (Програми-передумови щодо безпечності харчових продуктів – Частина 3: Виробництво сільськогосподарської продукції).

23. Грищенко Ф. Згармонізовані національні нормативні документи серії 22000: стан, тенденції й перспективи / Ф. Грищенко // Науково-технічний журнал «ССЯ». – 2012. – № 3(76). – С. 3-9.

24. Порядок сертифікації систем управління безпечністю харчових продуктів, затверджений наказом Держспоживстандарту України від 25.08.2004 № 185. – 23 с.

25. ISO 9001:2000. Quality management systems – Requirements (Системи управління якістю – Вимоги).

26. ISO 9004:2000. Quality management systems – Guidelines for performance improvements (Системи управління якістю – Настанови щодо поліпшення діяльності).

27. Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю і (або) екологічного управління (ISO 19011:2003, IDT): ДСТУ ISO 19011:2003. – Чинний від 01.07.2004.- К.: Держстандарт України, 2004 – 24 с. – (Національний стандарт України).

28. Оцінювання відповідності. Словник термінів а загальні принципи (ISO/IEC 17000:2003, IDT): ДСТУ ISO/IEC 17000:2007. – Чинний від 01.04.2008. – К.: Держстандарт України, 2007 – 26 с. – (Національний стандарт України).

29. ISO/IEC 17021. Conformity assessment - Requirements for bodies providing audit and certification of management systems (Оцінка відповідності – Вимоги до органів, що здійснюють аудит і сертифікацію систем менеджменту).

Надійшла до редакції 08.05.2013

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

В. М. Новиков, д.ф.-м.н., И. М. Романенко, С. В. Фомина

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОЦЕДУР ПРОВЕДЕНИЯ СЕРТИФИКАЦИИ СУБХП (НАССР) В УКРАИНЕ И ПОИСК ПУТЕЙ ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

В статье проводится анализ действующих нормативных документов, и рассматривается проблема необходимости усовершенствования порядка сертификации СУБПП (НАССР).

Ключевые слова: нормативные документы, сертификация, система управления безопасностью пищевых продуктов (СУБПП), НАССР.

V. M. Novikov, DSc, I. M. Romanenko, S. V. Fomina

ANALYSIS OF OPERATING NORMATIVE DOCUMENTS IN RELATION TO PROCEDURES OF REALIZATION OF CERTIFICATION OF HACCP IN UKRAINE AND SEARCH OF WAYS OF THEIR IMPROVEMENT

The article includes analysis of the existing legislation and the problem of necessity of improvement of the procedure of certification of food safety management systems (HACCP) is considered.

Keywords: legislation, certification, Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP).

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

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ПЕРЕВІРКА КРИТИЧНОСТІ ДАНИХ МІЖЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ

У міжнародних стандартах стандартизовано різноманітні статистичні методи, зокрема графічні, які застосовують для проведення перевірки критичності даних міжлабораторних випробувань. Проведено порівняльний аналіз стандартизованих графічних методів і критеріїв для виявлення викидів у отриманих результатах випробувань. Розглянуто особливості застосування статистичних методів і випробувань на викиди у результатах випробувань.

Ключові слова: статистичний метод, перевірка критичності даних, міжлабораторні випробування, стандарт.

Вступ

При плануванні, проведенні та статистичному аналізі міжлабораторних випробувань для оцінки відмінності при використанні стандартної методики вимірювань та визначенні повторюваності та відтворюваності даних, отриманих під час міжлабораторних випробувань, використовуються стандартизовані статистичні методи [1–3].

При виконанні статистичного аналізу отриманих даних необхідно їх дослідити і застосовувати будь-які статистичні методи для ідентифікації потенційних викидів. З цією метою застосовуються різноманітні стандартизовані статистичні методи, до вибору яких необхідно відноситися досить виважено. Актуальним є проведення порівняльного аналізу можливостей статистичних методів і вироблення необхідних рекомендацій щодо їх застосування.

1. Стандартизовані статистичні методи перевірки критичності первинних даних

Основною метою міжнародного стандарту ISO/TR 22971 [3] є забезпечення його користувачів практичними настановами щодо використання стандарту ISO 5725-2 [4] щодо основного методу визначення повторюваності та відтворюваності стандартного методу вимірювання. У стандарті подано інформацію у вигляді простої послідовної процедури для планування, виконання та статистичного аналізу міжлабораторних випробувань, проведених для оцінювання нестійкості стандартного методу вимірювань і визначення повторності та відтворності даних, одержаних при проведенні

міжлабораторних випробувань.

Стандарт ISO 13528 [5] містить детальні описи статистичних методів, які використовують під час аналізу даних, одержаних за допомогою схем перевірки кваліфікації, і дає рекомендації щодо їхнього використання учасниками таких схем та уповноваженими особами. Його призначають як доповнення до стандарту ISO/IEC 17043 [6] щодо перевірки вмінь за допомогою міжлабораторних випробувань.

Перед проведенням будь-яких випробувань з метою визначення потенційних викидів, рекомендується отримувати графічні діаграми з первинними даними. Розгляд таких діаграм дозволяє виявляти викиди, отримані за результатами міжлабораторних випробувань.

На практиці використовуються різноманітні графічні діаграми, тому доцільно провести їх порівняльний аналіз з метою виявлення особливостей кожної з них.

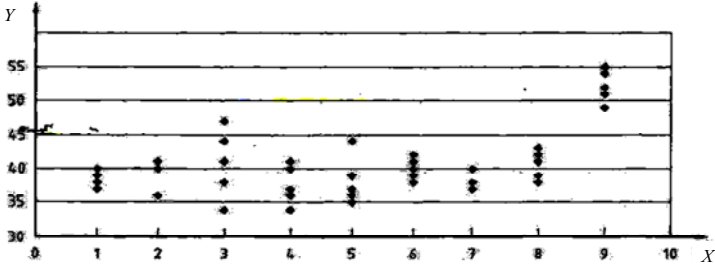
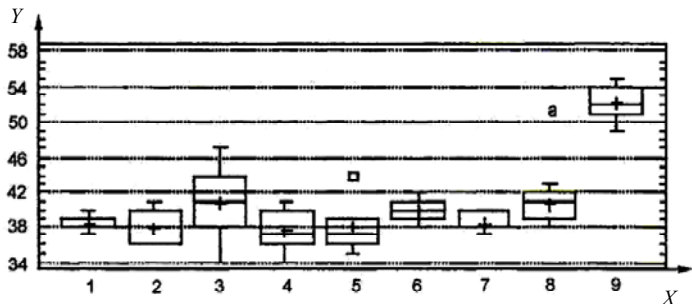
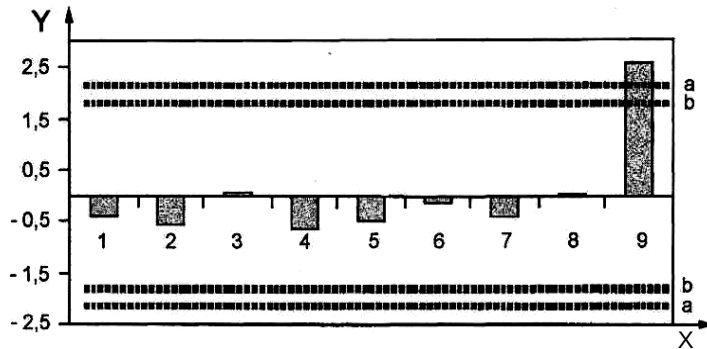
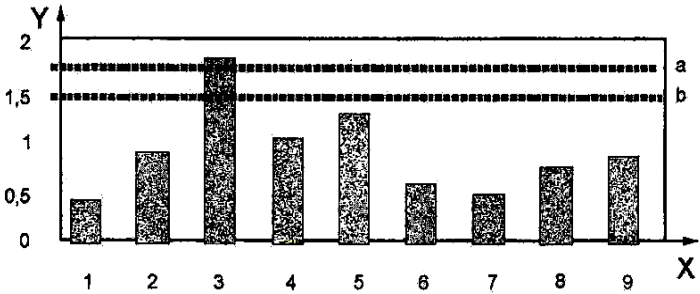
В табл. 1 зведені найбільш розповсюджені діаграми для перевірки критичності первинних даних.

З діаграми виду миттева “картинка” може бути отримана велика кількість інформації, зокрема щодо наявності викидів або очевидної незрозумілої різниці в даних, шляхом візуальної перевірки первинних даних, а також досягається миттєва оцінка цих даних (рис. 1).

Діаграма виду “ящик з вусами” (рис. 2) базується на твердій статистиці, включаючи визначення середньої величини.

Значення коефіцієнтів (співвідношень) для h - чи k -статистик Мандела зводяться у відповідну діаграму для всіх лабораторій і для всіх рівнів (рис. 3 чи рис. 4) і порівнюються з розрахованими або табличними коефіцієнтами (співвідношеннями), отриманими для 95 % і 99 % довірчої ймовірності.

Таблиця 1 – Найбільш поширені графічні діаграми для перевірки критичності даних

Назва і загальна характеристика графічної діаграми	Вигляд графічної діаграми
Діаграма виду миттєва “картинка” (X – ідентифікація лабораторії; Y – результати в лабораторії), миттєва оцінка шляхом простої візуальної перевірки відповідної діаграми отриманих первинних даних	 Рис. 1 Діаграма виду миттєва “картинка”
Діаграма виду “ящик з вусами” (“+” – середнє значення; X – ідентифікація лабораторії; Y – результати в лабораторії), отримані середні величини для всіх лабораторій використовують для розрахунку одиничного загального середнього значення	 Рисунок 2 – Діаграма виду “ящик з вусами”
Діаграма h -статистики Манделя (X – ідентифікація лабораторії; Y – результати в лабораторії; a – 99 % довірча ймовірність; b – 95 % довірча ймовірність), співвідношення різниці між середнім значенням для базового елемента та загальним середнім значенням для даного рівня, а також стандартного відхилення середніх значень в базових елементах	 Рисунок 3 – Діаграма h-статистики Манделя
Діаграма k -статистики Манделя (X – ідентифікація лабораторії; Y – результати в лабораторії; a – 99 % довірча ймовірність; b – 95 % довірча ймовірність), співвідношення стандартного відхилення результатів і середнє або сумарне стандартне відхилення	 Рисунок 4 – Діаграма k-статистики Манделя

Аналіз результатів лабораторій, що брали участь у міжлабораторних випробуваннях, наведених на рис. 1–4, показує наступне.

Результати для лабораторії 9 на діаграмах, наведених на рис. 1–3, могли б визначати викиди з врахуванням середнього значення лабораторії при порівнянні з іншим середнім значенням для всіх інших лабораторій. У цьому випадку необхідно оцінити відтворюваність результатів для цієї лабораторії із застосуванням випробувань за критерієм Грабса [3].

Якщо випробування за критерієм Грабса показує наявність викидів, то діаграма для кожної лабораторії для k -статистики може досягати або перевищувати розраховані значення для h -статистики Мандела при 95 % або 99 % довірчої ймовірності.

Результати для лабораторії 3 на діаграмах, наведених на рис. 1–2 і рис. 4, могли б визначати викиди і можна б було забезпечити більш ефективно отримання результатів в порівнянні з іншими лабораторіями. В цьому випадку необхідно оцінити повторюваність результатів для цієї лабораторії із застосуванням випробувань за критерієм Кохрена [3].

Якщо випробування за критерієм Кохрена показує наявність викидів, то діаграма для кожної лабораторії може досягати або перевищувати розраховану статистику Мандела за довірчої ймовірності 95 % або 99 %.

Як викид розглядається кожний результат, який досить сильно відрізняється від усіх інших результатів, що використовуються для подальших досліджень. Залежно від типу розподілу, якому належать результати спостережень, результат, який здається викидом, насправді може ним не бути. Стандартом ISO 5725-2 [4] рекомендується довірка ймовірність 95 % для викидів, які називають “квазिवикидами”, і 99 % для викидів, які називають “статистичними викидами”.

Вибір 95 % і 99 % довірчої ймовірності для конкретних обставин означає, що один результат із 20 і один результат із 100, відповідно, можуть бути помилково тлумачено. Виходячи з цього, цей єдиний результат може випасти випадково, а встановлений рівень довірчої ймовірності може не відповідати конкретним вимогам. Він може представляти міру прийнятності, якої недостатньо для певних цілей.

Контроль викидів за графіками допомагає отримати додаткове обґрунтування за результатами випробувань на викиди (кількості викидів). Отже, графіки h - і k -статистик Мандела допускається використовувати для полегшення цих рішень. Розгляд повинен дати відхилення

всіх результатів лабораторії, якщо конкретний набір даних (для лабораторії 9 на рис. 3 або для лабораторії 3 на рис. 4) показує, що всі розрахункові значення позитивні та близькі або перевищують наведені в таблицях значення для 95 % і 99 % рівня довірчої ймовірності.

Можливо, що всі вибірккові середні однієї лабораторії більші, ніж відповідні значення всіх інших лабораторій. Цей факт може бути причиною для занепокоєння. Як раніше, рішення про відхилення даних слід приймати лише на основі випробувань за певними критеріями для виявлення вірогідної причини викидів.

2. Особливості застосування критеріїв, які використовуються для перевірки критичності первинних даних

У випробуваннях за певними критеріями, які використовують для визначення наявності або відсутності викидів, передбачають, що результати розподілені відповідно до розподілу Гауса (нормальний розподіл) або, принаймні, відповідно до одномодального розподілу. Отже, перед виконанням будь-якого випробування, особливо випробування, яке вимагає використання великої кількості результатів, має бути зроблена перевірка цього припущення, зокрема з використанням стандарту ISO 5479 [7].

Також передбачається, що кількість результатів в кожному наборі даних (від кожної лабораторії) однакова і що кількість результатів для кожного досліджуваного рівня або кількості різних зразків є однаковою, тобто результати є “збалансованими”. Якщо результати “не збалансовані”, то рекомендують результати з відповідних наборів даних відкидати випадковим чином до досягнення “збалансованості”.

При виконанні випробувань на викиди слід розуміти, що викиди не повинні відхилятися лише за статистичними міркуваннями. Для кожної вибірки причину, за якою результат відрізняється від всіх інших, слід досліджувати і ідентифікувати. Випробування на викиди, засноване на використовуваних припущеннях, вказують на наявність достатньої статистичної причини викидів, але вони не вказують, чому це сталося. Лише після проведення повного дослідження для ідентифікації вірогідної причини дані можуть бути оголошені викидами і відкинуті [3].

Якщо конкретний досліджуваний рівень проаналізований з використанням критеріїв Грабса, Кохрена, або інших критеріїв і жодних викидів не виявлено, або вони ідентифіковані, то проводять перевірку інших досліджуваних рівнів. Якщо декілька викидів ідентифіковано в

різних досліджуваних рівнях для конкретного набору даних, отриманих однією лабораторією, необхідно розглянути питання про випробування всіх наборів даних для всіх досліджуваних рівнів.

Крім того, слід вирішувати: необхідно виключати лише викиди, ідентифіковані для цієї лабораторії чи необхідно відхиляти весь набір даних цієї лабораторії. Необхідні дії визначають індивідуально на основі досвіду і знання досліджень, що виконуються для ідентифікації можливих причин.

Для кожної лабораторії чи досліджуваного рівня, або конкретної вибірки при виконанні більшості випробувань на викиди порівнюють деяку міру відносного відхилення підозрілого результату від середнього всіх результатів і оцінюють, чи можливо вважати походження цього результату випадковим.

Критерій Кохрена використовують для перевірки великих стандартних відхилень базових елементів, які збільшують оцінку стандартного відхилення повторюваності, якщо їх враховувати. Статистика, що використовується в критерії Кохрена, тісно пов'язана з h -статистикою Мандела [3].

Критерій Кохрена призначений для обробки внутрішньолабораторних розходжень результатів вимірювань і повинен застосовуватися в першу чергу, після чого повинні бути вжиті корегувальні заходи, у випадку необхідності, з повторенням вимірювань (випробувань).

Для сукупності з p стандартних відхилень s_i , розрахованих виходячи з однієї і тієї ж кількості (n) результатів випробувань в базових елементах, тестова статистика Кохрена має вигляд [8]

$$C = s_{\max}^2 / \sum_{i=1}^p s_i^2, \quad (1)$$

де $s_{\max}$ – найвище значення стандартного відхилення у сукупності.

У випадку, якщо значення тестової статистики менше (чи дорівнює) 5 % критичному значенню, позицію, що випробують, визнають коректною; у випадку, якщо значення тестової статистики більше 5 % критичного значення і менше (чи дорівнює) 1 % значення, позицію, що випробують, називають квазівикидом і помічають однією зірочкою; у випадку, якщо значення тестової статистики більше 1 % критичного значення, позицію, що випробують, називають статистичним викидом і помічають двома зірочками.

Критичні значення для критерію Кохрена представляються у табличній формі і наведені, зокрема у [8].

Однак, критерій Кохрена застосовують у випадках, коли всі стандартні відхилення виходять з однієї і тієї ж кількості (n) результатів вимірювань, отриманих в умовах повторюваності. В фактичних випадках ця кількість може змінюватися за рахунок недостатніх чи виключених даних.

У стандарті ISO 5725-2 тим не менше передбачається, що такі зміни у кількості результатів вимірювань з розрахунку на базовий елемент будуть обмежені і ними можна знехтувати, тобто критерій Кохрена можна використовувати до кількості результатів вимірювань n , що має місце у більшості базових елементів [4].

За допомогою критерію Кохрена перевіряють тільки найвище значення у сукупності стандартних відхилень, і тому така перевірка є односторонньою. Розкид у дисперсіях може також проявлятися у найнижчих значеннях стандартних відхилень. Однак, на малі значення стандартного відхилення може здійснювати дуже сильний вплив ступінь округлення вихідних даних, і тому вони не дуже надійні. Крім того, недоцільно відкидати дані лабораторії через те, що нею досягнута більш висока прецизійність в результатах вимірювань у порівнянні з іншими лабораторіями. Тому критерій Кохрена вважають адекватним.

Якщо найбільше значення стандартного відхилення класифіковане як викид, то воно повинно бути виключене, а перевірка з використанням критерію Кохрена може бути повторена на значеннях, що залишилися. Слід зазначити, що процедура повторення може привести до занадто великих виключень даних у випадку, коли нормальний розподіл, прийнятий за основу, не є достатньо доброю апроксимацією.

Повторне застосування критерію Кохрена пропонується тут лише як корисний засіб, зважаючи на відсутність статистичного критерію, розробленого для перевірки декількох викидів разом. Цей критерій не розроблявся для цієї мети, і висновки при його повторному застосуванні необхідно робити з великою обережністю.

Також обережно треба використовувати критерій Кохрена у випадках, коли результати, що характеризуються великими значеннями стандартних відхилень (особливо якщо вони мають місце у межах лише одного з рівнів), представлені двома чи трьома лабораторіями. З

іншого боку, якщо на різних рівнях у межах однієї лабораторії виявляється декілька квазівикидів і/чи статистичних викидів, то це може бути вагомою вказівкою на те, що внутрішньолабораторна дисперсія занадто велика, і дані цієї лабораторії повинні бути повністю виключені.

Для перевірки, чи не є викидом найбільша величина з x розташованих у порядку зростання сукупності даних x_i ($i = 1, 2, \dots, p$) обчислюють статистику Грабса G_p за виразом [8]

$$G_p = (x_p - \bar{x})/s. \quad (2)$$

де

$$\bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i, \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}. \quad (4)$$

Для перевірки значимості найменшого результату спостережень обчислюють тестову статистику

$$G_1 = (\bar{x} - x_1)/s. \quad (5)$$

У випадку, якщо значення тестової статистики менше (чи дорівнює) 5 % критичного значення, позицію, що випробують, визнають коректною; у випадку, якщо значення тестової статистики більше 5 % критичного значення і менше (чи дорівнює) 1 % значення, позицію, що випробують, називають квазівикидом і помічають однією зірочкою; у випадку, якщо значення тестової статистики більше 1 % критичного значення, позицію, що випробують, називають статистичним викидом і помічають двома зірочками.

Для того, щоб перевірити, чи можуть два найбільших результати спостережень бути викидами, також обчислюють статистику Грабса

$$G = s_{p-1,p}^2 / s_0^2, \quad (6)$$

де

$$s_0^2 = \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2, \quad (7)$$

$$s_{p-1,p}^2 = \sum_{i=1}^{p-2} (x_i - \bar{x}_{p-1,p})^2. \quad (8)$$

а також

$$\bar{x}_{p-1,p} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=1}^{p-2} x_i. \quad (9)$$

Відповідно, щоб перевірити два найменших результати спостережень, обчислюють статистику Грабса

$$G = s_{1,2}^2 / s_0^2, \quad (10)$$

де

$$s_{1,2}^2 = \sum_{i=3}^p (x_i - \bar{x}_{1,2})^2, \quad (11)$$

$$\bar{x}_{1,2} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=3}^p x_i. \quad (12)$$

Критичні значення для критерію Грабса представляються у табличній формі і наведені, зокрема у [8].

При аналізі експерименту з оцінки прецизійності критерій Грабса може бути застосований до наступних випадків. Аналіз середніх значень базових елементів для заданого.

Спочатку до середніх значень базових елементів рівня j застосовують критерій Грабса для одного викиду. Якщо виявляється, що середнє значення базового елемента є викидом, необхідно виключити його і повторити перевірку для іншого екстремального середнього значення базового елемента (якщо найбільше значення є викидом, то тоді слід перевірити найменше значення, а найбільше значення при цьому виключити), однак при цьому не слід застосовувати критерій Грабса для двох викидів. Цей критерій потрібно застосовувати у випадку, якщо при перевірці з використанням критерію Грабса для одного викиду виявиться, що середні значення базових елементів не мають викидів.

Аналіз вихідних даних в межах базового елемента, для якого в результаті перевірки з використанням критерію Кохрена виявиться сумнівність значення стандартного відхилення.

Критерій Кохрена допускають використовувати для визначення сумісності невеликої дисперсії для конкретного набору даних. Цей критерій ідентифікує дисперсії, які більше середніх дисперсій для цього рівня. В цьому відношенні критерій є однобічним, оскільки лабораторія з найменшою дисперсією (відносно інших лабораторій) не піддається контролю за цим критерієм.

Рішення про повторення випробувань за критерієм Кохрена залежить від того, чи ідентифіковані викиди, і від кількості наборів даних, що підлягають випробуванню, на конкретному досліджуваному рівні. Якщо викиди не виявлені, то критерій не повторюють, а якщо виявлені, то для перевірки повторюють випробування за критерієм Кохрена на наборах даних, що залишилися, рівня, що розглядається. Ця обережність особливо доречна для невеликої кількості даних, особливо якщо приблизно 20 % даних відхилені як викиди.

Альтернативою випробувань за критерієм Кохрена є випробування за критеріями Бартлета, Левіна і Хартлея. Проте можуть бути випадки, коли викиди ідентифікуються з використанням одного критерію, але не ідентифікуються при використанні іншого критерію.

Критерій Грабса використовують для перевірки наявності базових елементів, які є дуже великими або дуже маленькими і можуть дати найбільшу оцінку стандартного відхилення відтворюваності. Цей критерій головним чином призначений для обробки міжлабораторних розходжень, а також може використовуватися (якщо $n > 2$) у випадках, коли перевірка із застосуванням критерію Кохрена викликала підозру в тому, що висока внутрішньолабораторна варіація зумовлена тільки одним з результатів вимірювань у базовому елементі.

Після застосування критерію Кохрена середні для кожного конкретного досліджуваного рівня, розташовують в порядку зростання. Потім виконують декілька випробувань за критерієм Грабса: спочатку виконують випробування для визначення, чи є найбільше або найменше середнє єдиним викидом, а якщо викид ідентифікований, то його відкидають і повторюють випробування для наступного підозрілого значення.

Для конкретного досліджуваного рівня критерій Грабса для одного викиду дозволяє обчислювати відношення різниці підозрюваного значення і середнього всіх значень рівня до стандартного відхилення всіх значень. Це відношення потім порівнюють з обчисленим або табличним критичним значенням відношення з 95 % і 99 % довірчою ймовірністю.

Якщо одиничний викид не виявлений, виконують випробування за критерієм Грабса для визначення присутності (або відсутності) двох викидів. Випробують два найменших середніх і, якщо викиди не виявлені, то випробують два найбільших середніх. У цьому критерії, якщо обчислене відношення більше розрахункового (або табличного) для заданої довірчої ймовірності, середнє розцінюють як задовільне.

Альтернативою критерію Грабса є критерій Діксона. Проте можливі ситуації, коли викид ідентифікується за одним критерієм, не ідентифікується за іншим.

У алгоритмі, приведеному на рис. 5, вказані основні процедури, які повинні бути виконані при оцінці викидів у отриманих результатах міжлабораторних випробувань. Позначення s_r –

це стандартне відхилення збіжності, а s_R – стандартне відхилення відтворюваності.

Міжнародні стандарти ISO/TR 22971, ISO 5725-2, ISO 13528 і ISO 5479, які застосовуються при статистичному обробленні викидів у отриманих результатах міжлабораторних випробувань розроблені міжнародним технічним комітетом (ТК) Міжнародної організації стандартизації (ISO) ТК 69 “Застосування статистичних методів”. Вони використовуються ISO/ТК, які розробляють проекти міжнародних стандартів у сфері метрології.

Висновки

При обробленні результатів міжлабораторних випробувань, результатів вимірювань, що проводяться лабораторіями, використовуються різноманітні стандартизовані статистичні методи для виявлення викидів у отриманих результатах. При цьому актуальним є розроблення спеціальних рекомендацій щодо особливостей застосування цих методів.

Порівняльний аналіз застосовуваних діаграм і критеріїв для ідентифікації потенційних викидів у отриманих результатах дозволяє обрати саме такі діаграми і критерії, які дозволяють більш ефективно виявляти реальні викиди і проводити більш точне оброблення отриманих результатів.

Список використаних джерел

1. Velychko O., Gordiyenko T. The implementation of general guides and standards on regional level in the field of metrology // Journal of Physics: Conf. Series. – Vol. 238. – 2010. – Numb. 1. – 012044. – 6 p.
2. Величко О. Н., Гордиенко Т. Б. Внедрение международных и региональных нормативных документов в области метрологии на национальном уровне // Системы обробки інформації. – Харків. – 2011. – Вип. 6 (96). – С. 2–8.
3. ISO 5725-2:1994. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. – Basic methods for the of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
4. ISO 13528:2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.
5. ISO/IEC 17043:2010. Conformity assessment. – General requirements for proficiency testing.

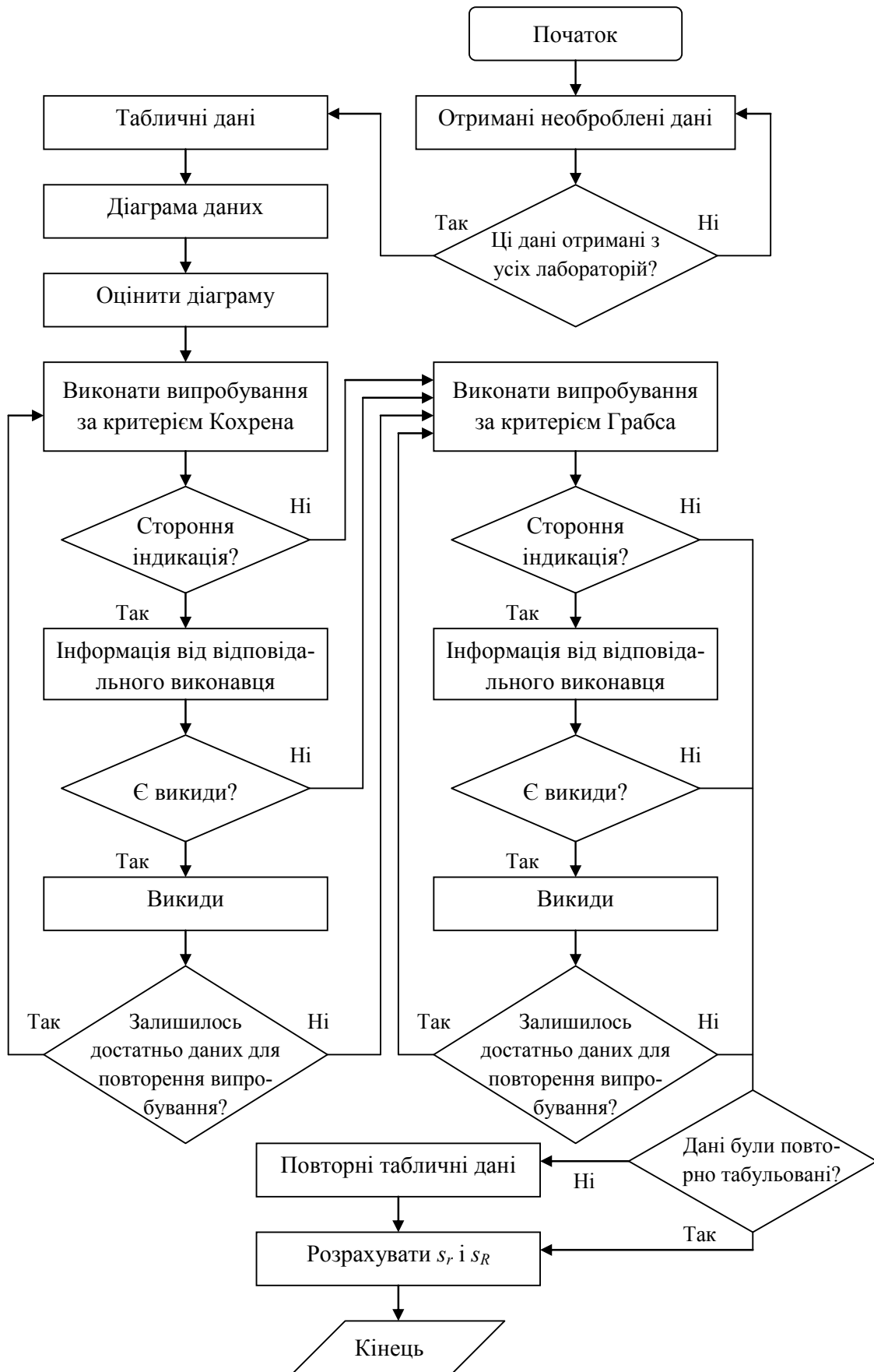


Рисунок 5 – Алгоритм статистичного оброблення викидів у отриманих результатах міжлабораторних випробувань

6. ISO 5479:1997. Statistical interpretation of data. – Tests for departure from the normal distribution.

Надійшла до редакції 20.05.2013

7. Величко О. М., Коломієць Л. В., Гордієнко Т. Б. Системи управління підприємств і організацій: основні елементи та практична реалізація. Підручник. – Одеса: ВМВ, 2011. – 342 с.

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

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

ПРОВЕРКА КРИТИЧНОСТИ ДАННЫХ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В международных стандартах стандартизованы разнообразные статистические методы, в частности графические, которые применяются для проведения проверки критичности данных межлабораторных испытаний. Проведен сравнительный анализ стандартизованных графических методов и критериев для выявления выбросов в полученных результатах испытаний. Рассмотрены особенности применения статистических методов и испытаний на выбросы в результатах испытаний.

Ключевые слова: статистический метод, проверка критичности данных, межлабораторные испытания, стандарт.

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

CRITICISM DATA VERIFICATION FOR THE INTERLABORATORY TESTS WITH USING OF STATISTICAL METHODS

Various statistical methods, in particular graphic that apply for criticism data verifications of interlaboratory tests, are standardized in international standards. The comparative analysis of the standardized graphic methods and criteria is realized for the exposure of outlier in the got test results. The features of application of statistical methods and tests on outlier in the test results are considered.

Keywords: statistical method, criticism data verification, interlaboratory test, standard.

А. В. Задорожный, к.т.н., А. П. Липин, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ISO 22000 С MC ISO 9001

Рассмотрены области интеграции международных стандартов ISO 9001 и ISO 22000, на основе которых разработаны элементы и построена модель интегрированной системы менеджмента качества и безопасности.

Ключевые слова: ISO 9001, ДСТУ 4161-2003, ISO 22000, интегрированная система менеджмента качества и безопасности.

Интеграция системы менеджмента качества (СМК) с отраслевыми системами качества возникает в связи с тем, что универсальные общие требования к ним, регламентируемые стандартами ИСО серии 9000, не учитывают, да и не могут учитывать специфических особенностей конкретной отрасли или конкретной продукции. Эти особенности стандартов ИСО приводят к тому, что отрасли стараются развивать и расширять состав их требований применительно к особенностям своего производства и своей продукции.

На данный момент система ХАССП представлена двумя стандартами: ГОСТ Р 51705.1-2001 и ГОСТ Р ИСО 22000-2007.

Если сравнивать ГОСТ Р 51705.1 и систему менеджмента безопасности продукции (СМБПП) по ИСО 22000, то вторая – более современная система, более высокого уровня и, следовательно, более востребованная. В связи с этим предприятиям актуально в настоящее время разрабатывать, внедрять и поддерживать в рабочем состоянии СМБПП на основе стандарта ИСО 22000, который направлен на еще большее повышение безопасности выпускаемой продукции.

Многие считают, что стандарт ИСО 22000 уже интегрирует стандарты ИСО 9001 и ГОСТ Р 51705.1, но это не так. Поэтому далее нами будет представлена методика формирования типовой модели интегрированной системы менеджмента качества и безопасности (ИСМКиБ) на основе стандартов ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 22000. Аналогично предприятия смогут интегрировать стандарты ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р 51705.1.

Общие положения СМК согласно разделу 4 стандарта ИСО 9001 выглядят следующим образом: «Организация должна разработать, задокументировать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии СМК, постоянно улучшать ее результативность в соответствии с

требованиями...». Применительно к интегрированной системе менеджмента предприятия, это требование можно перефразировать так: «Организация должна разработать, задокументировать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии ИСМКиБ пищевой продукции, постоянно улучшать ее результативность в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 22000».

Формирование ИСМКиБ предполагает четкое установление ее структуры (элементов) путем органичного объединения требований, заложенных в этих стандартах.

Для разработки элементов ИСМКиБ необходимо четко определить области интегрирования этих стандартов. Нами были установлены области интеграции, представленные на рисунке 1.

В результате было определено 9 областей интегрирования. Из рисунка 1 видно, что с использованием принципа совмещения в целях интеграции к требованиям пунктов стандарта ИСО 9001 будут добавляться соответствующие требования стандарта ИСО 22000, а те требования, которые являются специфическими для этих стандартов, будут полностью включены в состав элементов интегрированной системы.

В основу интегрированной модели будем закладывать принципы, требования и подходы, заложенные в ГОСТ Р ИСО 9001, как наиболее совершенные и универсальные. В результате вышеизложенного и на основе сравнения данных стандартов для формирования ИСМКиБ предложены следующие элементы, представленные в таблице 1. В первой графе таблицы приводится полный перечень элементов ИСМКиБ. В последующих графах вносятся номера пунктов стандартов этих систем, которые соответствуют элементам ИСМКиБ.



Рисунок 1 – Области интеграции стандартов ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 22000

Таблица 1 - Матрица требований к элементам ИСМКиБ

Перечень элементов ИСМКиБ	Требования интегрируемых стандартов	
	ИСО 9001	ИСО 22000
1	2	3
1. Область применения	п.1	п.1
2. Нормативные ссылки	п.2	п.2
3. Термины и определения	п.3	п.3
4. Интегрированная система менеджмента качества и безопасности		
4.1 Общие положения	п. 4.1	п. 4.1
4.2 Требования к документации		
4.2.1 Общие положения	п.4.2.1	п.4.2.1
4.2.2 Руководство по качеству и безопасности		
4.2.3 Управление документацией	п.4.2.2	
4.2.4 Управление записями	п.4.2.3 п.4.2.4	п.4.2.2 п.4.2.3
5. Ответственность руководства		
5.1 Обязательства руководства	п. 5.1	п. 5.1
5.2 Ориентация на потребителя	п. 5.2	п.5.7
5.3 Политика в области качества и безопасности		
5.4 Планирование интегрированной системы менеджмента качества и безопасности	п.5.3	п.5.2
5.4.1 Цели в области качества и безопасности		
5.4.2 Планирование создания, поддержания и улучшения интегрированной системы менеджмента качества и безопасности	п.5.4.1	
5.5 Ответственность, полномочия и обмен информацией	п.5.4.2	пп.5.3;8.5.2
5.5.1 Ответственность и полномочия		
5.5.2 Представитель руководства		
5.5.3 Внутренний обмен информацией	п.5.5.1	п.5.4
5.5.4 Внешний обмен информацией	п.5.5.2	п.5.5
5.6 Анализ со стороны руководства	п.5.5.3	п.5.6.2
5.6.1 Общие положения	п.7.2.3	п.5.6.1
5.6.2 Входные данные для анализа		
5.6.3 Выходные данные для анализа	п.5.6.1 п.5.6.2 п.5.6.3	п.5.8.1 п.5.8.2 п.5.8.3
6. Менеджмент ресурсов		
6.1 Обеспечение ресурсами	п.6.1	п.6.1
6.2 Человеческие ресурсы		
6.2.1 Общие положения	п.6.2.1	п.6.2.1
6.2.2 Компетентность, подготовка и осведомленность	п.6.2.2	п.6.2.2
6.3 Инфраструктура	п.6.3	п.6.3
6.4 Производственная среда	п.6.4	п.6.4;7.2;7.5
7. Процессы интегрированной системы менеджмента качества и безопасности		
7.1Планирование процессов интегрированной системы менеджмента качества и безопасности	п.7.1	п.7.1
7.1.1 Предварительные мероприятия, позволяющие провести анализ опасностей		
Процессы, связанные с потребителями		пп.7.3.1-7.3.5

1	2	3
7.2.1 Определение требований, относящихся к продукции		
7.2.2 Анализ требований, относящихся к продукции	п.7.2.1	
7.2 Проектирование и разработка		
7.2.1 Планирование проектирования и разработки	п.7.2.2	
7.2.1.1 Анализ опасностей		
7.2.1.2 Разработка плана ХАССП		
7.2.2 Входные данные для проектирования и разработки	п.7.3.1	п.7.4
7.2.3 Выходные данные проектирования и разработки		п.7.6
7.2.4 Анализ проекта и разработки	п.7.3.2	
7.2.5 Верификация проекта и разработки		
7.2.6 Валидация проекта и разработки	п.7.3.3	
7.2.7 Управление изменениями проекта и разработки	п.7.3.4	п.7.8
7.3 Закупки	п.7.3.5	
7.3.1 Процесс закупок	п.7.3.6	п.8.2
7.3.2 Информация по закупкам		
7.3.3 Верификация закупленной продукции	п.7.3.7	п.7.7
7.4 Производство и обслуживание	п.7.4	
7.4.1 Управление производством и обслуживанием	п.7.4	
7.4.2 Валидация процессов производства и обслуживания	п.7.4	
7.4.3 Идентификация и прослеживаемость		
7.4.4 Собственность потребителей		
7.4.5 Сохранение соответствия продукции	п.7.5.1	
Управление оборудованием для мониторинга и измерений	п.7.5.2	
	п.7.5.3	п.7.9
	п.7.5.4	
	п.7.5.5	
	п.7.6	п.8.3
8. Измерение, анализ и улучшение интегрированной системы менеджмента качества и безопасности		
8.1 Общие положения		
8.2 Мониторинг и измерение	п.8.1	п.8.1
8.2.1 Удовлетворенность потребителей		
8.2.2 Внутренние аудиты (проверки)	п.8.2.1	
8.2.3 Мониторинг и измерение процессов	п.8.2.2	п.8.4.1
8.2.4 Мониторинг и измерение продукции	п.8.2.3	п.8.4.2
8.3 Управление несоответствующей продукцией	п.8.2.4	
8.4 Анализ данных		
8.5 Улучшение	п.8.3	пп.7.10.3-7.10.4
8.5.1 Постоянное улучшение	п.8.4	п.8.4.3
8.5.2 Корректирующие действия		
8.5.3 Предупреждающие действия	п.8.5.1	п.8.5.1
	п.8.5.2	пп.7.10.1-7.10.2
	п.8.5.3	

Сформированные таким образом элементы ИСМКиБ отражают требования, предъявляемые к качеству и безопасности пищевой продукции.

С учетом сформулированных требований (элементов) была построена модель ИСМКиБ, основанная на процессном подходе, которая иллюстрирует связи между процессами, представленными в разделах 4 – 8 (рисунок 2).

Таким образом, интегрируя элементы СМБПП с элементами СМК, предприятие

получит всеобщую систему управления безопасностью продуктов питания.

Список использованных источников

1. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001:2009. - [Чинний від 2009-09-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2009. - IV, 26 с. - (Національний стандарт України).

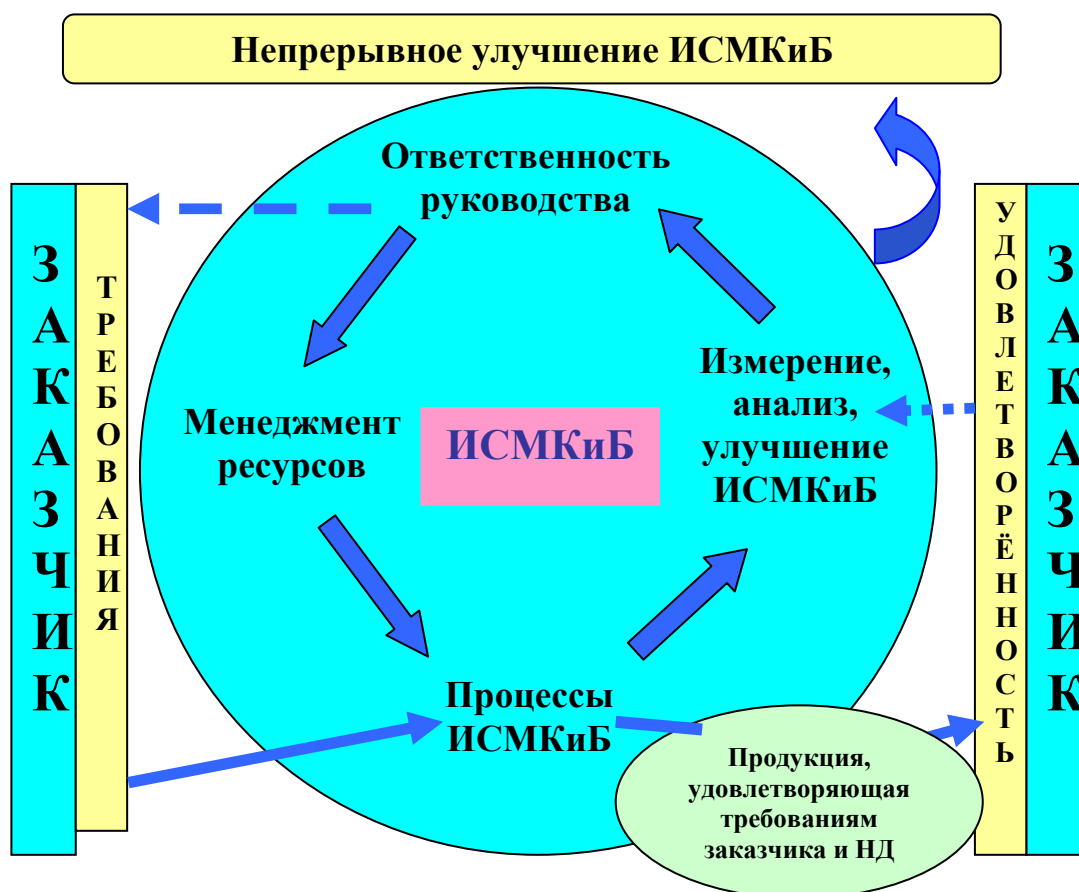


Рисунок 2 - Модель ИСМКиБ

2. Каталог стандартів, настанов та інших документів Кодексу Аліментарус (CODEX ALIMENTARIUS) 2007 р.

3. ДСТУ ISO 22000:2007. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга. (ISO 22000:2005, IDT).

4. ДСТУ ISO 15161:2003. Настанови щодо застосування ДСТУ ISO 9001:2001 у виробництві

харчових продуктів та напоїв (ISO 15161:2001, IDT).

Поступила в редакцію 15.05.2013

Рецензент: д.т.н., професор Коломиец Л. В. Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса.

А. В. Задорожний, к.т.н., **А. П. Ліпін**, к.т.н.

ІНТЕГРАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ISO 22000 З МС ISO 9001

Розглянуті області інтеграції міжнародних стандартів ISO 9001 і ISO 22000, на основі яких розроблені елементи і побудована модель інтегрованої системи менеджменту якості і безпеки.

Ключові слова: ISO 9001, ДСТУ 4161-2003, ISO 22000, інтегрована система менеджменту якості і безпеки.

A. V. Zadorozhnyi, PhD, **A. P. Lipin**, PhD

INTEGRATION OF STANDARDS ISO 22000 AND ISO 9001

Areas of integration of standards ISO 9001 and ISO 22000 on which basis elements are developed are considered and the model of the integrated system of a quality management and safety is constructed.

Keywords: ISO 9001, DSTU 4161-2003, ISO 22000, the integrated system of a quality management and safety.

О. О. Скопа¹, д. т. н., С. Л. Волков², к. т. н., К. Б. Айвазова²¹Одеський національний економічний університет²Одеська державна академія технічного регулювання та якості

ПРОБЛЕМАТИКА ЯКОСТІ ПОСЛУГ ІНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРІВ

В статті показано, що на поточний момент часу забезпечення якості послуг Інтернет-провайдерів здійснювалося екстенсивними методами за рахунок збільшення пропускної здатності мереж. З ростом числа абонентів і зміни характеру трафіку така мережева політика може привести до зниження якості обслуговування. Зроблено акцент на тому, що зазначена ситуація може змінитися, оскільки центральний орган виконавчої влади в галузі зв'язку вживає заходів щодо створення нормативно-правової бази зі стандартизації якості надання телекомунікаційних послуг.

Ключові слова: контент, провайдер, якість, QoS, сервіс, стандартизація, послуга.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями. За даними Держкомстату в Україні налічується близько п'яти мільйонів Інтернет-користувачів, з них – близько 3 млн. 800 тис. складають абоненти, які користуються «домашніми» засобами доступу до глобальної мережі. Завдяки впровадженню нових технологій зі зниження вартості доступу, спостерігається стабільне збільшення числа користувачів. Так, наприклад, кожного року у першому кварталі їх кількість, в середньому, стабільно збільшується на 30%, або на 1 млн., в порівнянні з аналогічним періодом попереднього року. У другому-четвертому кварталах цей показник є дещо меншим.

Одночасно із збільшенням кількості користувачів змінюються пріоритети їх запитів. Якщо до 2011 року основними видами Інтернет-трафіку були Web-серфінг та файловий обмін, який включав off-line-video, то після вказаної дати на перше місце вийшли мультимедійні та голосові програми.

Основним видом мультимедійного трафіку стало потокове відео, яке генерується тими ж файлообмінними та хмарними сервісами, Інтернет-телебаченням та системами відеоконференцій. Згідно з даними щорічного прогнозу компанії Cisco Systems (*Cisco Visual Networking Index Forecast*) до 2014 року обсяги Інтернет-трафіку зростуть у 4 рази відносно показників 2011 року. В цьому зростанні зіграє основну роль відеотрафік. В тому ж прогнозі зазначається, що протягом майбутніх 5 років кожен рік на частку відео-трафіку (у всіх форматах) припадатиме понад 90% глобального трафіку. Т.ч., як видно, проблематика якості послуг Інтернет-провайдерів є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що передача мультимедійного трафіку

має свої особливості пов'язані з рівнем якості надаваних сервісів – QoS (англ.: *Quality of Service* – якість обслуговування). Це положення відображене у документах МСЕ [1, 2]. У відповідності до них, Законом України «Про телекомунікації» та стандартами [3, 4] було встановлено 4 показники якості послуг при доступу до Інтернет:

1...3) швидкість передачі даних: найвища, найнижча та середня;

4) також стандартне відхилення швидкості передачі даних.

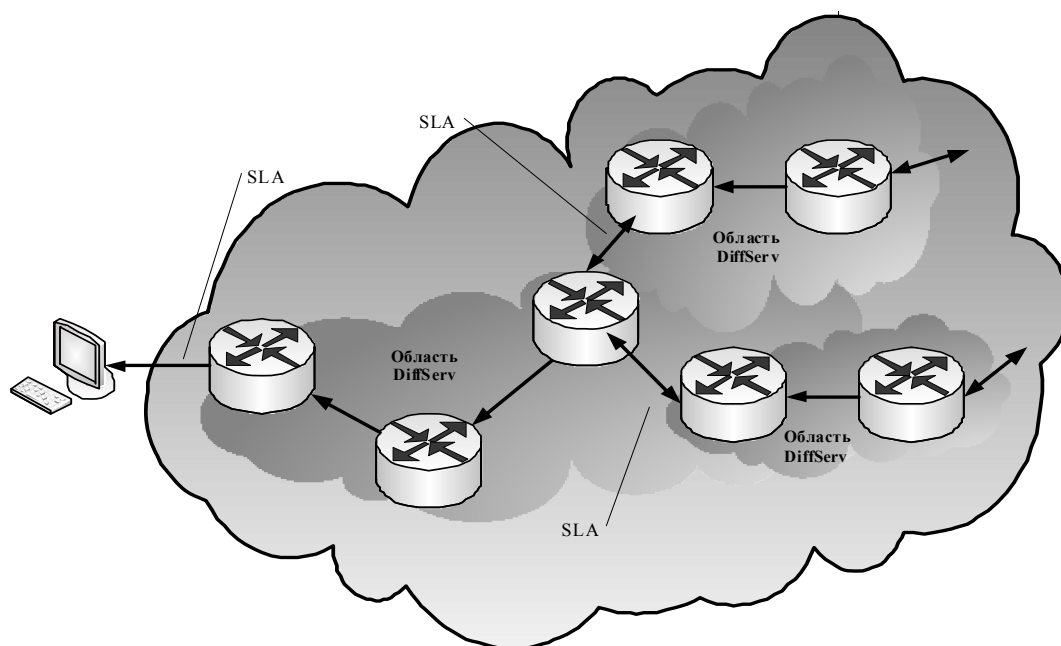
Вченими та практикуючими фахівцями для цих показників якості послуг розробляються граничні рівні, конкретні значення яких повинні бути введені в дію відповідними розпорядженнями центрального органу виконавчої влади в галузі зв'язку. Попередній аналіз зазначених документів показує, що при наданні споживачеві послуги доступу в Інтернет договір між зацікавленими сторонами повинен містити показники якості встановлені нормативними документами.

Договір про якість обслуговування є документом, який визначає взаємовідносини:

- абонентів з Інтернет-провайдером;
- провайдерів між собою;
- провайдерів з операторами зв'язку.

Виходячи з аналізу першоджерел нормативно-законодавчого спрямування, **метою статті** є розгляд проблематики якості послуг Інтернет-провайдерів з точки зору їх відповідності нормативно-правовому базису.

Виклад основного матеріалу. Укладення вище зазначених договорів передбачено документом [5], де визначено поняття угоди про рівень обслуговування SLA (англ.: *Service Level Agreement*), і моделі диференціювання послуг – DiffServ (див. рис. 1).

Рисунок 1 – Структура мережевої моделі *DiffServ*

Структура моделі, приведеної на рис. 1, включає в себе область *DiffServ*, яка належить до сфери впливу одного провайдера (або оператора зв'язку), та механізми обробки і проходження пакета по вузлах, що належить до цієї області. При цьому повинна зберігатися відповідна задана якість обслуговування.

У рамках диференціювання послуг відповідно до рекомендацій [2], для забезпечення необхідного рівня QoS передбачається розподіл наданих сервісів на 6 пріоритетних класів – залежно від необхідних значень характеристик передачі IP-пакетів. З них в якості основних можна виділити затримку доставки пакетів та варіацію затримки доставки (джіттер).

Найбільш критичними до параметрів передачі є сервіси реального часу (голосовий зв'язок, відеоконференц-зв'язок, Інтернет-телебачення), далі за важливістю – on-line перегляд відеофайлів та інтерактивна передача даних (веб-серфінг). Всі інші сервіси є терпимими до затримок. В зв'язку з цим їх відносять до найменш пріоритетних класів.

Аналіз якості надаваних сервісів Інтернет-провайдерами з точки зору абонента був проведений в Одеській області. Перша перевірка полягала в аналізі абонентських договорів, які в текстовому або інтерактивному вигляді були розміщені на сайтах найбільш великих провайдерів: Укртелеком, TeNeT, Vega та ін.

Практично, в договорах всіх провайдерів, всупереч рекомендаціям [2-4], замість максимальної, мінімальної та середньої швидкостей передачі, вказується (так, як це зроблено в рекламних проспектах) тільки максимально можлива швидкість: часто – з приставкою «до». Значення затримки та джиттера взагалі не фігурують. Втім це можна пояснити відсутністю вітчизняних нормативно-правових актів, які встановлюють граничні значення цих величин. Позитивним моментом є поява на сайтах провайдерів звітів про якість телекомунікаційних послуг – відповідно до вимог Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗ). На сьогоднішній день звіти стосуються тільки телефонного зв'язку, але з введенням в дію відповідних нормативних документів будуть відображати і якість послуг доступу до Інтернет. Це дозволить абонентам не тільки контролювати рівень надаваних сервісів, а й оптимізувати вибір провайдера.

Другий етап перевірки був заснований на аналізі реального трафіку, який надходить до абонента. Для цих цілей була побудована експериментальна комп'ютерна мережа (див. рис. 2) для підключення до Інтернет-провайдера Vega. Тарифний план – «Безлімітний» до 10 Мбіт/с.

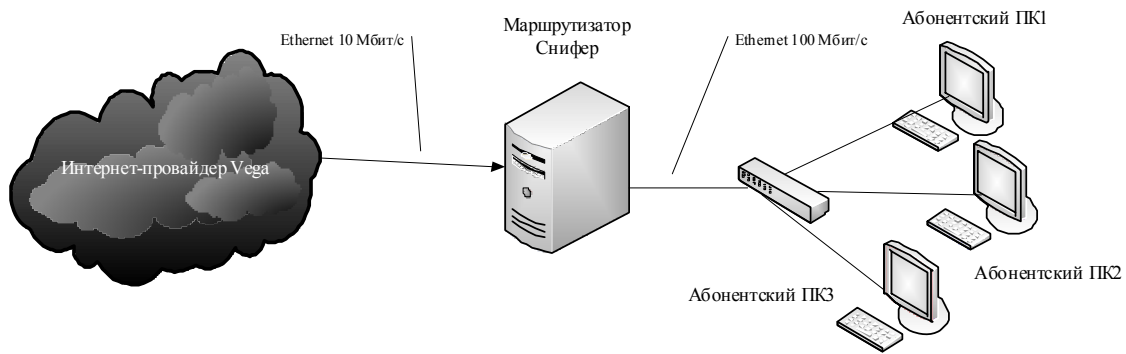


Рисунок 2 – Схема експериментальної комп'ютерної мережі

В якості маршрутизатора використовувався сервер з ОС SuSe Linux. Для перевірки був встановлений сніфер Wireshark, що дозволило в реальному часі проводити збір пакетів, які поступали на мережевий інтерфейс. Досліджувався наступний мультимедійний трафік:

- on-line перегляд фільму з файлообмінного сервера FileShare;
- Інтернет-телебачення on-line-tv телеканалу Інтер;
- голосовий трафік Skype.

Кожен з сервісів надавався по запиту з окремого персонального комп'ютера. Реєстрація пакетів проходила на інтерфейсі підключення до провайдера таким чином, що внутрішня структура локальної мережі не чинила впливу на результат експерименту. У ході дослідження перевірялася відповідність QoS невисокоякісного

мультимедійного трафіка рекомендаціям [2], а саме:

- затримка доставки IP-пакетів: не більше 400 мс;
- джиттер: не більше 50 мс.

Значення затримки Δt_i розраховувалися за формулою:

$$\Delta t_i = t_i - t_{i-1},$$

де t_i та t_{i-1} – час прибуття поточного та попереднього пакету, відповідно.

Джиттер τ_i розраховувався за формулою:

$$\tau_i = |\Delta t_i - t_{cp}|,$$

де t_{cp} – середнє значення затримки.

Результати досліджень приведені у табл. 1 та табл. 2; гістограми – на рис. 3.

Таблиця 1 – Результати дослідження затримки доставки пакетів

Тип трафіку	Середнє значення	Максимальне значення	Відсоток пакетів з перевищенням граничного значення
Перегляд фільму	0,0012	0,676	0
Інтернет-телебачення	0,01	0,5	0,029
Голосовий зв'язок	0,02	2,73	0,046

Таблиця 2 – Результати дослідження варіації затримки доставки пакетів

Тип трафіку	Середнє значення	Максимальне значення	Відсоток пакетів з перевищенням граничного значення
Перегляд фільму	0,0007	0,675	0
Інтернет-телебачення	0,017	0,489	3,63
Голосовий зв'язок	0,003	2,71	0,002

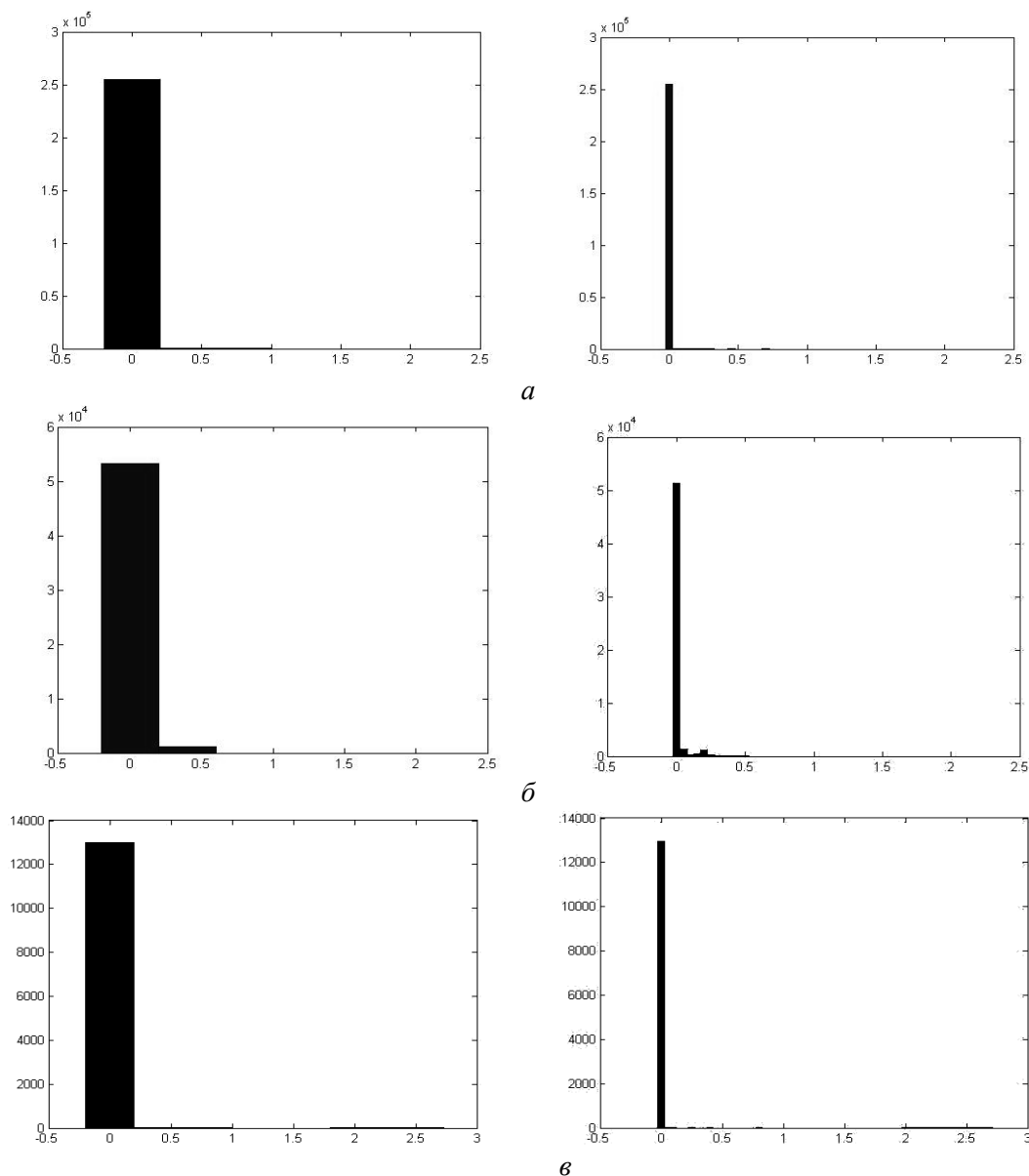


Рисунок 3 – Гістограми затримки та варіації затримки пакетів
(а - перегляд фільму, б - Інтернет-телебачення, в - голосовий зв'язок)

Аналіз результатів дослідження трафіку показав, що, не зважаючи на відсутність договірних зобов'язань щодо забезпечення QoS, характеристики трафіку, в основному, не виходять за межі граничних значень. Найгірші результати, як за візуальною оцінкою, так і за отриманими числовими значеннями показав трафік Інтернет-телебачення, що є досить дивним, оскільки цей трафік відноситься до найбільш пріоритетного. Відповідь на це питання дає більш детальний аналіз пакетів, а саме – полів TOS (англ.: *Type of Service*) заголовків IP-пакетів в яких якраз і вказується пріоритет трафіку. У всіх досліджених видах трафіку ці поля дорівнюють нулю. Таким чином, можна зробити висновок про те, що управління трафіком провайдера в області DiffServ, а також договори SLA між провайдерами, відсутні. Задовільні

результати якості послуг досягаються лише за рахунок високої швидкості каналів передачі даних.

Зроблений висновок є орієнтовним, оскільки управління полями TOS може здійснюватися на будь-якому маршрутизаторі і, можливо, що на абонентському сегменті мережі значення поля змінюється.

Висновок. До теперішнього часу забезпечення якості послуг Інтернету здійснювалося екстенсивними методами за рахунок збільшення пропускної здатності мереж. З ростом числа абонентів та зміни характеру трафіку така мережева політика призведе до зниження якості обслуговування. Найближчим часом ситуація може змінитися, оскільки центральні органи виконавчої влади в галузі зв'язку та НКРЗ вживають заходів щодо створення нормативно-

правової бази стандартизує якість надання телекомунікаційних послуг.

Список використаних джерел

1. Кучерявый А. Е. Качество обслуживания и качество восприятия. Рекомендации МСЭ-Т [Электронный ресурс] / Портал : ITU. – Режим доступа \www/ URL: http://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/.../Session3_Kucheryaviy.pdf. – Заголовок с конейнера, доступ свободный, 30.07.2013.

2. Y.1541 : Network performance objectives for IP-based services [Электронный ресурс] / Портал : ITU. – Режим доступа \www/ URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541/en>. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 29.07.2013.

3. СОУ 64.2-00017584-008 : 2010 «Телекомунікаційні мережі передачі даних загального користування. Система показників якості услуг з передачі даних та доступу до Інтернет. Загальні положення» [Електронний ресурс] / Портал : document.ua. – Режим доступа \www/ URL: <http://document.ua/sou-64.2-00017584-008-2010->

srrsdoc-srh3000531215.html. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 29.07.2013.

4. СОУ 64.2-00017584-009:2010 «Телекомунікаційні мережі передачі даних загального користування. Телекомунікаційні послуги. Показники якості. Методи випробувань та оцінки» [Електронний ресурс] / Портал : document.ua. – Режим доступа \www/ URL: <http://document.ua/sou-64.2-00017584-009-2010-srrsdoc-srh2000534389.html>. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 29.07.2013.

5. Y.1291 : An architectural framework for support of Quality of Service in packet networks [Электронный ресурс] / Портал : ITU. – Режим доступа \www/ URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1291/en>. – Заголовок с конейнера, доступ свободный, 30.07.2013.

Надійшла до редакції 20.05.2013

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

А. А. Скопа, д.т.н., С. Л. Волков, к.т.н., К. Б. Айвазова

ПРОБЛЕМАТИКА КАЧЕСТВА УСЛУГ ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРОВ

В статье показано, что на текущий момент времени обеспечение качества контента Интернет-провайдерами осуществлялось экстенсивными методами за счет увеличения пропускной способности сетей. С ростом числа абонентов и изменения характера трафика такая сетевая политика может привести к снижению качества обслуживания. Сделан акцент на том, что данная ситуация может измениться, поскольку центральный орган исполнительной власти в области связи принимает меры по созданию нормативно-правовой базы по стандартизации качества предоставления телекоммуникационных услуг.

Ключевые слова: контент, провайдер, качество, QoS, сервис, стандартизация, услуга.

A. A. Skopa, S. L. Volkov, PhD, K. B. Ayvazova

MAINSTREAMING QUALITY OF INTERNET SERVICE PROVIDERS

The paper shows that at the current time quality Internet content providers carried out extensive methods by increasing network capacity. With the increasing number of subscribers and the changing nature of network traffic such policies can lead to lower quality of service. Emphasis is placed on the fact that this situation may change as the central body of executive power in the field of communication is taking steps to create a regulatory framework for the standardization of the quality of telecommunication services.

Keywords: content, provider, quality, QoS, service, standardization, service.

Н. Ф. Казакова, к.т.н., Ю. В. Щербина, к.т.н.

Одесский национальный экономический университет, г. Одесса

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Проведен анализ проблем, связанных с теоретическим и практическим обоснованием качества создаваемых генераторов случайных чисел, применяемых в криптографических приложениях и моделировании.

Ключевые слова: качество, генератор ПСП, криптография, моделирование, многомерность.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. В настоящее время, генераторы псевдослучайных последовательностей (ПСП) находят самое широкое применение в задачах криптографии и моделирования. Они включены практически во все стандартные программные библиотеки, которыми можно воспользоваться в случае необходимости. Однако, как показывают серьезные исследования, у пользователей часто возникают проблемы из-за дефектов в таких программных продуктах. Наличие этих дефектов обусловлено, во-первых, отсутствием научно обоснованного определения псевдослучайности, которым можно было бы руководствоваться при разработке генераторов и, во-вторых, различием подходов к их оценке и разработке.

Актуальной проблемой в настоящий момент является поиск компромиссного способа определения меры случайности, учитывающей многомерность распределения вероятностей в числах, формируемых генераторами ПСП и определение показателей, позволяющих судить о качестве предлагаемых алгоритмов.

К сожалению, исследователям и разработчикам пока еще не удалось выработать общепринятую точку зрения на способы исследования алгоритмов формирования ПСП. В реальной жизни каждая группа исследователей исповедует собственные взгляды на то, каким образом следует разрабатывать генераторы и как их оценивать. При этом зачастую применяемые на практике подходы к исследованию входят в противоречие с иными методами, решающими аналогичные задачи. Поэтому **целью** данной статьи является анализ и оценка существующих методов создания генераторов ПСП и выявление имеющихся в них дефектов. К сожалению, требования к генераторам формулируют не столько пользователи, сколько разработчики, которые их конструируют. Именно поэтому в общедоступных программных библиотеках,

наряду с качественными генераторами ПСП, можно обнаружить много дефектных реализаций. Для решения поставленных задач было бы целесообразно объединять усилия заказчиков и разработчиков, однако, учитывая сложность и специфику задачи, на практике этого, как правило, не происходит.

Изложение основного материала. Первой и наиболее солидной работой посвященной анализу сформулированных проблем, принято считать второй том книги Д. Кнута «Искусство программирования» [1], которую большинство серьезных программистов называют «Библией информатики». В ней дан полный анализ и математическое обоснование большинства известных на момент ее публикации алгоритмов, которые сегодня используются как элементарные блоки для строительства сложных генераторов.

Первым простым и наиболее широко используемым генератором псевдослучайных последовательностей был предложенный Лехмером (Lehmer) около 1960 года, линейный конгруэнтный генератор (*Linear Congruential Generator* – LCG), формирующий рекурсивным способом последовательность целых чисел $x_0, x_1, \dots$ от 0 до $N-1$ по правилу $x_{j+1} = ax_j + c \bmod N$ ($j = 0, 1, 2, \dots$).

Значение x_0 , с которого начинает работать генератор, является ключом к формируемой последовательности. Изменяя ключ, можно получать другие последовательности. Если на каком-либо шаге возникнет ситуация, при которой $x_j = x_{j+p}$, при некотором j и $p > 0$, эта ситуация будет повторяться бесконечно. Поскольку существует не более N возможных значений для x_j , период формируемой последовательности не превышает величины N .

Иногда пользователь нуждается в последовательности вещественных чисел, значения которых равномерно распределены в полуоткрытом интервале $[0,1)$. Обычно они получаются путем преобразования по правилу

$$x_j \mapsto \frac{x_j}{N} \in [0, 1).$$

Желательно, чтобы N было как можно больше, поскольку его величина определяет верхнюю границу периода, формируемой генератором последовательности. С другой стороны, проблема возникает при выполнении операции приведения по модулю N . Если величина N превышает максимальный размер машинного слова микропроцессора, эта операция становится слишком затратной с точки зрения вычислительных ресурсов. По этой же причине, чаще всего, величина N выбирается равной 2^{32} . В середине 80-х годов такой генератор вошел в состав C – пакета **rand** с параметрами $a = 1103515245$, $c = 12\,345$, $N = 2^{31}$. Еще одной проблемой LCG является создание многомерной структуры распределения случайных точек для оценки равномерности распределения формируемых чисел. С целью контроля этой равномерности используется следующий алгоритм тестирования:

1. Генерируется три псевдослучайных числа в единичном полуинтервале $[0, 1)$, которые затем используются как координаты точки в трехмерном единичном кубе.
2. Итерация пункта 1, повторяется 2^{31} раз.
3. В основном единичном кубе вырезаются подкубы со стороной, равной 0,0153 от стороны единичного куба, а затем изображается картинка с размещенными внутри такого фрагмента точками.

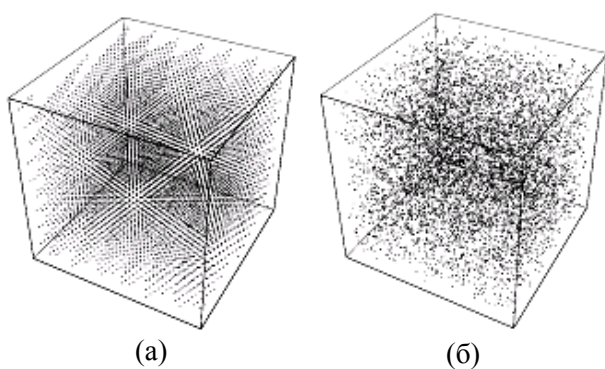


Рисунок 1 – Иллюстрация равномерности распределения чисел, формируемых LCG

На рис. 1, (а) представлена структура решетки, образованной делениями единичного куба, а на рис. 1, (б) – геометрическая интерпретация результатов тестирования LCG. Чем ближе результат к

ожидаемому распределению, тем менее заметны различия между этими рисунками [1].

Сегодня LCG уже практически не отвечают современным требованиям, однако они, по-прежнему, присутствуют в распространенных пакетах прикладных программ.

В 1973 году Льюисом (Lewis) и Пауни (Paune) [2] впервые были предложены генераторы, создаваемые на основе регистров сдвига с обобщенной обратной связью (*generalized feedback shift register* – GFSR). Также как и LCG, они широко применяются, реализованы в большинстве прикладных программных пакетов, однако, точно также у них имеются свои дефекты. Идея такого генератора состояла в том, чтобы увеличить длину периода формируемой последовательности, поскольку от этого зависит ее случайность. С этой целью значение выходного символа x_j следовало сделать зависимым не только от предыдущего символа x_{j-1} , но и еще от одного символа x_{j-m} , сформированного ранее.

Если процессор вычислительной системы использует w -битные слова то все слова на выходе GFSR можно рассматривать как w -мерное распределение горизонтальных векторов с коэффициентами из множества $\{0, 1\}$. GFSR формирует псевдослучайную последовательность из слов $x_0, x_1, x_2, \dots$ по рекуррентному правилу

$$x_j = x_{j-1} \oplus x_{j-k} \bmod p \quad (j = 0, 1, \dots), \quad (2)$$

где $\oplus$ обозначает сложение «по модулю два» (сложение векторов с компонентами из двух элементов поля $F_2 = \{0, 1\}$).

Такой генератор, обычно, дает последовательность, период которой превышает p .

Первые n w -битных слов $x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$ используются в качестве некоторого начального значения. Если целые числа $n > m > 0$ выбраны так, что $t^n + t^m + 1$ представляют собой «примитивный» многочлен над F_2 [3], то верхняя оценка периода формируемой таким генератором последовательности достигает $2^n - 1$. В часто используемых программных приложениях величина n изменяется в пределах $60 \leq n \leq 1000$. Реализация такого генератора требует сохранения в памяти n последних слов, являющихся частью рекурсии и, следовательно, необходимый объем памяти составляет именно n слов.

При относительно большом периоде, для создания одного выходного слова GFSR требуется всего несколько инструкций процессору. Этим объясняется факт широкого применения подобных генераторов, однако проводимые исследования показали, что соотношение между числом 0 и 1 в выходной последовательности

существенно отклоняется, а это противоречит постулатам Голомба [3]. Если выбрать какой-либо бит в выходных словах, например, самый старший бит (*Most Significant Bit* – MSB) и зафиксировав целое N , разделить выходную последовательность на кортежи, содержащие N слов, то, для хорошей последовательности распределение единиц в таких кортежах будет соответствовать биномиальному распределению $B(N, 1/2)$.

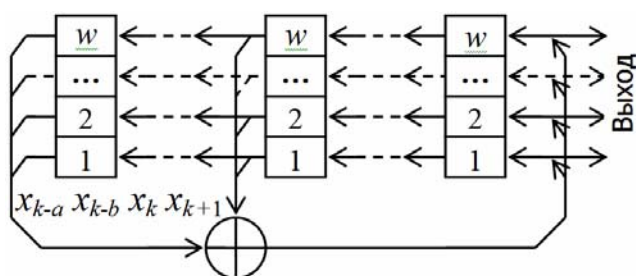


Рисунок 2 – Генератор Фибоначчи с запаздыванием

Однако исследования показывают, что при $N \leq n$ это условие не выполняется. Это происходит по причине того, что в процессе формирования выходных слов суммируются по модулю два только два из n слов, которые были сформированы ранее. Проще говоря, с учетом работы сумматора по модулю два, преобладание на некотором участке единиц или нулей не «сглаживается».

В 1958 году Дж. Ж. Митчеллом (G. J. Mitchell) и Д. Ф. Муром (D. P. Moore) был предложен модифицированный алгоритм Фибоначчи, работающий по правилу

$$x_n = (x_{n-24} \oplus x_{n-55}) \bmod p, \quad (n \geq 55, \dots).$$

Числа 24 и 55 выбраны таким образом, младшие значащие двоичные разряды имели период повторения, равный $2^{55} - 1$. Точная длина периода выходной последовательности определяется выражением

$$T = 2^{l-1}(2^{55} - 1) \text{ при } p = 2^l.$$

Первым тестом, который применяют для оценки соответствия распределения символов в словах на выходе генератора биномиальному закону $B(N, 1/2)$ распределения является тест χ -квадрат. В тестовом пакете NIST этот тест называют «частотным тестом» [4]. Если этот тест не выполняется, проведение остальных тестов считается нецелесообразным. Многочисленные исследования показали, что данный тест для GFSR не выполняется [5 - 7]. Однако, не смотря

на то, что этот дефект был обнаружен более 30 лет назад, пользователи зачастую не обращают на этот факт должного внимания. Из-за отсутствия научного определения практической псевдослучайности, в различных разработках генераторов находят воплощение «догмы» самих разработчиков. Зная о наличии дефектов, они пытаются частично их нейтрализовать путем «косметических» модификаций, однако полностью удалить их не удастся, как это оказалось в случае с алгоритмом Фибоначчи.

Среди пользователей распространено мнение, что если необходимо получить не более 10^7 случайных чисел, то можно воспользоваться реальным источником, а не PRNG. Это мнение не кажется беспорным. Во-первых, это практически не применимо в криптографии, из-за невозможности многократного воспроизводства такой ПСП. И, во-вторых, потому, что, при всех упомянутых негативных моментах, хорошие GFSR все же существуют. Например, в настоящее время, широко известен генератор, под названием «Вихрь Мерсенна» (Mersenne Twister), предложенный Макото Мацумото (Matsumoto M.) и Такудзи Нисимурой (Nishimura T.) в 1997 году [8]. Этот генератор имеет огромный период, равный числу Мерсенна $2^{19937} - 1$, и относится к классу, так называемых, витковых генераторов на регистрах сдвига с обобщенными обратными связями (*twisted generalized feedback shift register* – TGFSR). По сути это модификация генератора Фибоначчи с запаздыванием. Его упрощенная схема приведена на рис. 3.

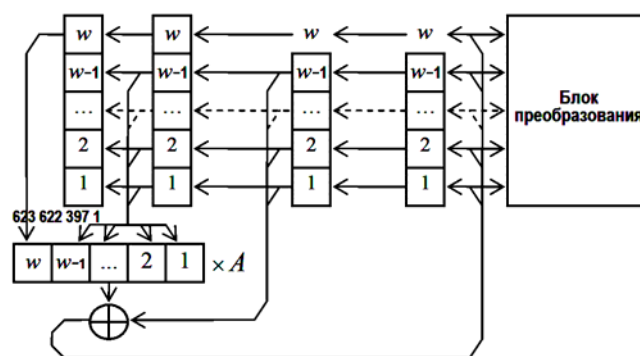


Рисунок 3 – Генератор MT19937

Существуют несколько вариантов этого алгоритма, различающихся размером используемого простого числа Мерсенна. Среди них наибольшее распространение получил MT19937. Он состоит из 623 ячеек памяти, в каждой из которых хранится целое 32 битное число. При этом рекуррентная последовательность выходных слов, формируемых по правилу: $x_i = x_{397-i} \oplus ((x_{i-624}$

$\& 0 \times 80000000) \mid (x_{i-623} \& 0 \times 7f f f f f f f) A (i = 0, 1, 2, \dots)$.

Суть этого преобразования заключается в том, что на каждом i -том шаге выбирается старший бит из слова $x_{i-623} = x_{w-1}, x_{w-2}, \dots, x_0$ ($w = 32$), принятого на предыдущем 623-ем шаге, и 31 бит из слова x_{i-622} , принятого на предыдущем 622-ом шаге, а затем осуществляется конкатенация обеих полученных частей с последующим умножением полученного результата на матрицу

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ a_{w-1} & a_{w-2} & \dots & \dots & a_0 \end{pmatrix}.$$

При этом умножение выполняется по правилу:

$$xA = \begin{cases} \text{schiftrigh}(x), & (\text{if the last significant bit } x = 0); \\ \text{schiftrigh}(x) \oplus a, & (\text{if the last significant bit } x = 1), \end{cases}$$

где a – это постоянный вектор: $a = (a_{31}, a_{30}, \dots, a_0) = 0 \times 9908B0DF$ в шестнадцатеричном исчислении.

Форма и значения элементов матрицы A была выбрана авторами из условия обеспечения максимальной скорости выполнения умножения $x A$.

Далее, результат этого преобразования по-символьно складывается по модулю два со словом, принятого на предыдущем 397-ом шаге, после чего содержимое всех ячеек сдвигается на шаг влево и полученный результат записывается в младшую ячейку. После этого, в зависимости от модификации генератора, часть полученного слова подвергается дальнейшему преобразованию и поступает на выход генератора. Цель выходного преобразования сводится к дальнейшей рандомизации выходного потока.

Для испытания MT19937 использовался пакет тестов DIEHARD [9], результаты тестирования оказались вполне удовлетворительными. Обладая впечатляющим периодом, этот генератор обеспечивает хорошую равномерность распределения вероятностей выходной последовательности символов. Еще одним его достоинством является наличие в алгоритме таких наиболее экономичных операций, как операции сдвигов и суммирования. Генератор разрабатывался для нужд моделирования и, к сожалению, не считается криптографически стойким. Тем не менее, он, наряду с другими,

рассмотренными выше линейными генераторами, может использоваться для нужд криптографии в качестве составной части.

Т. о., в **заключение** следует отметить, что на текущий момент существует достаточно много инженерных решений, позволяющих создать алгоритм формирования псевдослучайных чисел, удовлетворяющий заданным требованиям. Однако существуют серьезные проблемы теоретического характера, которые вызывают существенные трудности в этой деятельности, и они сводятся к ответу на следующие вопросы:

- как формировать случайные числа?
- как обеспечить их случайность в выходном потоке?

К сожалению, на эти вопросы полноценных ответов пока нет и, вероятно, не будет в будущем. Одной из причин такого положения дел является отсутствие достаточного практического и разумного определения псевдослучайности. В свое время, Колмогоров определил случайную последовательность, как такую последовательность, для генерации которой необходим алгоритм, длина которого не менее длины самой последовательности. Однако практическая значимость этого определения для разработчиков PRNG мала. Поэтому они проектируют генераторы, имеющие большой период, а, уже затем, ищут способы рандомизации выходного потока. Существует еще статистическое определение псевдослучайности, но полное удовлетворение его требований, представляет собой неподъемную задачу для современных ЭВМ.

Основой для предварительной теоретической оценки проектируемого генератора может быть рекуррентное аналитическое выражение, определяющее порядок формирования выходной последовательности. Одним из показателей, который может быть из него вычислен, является период. Подлинно случайные последовательности бесконечны. Но величина периода никак не отображает характер распределения символов. Поэтому, на данный момент, для определения качества выходной последовательности остается только статистическое тестирование. Известно множество строгих тестов, которые по различным показателям подтверждают (или не подтверждают) равномерность распределения вероятностей выходных символов. В работе [1] Д. Кнут утверждает, что увеличение числа различных тестов лишь «укрепляет уверенность» разработчика в качестве проделанной работы, поэтому, чем

больше выполнено различных тестов, тем лучше.

Вывод. В работе рассмотрены подходы к созданию линейных рекуррентных алгоритмов, обеспечивающих высокую производительность формирования случайных чисел. Известно множество нелинейных алгоритмов, применяемых, в основном для криптографических целей, но они сложны и работают достаточно медленно.

Список использованных источников

1. Кнут, Д. Искусство программирования для ЭВМ : монография. Т.2 / Д. Кнут. – М. : Мир, 1977. – 727 с.
2. Lewis, T. G. Generalized feedback shift register pseudorandom number algorithms : монография / T. G. Lewis, W. H. Payne. – J. ACM 20, 1973. – 468 с.
3. Golomb, S. W. Shift Register Sequences : монография / S. W. Golomb. – San Francisco : Holden Day, 1967 (and also reprint : Aegan Park Press, 1982). – ISBN 978-3-540-44523-4, ISSN 0302-9743.
4. 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. – С. 117-123.
5. Matsumoto, M. Twisted GFSR Generators /

M. Matsumoto, Y. Kurita // ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation. – 1992. – № 2. – С. 179-194.

6. Lindholm, J. H. An analysis of the pseudo-randomness properties of subsequences of long m-sequences / J. H. Lindholm // IEEE Trans. Inform. – 1968. – Theory IT-14. – С. 569-576.

7. Fredricsson, S. A. Pseudo-randomness properties of binary shift register sequences / S. A. Fredricsson // IEEE Trans. Inform. – 1975. – Theory IT-21. – С. 115-120.

8. Matsumoto, M. Mersenne Twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator / M. Matsumoto, T. Nishimura // ACM Trans. on Modeling and Computer Simulation. – 1998. – № 8. – С. 3-30.

9. The Marsaglia Random Number CDROM including the Diehard Battery of Tests of Randomness [Електронний ресурс] // Портал : без названія. – Режим доступу /www/ URL : <http://www.stat.fsu.edu/pub/diehard>. – Заголовок с екрана, доступ свободный, 18.05.2013.

Поступила в редакцию 21.05.2013

Рецензент: д.т.н., доцент Скопа А. А., Одесский национальный экономический университет, г. Одесса.

Н. Ф. Казакова, к.т.н., Ю. В. Щербина, к.т.н.

ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РОБОТИ СУЧАСНИХ ЛІНІЙНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Проведено аналіз проблем, пов'язаних з теоретичним та практичним обґрунтуванням якості створюваних генераторів випадкових чисел, застосовуваних у криптографічних додатках та моделюванні.

Ключові слова: якість, генератор ПВІП, криптографія, моделювання, багатовимірність.

N. F. Kazakova, PhD, Yu. V. Scherbina, PhD

EVALUATION OF QUALITY PROBLEMS OF MODERN LINEAR GENERATOR PSEUDO-RANDOM SEQUENCE

The analysis of the problems of theoretical and practical study of quality of random number generators. Generators are designed for use in cryptographic applications and solutions for the problems of modeling.

Keywords: quality, pseudo random number generator, cryptography, modeling, multidimensional.

УДК 006.83

Л. О. Суліма

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ВИМОГИ ДО КЕРІВНИЦТВА МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ЗГІДНО МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO 15189:2003

Проведено порівняльний аналіз вимог стандартів ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 та ISO 15189:2003. Розроблено кваліфікаційні вимоги до керівника медичної клініко-діагностичної лабораторії за ISO 15189:2003 «Medical laboratories - Particular requirements for quality and competence» (Медичні лабораторії. Особливі вимоги до якості та компетентності),

Ключові слова: керівництво медичних лабораторій, вимоги стандартів, кваліфікаційні вимоги до керівника клініко-діагностичної лабораторії.

Міжнародний стандарт ISO 15189:2003 [1], який визначає вимоги до компетентності клініко-діагностичних лабораторій, на жаль, в Україні і досі не гармонізований. Порядок акредитації таких лабораторій досі не відповідає рекомендаціям експертів ЄС [2], у яких прописана необхідність впровадження в практику роботи вітчизняних клініко-діагностичних (медичних) лабораторій низки вимог [1]. Більше того, на сьогодні жодна із існуючих сотень вітчизняних клініко-діагностичних лабораторій не впровадила [1] і не акредитована на відповідність його вимогам.

Національне агентство з акредитації України взагалі не акредитує лабораторії на відповідність вимогам згідно [1], а рекомендації стосовно впровадження цього стандарту в практику роботи лабораторій відсутні.

Досить широко впроваджені в сотнях вітчизняних випробувальних лабораторій міжнародно визнані вимоги до їх компетентності, описані в міжнародному стандарті [3] (вітчизняний аналог [4]).

Очевидно розробка методичних рекомендацій з впровадження в практику роботи медичних лабораторій вимог [1] повинна ґрунтуватись на положеннях для випробувальних

лабораторій та характерних особливостях лабораторій клініко-діагностичних.

Порівняльний аналіз вимог стандартів [1] та [4] показує, що однією із головних особливостей є, безумовно, вимоги до персоналу лабораторій. Під персоналом розуміють керівника (під керівником лабораторії розуміють виконавчого директора, тобто особу, яка несе юридичну відповідальність за роботу лабораторії і розпоряджається фінансами; якщо лабораторія входить до складу, скажімо, лікарні, то її завідувач не є керівництвом, керівником такої лабораторії є керівник лікарні, саме на нього розповсюджуються вимоги аналізування керівництвом), менеджера з якості, який відповідає за функціонування систем управління якістю та проведення внутрішніх аудитів, та операторів (під оператором слід розуміти будь-який персонал, задіяний у виконанні методик випробувань, в Україні це посади лаборантів, інженерів, лікарів та ін.).

Автором проведена робота щодо розробки кваліфікаційних вимог до керівника медичної клініко-діагностичної лабораторії за ISO 15189:2003 «Medical laboratories - Particular requirements for quality and competence» (Медичні лабораторії. Особливі вимоги до якості та компетентності), які представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Кваліфікаційні вимоги до керівника медичної клініко-діагностичної лабораторії за ISO 15189:2003 «Medical laboratories - Particular requirements for quality and competence» (Медичні лабораторії. Особливі вимоги до якості та компетентності).

№ з/п	Вимога	Зміст вимоги
1	Освіта	Керівник лабораторії повинен мати вищу освіту не нижче рівня «спеціаліст», «магістр» або рівноцінну (для осіб, які отримали вищу освіту до 17.01.2002 року).
2	Загальний досвід роботи	Наявність чотирирічного загального стажу роботи (повний робочий день) на підприємстві (організації) будь-якої форми власності і на будь-

№ з/п	Вимога	Зміст вимоги
		якій посаді, без врахування загального стажу за період навчання у вищому навчальному закладі (повністю для денної форми та частково з урахуванням тривалості (кількості академічних годин) навчання для заочної форми), оскільки навчання не може бути віднесене до таких видів робіт, як розробка, виробництво, технологія, управління.
3	Досвід роботи у сфері медичної діагностики	Керівник лабораторії повинен мати стаж, принаймні, дворічної практичної роботи у медичних клініко-діагностичних лабораторіях.
4	Спеціальна підготовка керівника	Керівник лабораторії повинен пройти спеціальну підготовку для забезпечення якості медичних послуг, що надаються лабораторією та управління якістю цих послуг.
5	Спеціальні знання керівника	Керівник лабораторії повинен мати спеціальні знання та вміння щодо: 1) процесів виробництва виробів медичних та пов'язані з ними: - термінологію предметної галузі; - технологічні характеристики процесів та продукції та пов'язаних з ними послуг; - процесів та практичної діяльності в конкретній галузі; - національних і міждержавних стандартів та інших нормативних документів, які зокрема встановлюють вимоги щодо: а) класифікації виробів медичних в залежності від потенційного ризику застосування; б) маркування та пакування виробів медичних; в) стерилізації та дезінфекції виробів медичного призначення; г) контролю стерильності засобів медичного призначення; д) валідації та поточного контролю стерилізації та дезінфекції виробів медичного призначення; е) надійності, правил та методів випробувань і контролю при виробництві медичної техніки; ж) санітарних правил організації технологічних процесів та гігієнічних вимог до виробничого обладнання, в тому числі, вимоги до виробничого середовища, обладнання, класифікації шкідливих речовин; и) токсиколого-гігієнічних та клінічних досліджень медичних виробів; к) біологічного оцінювання медичних виробів; л) обов'язкових вимог до медичних виробів, що визначені Технічними регламентами України та стандарти, добровільне застосування яких є доказом відповідності. м) основних вимог безпеки, електромагнітної сумісності та основні технічні характеристики, які впливають на безпеку пацієнта та персоналу при використанні електричного/електронного медичного обладнання. н) процесів виробництва пластмас; п) розробки і перевірки програмного або апаратного забезпечення для пристроїв та виробничих процесів; 2) систем управління якістю за ДСТУ ISO 13485:2005: - термінологію у сфері управління; - принципи управління якістю та особливості їх застосування; - спільні елементи та відмінності ДСТУ ISO 13485 та ДСТУ ISO 9001; - методи управління якістю виробів медичних; 3) управління ризиками у відповідності з вимогами ДСТУ ISO 14971:2009.
6	Особисті якості керівника	Керівнику лабораторії слід бути: - етичним, тобто справедливим, правдивим, щирим, відвертим та ввічливим;

№ з/п	Вимога	Зміст вимоги
		- неупередженим, тобто готовим до розгляду альтернативних ідей або точок зору; - дипломатичним, тобто тактовним у ставленні до людей; - спостережливим, тобто активно знайомитися з навколишнім оточенням і видами діяльності; - сприйнятливим, тобто інстинктивно відчувати ситуації і бути здатним розуміти їх; - різнобічним, тобто здатним легко адаптуватися до різних ситуацій; - наполегливим, цілеспрямованим; - рішучим, тобто своєчасно робити висновки на основі логічного мислення та аналізування; - впевненим у собі, тобто діяти та працювати незалежно під час співпраці з іншими фахівцями; - витриманим, здатним до аналізу та до об'єктивної оцінки; - зосередженим, спостережливим, принциповим, доброзичливим та пунктуальним; - здатним слухати співбесідника.
7	Відповідальність керівника лабораторії	Керівник лабораторії несе відповідальність за: - надані поради та інформацію стосовно вибору методів вимірювання та випробування; - сервіс лабораторії та інтерпретацію отриманих за результатами випробування даних; - надання відповідних послуг (виконавці робіт – active members); - ефективну взаємодію та функціонування з відповідними органами охорони здоров'я, пацієнтами, регуляторними органами тощо; - визначення, упровадження (з подальшим моніторингом результативності) стандартів функціонування та поліпшення якості послуг лабораторії; - упровадження системи менеджменту (директор та персонал за необхідності повинні брати участь у відповідних комітетах поліпшення якості); - моніторинг всієї виконуваної в лабораторії роботи з метою підтвердження надійності отримуваних лабораторією даних; - наявність персоналу відповідної кваліфікації, що має адекватну документально підтверджену освіту та досвід відповідно до потреб лабораторії; - планування, встановлення мети, розподіл ресурсів; - ефективне та результативне адміністрування медичних лабораторних послуг, включаючи фінансовий менеджмент та контроль; - програми навчання медичного і лабораторного персоналу та участь у відповідних навчальних програмах; - планування і спрямування досліджень та розвитку лабораторії за наявних можливостей; - вибір та моніторинг референтних лабораторій; - упровадження та підтримання умов в лабораторії, відповідних регуляторним вимогам та добрій лабораторній практиці; - розгляд будь-якої скарги, прохання або пропозиції споживачів послуг лабораторії; - належний моральний рівень персоналу.
8	Підтримування статусу керівника	Керівник лабораторії з метою покращення управління та отримання нових знань та придбання навичок повинен постійно підвищувати свою кваліфікацію на відповідних курсах, а також брати участь у: - семінарах керівників медичної галузі;

№ з/п	Вимога	Зміст вимоги
		- прес - конференціях; - круглих столах та дискусіях.

ВИСНОВКИ:

Як бачимо, керівник лабораторії згідно [1] на відміну від керівника лабораторії за [4] повинен нести не лише відповідальність перед засновником і суспільством, але й бути достатньо компетентним стосовно послуг, які надає лабораторія, і повинен мати відповідну кваліфікацію, тобто базову освіту не будь-яку, а відповідну профілю роботи лабораторії.

Під компетентністю традиційно розуміється доведена спроможність використовувати отримані знання, тобто компетентність формується як результат базової освіти, післядипломної (безперервної) освіти, практичних занять і практичного досвіду протягом кількох років безпосередньо у медичній лабораторії.

Керівник лабораторії та особи, призначені для виконання завдань, мають отримати базову освіту та практичний досвід, необхідний для забезпечення відповідальності.

Список використаних джерел

1. ISO 15189:2003. Medical laboratories- Particular requirements for quality and competence (Медичні лабораторії. Особливі вимоги до якості та компетентності).

2. Рекомендація щодо вдосконалення системи управління якістю медичної допомоги в Україні: акредитація медичних закладів. – Посібник, Представництво Європейського комітету в Україні, Київ, 2009 р. – 64 с.

3. ISO/IEC 17025:2005. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

4. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Загальні вимоги до компетентності випробувальних і калібрувальних лабораторій.

Надійшла до редакції 20.05.2013

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

Л. А. Сулима

ТРЕБОВАНИЯ К РУКОВОДСТВУ МЕДИЦИНСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ В СООТВЕТСТВИИ С МЕЖНАРОДНЫМ СТАНДАРТОМ ISO 15189:2003

Проведен сравнительный анализ требований стандартов ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 и ISO 15189:2003. Разработаны квалификационные требования к руководителю медицинской клинико-диагностической лаборатории в соответствии с ISO 15189:2003 "Medical laboratories - Particular requirements for quality and competence" (Медицинские лаборатории. Особые требования к качеству и компетентности),

Ключевые слова: руководство медицинских лабораторий, требования стандартов, квалификационные требования к руководителю клинико-диагностической лаборатории.

L. O. Sulima

REQUIREMENTS TO MANAGERS OF MEDICAL LABORATORIES ACCORDING TO STANDART ISO 15189:2003

The comparative analysis of requirements of standards DSTU ISO/IEC 17025:2006 and ISO 15189:2003 is executed. Qualifying requirements to the director of clinical laboratory in accordance with ISO 15189:2003 "Medical laboratories - Particular requirements for quality and competence" are worked out.

Keywords: managers of medical laboratories, requirements of standards, qualifying requirements to the director of clinical laboratory.

РОЗДІЛ 2

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення

О. М. Величко, д.т.н., С. Р. Карпенко, Р. В. Гурін

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ДИСТАНЦІЙНЕ КАЛІБРУВАННЯ АНАЛІЗАТОРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ФІРМИ FLUKE

Розглянуто можливості дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії фірми Fluke моделей 434 II, 435 II, 437 II, особливості та способи його впровадження. Розроблено функціональну схему системи дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії фірми Fluke. Описано модель вимірювання і проведено аналіз бюджету невизначеності при дистанційному калібруванні аналізаторів якості електричної енергії фірми Fluke.

Ключові слова: дистанційне калібрування, невизначеність, пересувні робочі еталони, електрична енергія.

Вступ

В останні десятиріччя широке впровадження сучасних засобів телекомунікаційного устаткування, радіо- і електрозв'язку та медичного обладнання, чутливих до зниження якості електричної енергії, висуває на перший план необхідність контролю й забезпечення якості електроенергії, яка споживається.

Але успішне вирішення проблеми неможливе без оснащення організацій, енергогенеруючих компаній засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) (аналізаторами якості електричної енергії), що дозволили б знайти, передбачити, запобігти та усунути неполадки в системах розподілу електроенергії.

В метрологічних службах облэнерго та міськэнерго в експлуатації знаходяться трифазні та однофазні аналізатори якості електричної енергії, що забезпечують виміри параметрів електричної енергії.

Аналізатори якості електричної енергії Fluke 434II, 435II, 437II є зручним інструментом для збору статистичної інформації щодо якості електроенергії. За допомогою нової функції калькулятора втрат електроенергії, моделі Fluke 434II, 435II, 437II оцінюють вартість нераціонально витраченої електричної енергії за умов поганої якості у фінансовому вираженні. Можливість «монетизації» електричної енергії дозволяє визначати ділянки з найбільшими підбирати можливі шляхи енергозбереження. Завдяки базовим функціям оцінки якості електричної енергії, отримуємо універсальний інструмент для пошуку та усунення несправностей.

Тому одним із актуальних питань стає калібрування, в т.ч. дистанційне, аналізаторів якості електричної енергії.

1. Загальні питання дистанційного калібрування ЗВТ

Основною властивістю калібрування ЗВТ є простежуваність результатів вимірювань до національних еталонів, які зберігаються в національних метрологічних інститутах (НМІ). За традиційною схемою замовники відправляли свої ЗВТ до НМІ чи акредитованої калібрувальної лабораторії (КЛ), де проводилось їхнє калібрування, а по завершенню цих робіт повертали назад свої ЗВТ з відповідними сертифікатами калібрування.

Традиційне калібрування ЗВТ займає багато часу і має ряд витрат, пов'язаних з транспортуванням ЗВТ до НМІ чи КЛ, та складності з демонтажем аналізаторів якості електричної енергії, якщо вони розташовані на тепло-електро центрах (ТЕЦ), газокompресорних підстанціях, які забезпечують електроенергією, теплом і газом побутових та промислових споживачів населених пунктів України.

У зв'язку зі сформованими умовами набуває важливість питання дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії.

У 1997 р. було заявлено про можливість проведення дистанційного калібрування через Інтернет [1], а в 2000 р. Національним інститутом стандартів і технологій США (NIST) було проведене перше дистанційне калібрування ЗВТ з використанням багатофункціонального пересувного робочого еталону для лабораторії фірми "Sandia" [2].

При проведенні дистанційного калібрування ЗВТ проблеми, пов'язані з витратами на транспортування ЗВТ зведені до мінімуму, оскільки всі ЗВТ знаходиться у лабораторії

замовника, а для забезпечення простежуваності вимірювань використовується пересувний робочий еталон НМІ.

При дистанційному калібруванні ЗВТ виконання вимог міжнародного стандарту ISO/IEC 17025 є обов'язковим [3].

Але при проведенні дистанційного калібрування ЗВТ виникають нові проблеми:

для передачі результатів вимірювання з лабораторії замовника до НМІ необхідне застосування спеціального програмного забезпечення (ПЗ);

результати вимірювання повинні бути надійно захищені;

необхідно здійснювати дистанційний контроль дотримання нормальних кліматичних умов;

необхідно забезпечити дотримання правил безпеки у лабораторії замовника при виконанні дистанційного калібрування ЗВТ і здійснювати відповідний візуальний контроль.

Особливості нормативного забезпечення організаційно-технічних систем дистанційного калібрування ЗВТ описані в [4].

2. Спосіб реалізації дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії

Як багатофункціональний пересувний робочий еталон було обрано комплект обладнання: еталонний компаратор COM 3003 ZERA GmbH, високопрецизійний генератор струму та напруги MT 3000 ZERA GmbH, високостабільний підсилювач струму MT 3000 Buster ZERA GmbH до 120 А.

Цей комплект обладнання повністю автоматизований і може працювати автономно. Але для реалізації дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії недостатньо функціональних можливостей штатного ПЗ, через це було розроблено спеціальне ПЗ в середовищі LabVIEW, яке задовольняє всі вимоги до дистанційного калібрування.

Також висуваються певні вимоги до аналізаторів якості електричної енергії, що калібруються, а саме:

необхідна наявність віддаленого інтерфейсу управління (Com, Serial, IEEE, GPIB, USB тощо);

багатофункціональність вимірювання/відтворення;

висока точність вимірювання/відтворення.

Аналізатор якості електричної енергії Fluke 434П, який призначений для пошуку несправностей у трифазній мережі з повним

набором функцій, було обрано для дистанційного калібрування. Цей аналізатор вимірює практично всі параметри електроживлення: напругу, струм, частоту, потужність, споживання електроенергії, дисбаланс і флікер-шум (мерехтіння), гармоніки й проміжні гармоніки, має похибку 0,1 % і повністю відповідає міжнародному стандарту IEC 61000-4-30 Клас А. Він також відповідає суворим стандартам безпеки 600 В CAT IV, 1000 В CAT III.

Зовнішній вигляд аналізатора Fluke 434 П зображено на рис. 1. Для його дистанційного калібрування була розроблена структурна схема, зображена на рис. 2. Функціональна схема здійснення дистанційного калібрування аналізатора наведена на рис. 3.

Основними компонентами запропонованої системи дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії є:

спеціалізоване ПЗ, яке має бути встановлене на персональних комп'ютерах калібрувальної лабораторії і замовника рис. 4;

багатофункціональний пересувний робочий еталон калібрувальної лабораторії, який має бути розміщений у замовника;

аналізатор якості електричної енергії, що має бути відкалібрований;

вимірювач параметрів повітря «Атмосфера-1» і Web-камера, які мають бути встановлені в калібрувальній лабораторії;

лінія зв'язку, яка використовується для роботи з Інтернет.

Спеціалізоване ПЗ складається з двох основних частин: основної програми (клієнт-програма) і програми управління пристроями. Основна програма розміщена на персональний комп'ютер, а програма управління пристроями – на персональний комп'ютер замовника. Доступ до основної програми має уповноважений персонал калібрувальної лабораторії і для цього в цій програмі передбачена процедура авторизації користувача. Алгоритм калібрування лічильників електричної енергії реалізується поза тілом основної програми в спеціальному окремому файлі, який підключається основною програмою.

Вся інформація, яка передається по мережі Інтернет проходить алгоритм шифрування/дешифрування даних, що здійснюється за допомогою криптографічного алгоритму "Blowfish", який реалізує блочне симетричне шифрування з довжиною ключа від 32 до 448 біт [5].



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд аналізатора якості електричної енергії Fluke 434

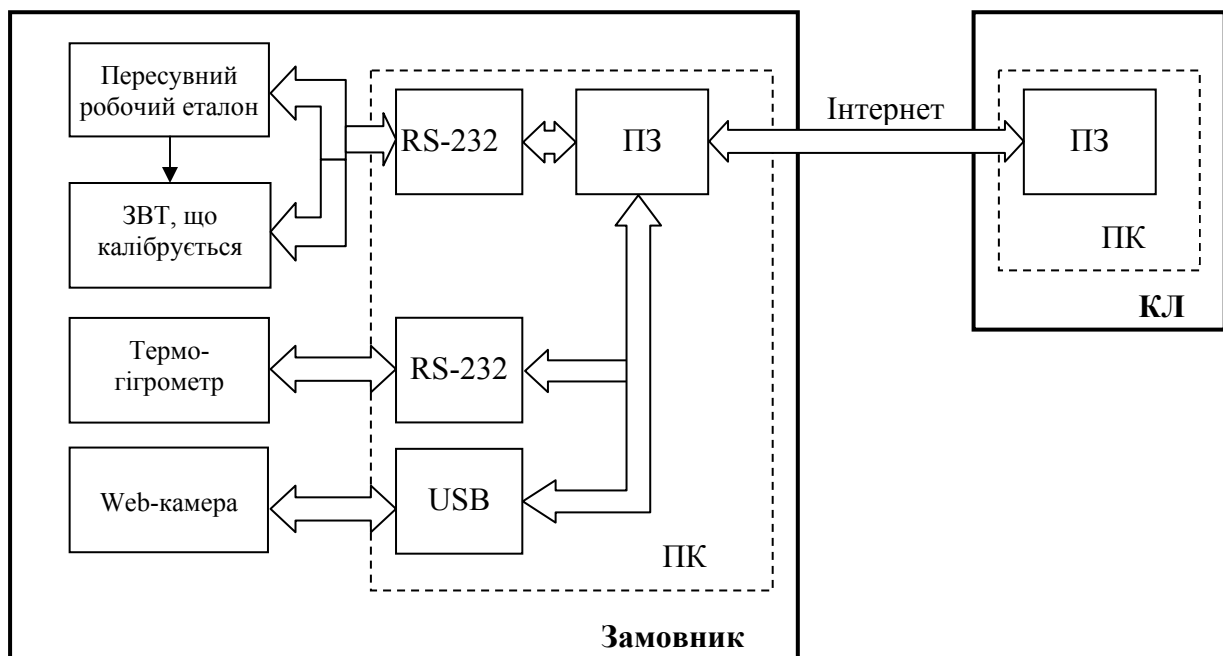


Рисунок 2 – Структурна схема системи дистанційного калібрування для аналізаторів якості електричної енергії фірми Fluke

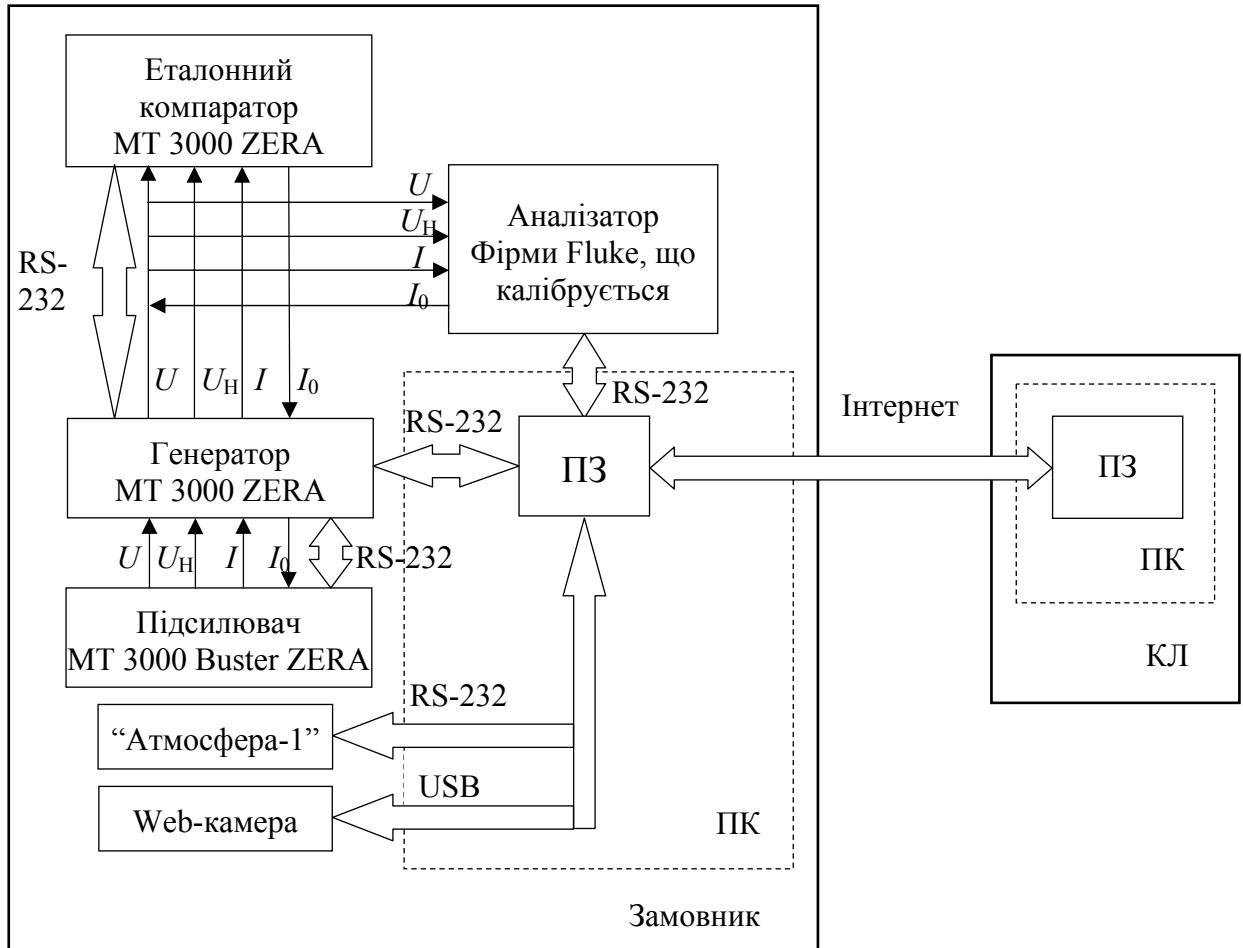


Рисунок 3 – Функціональна схема системи дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії фірми Fluke

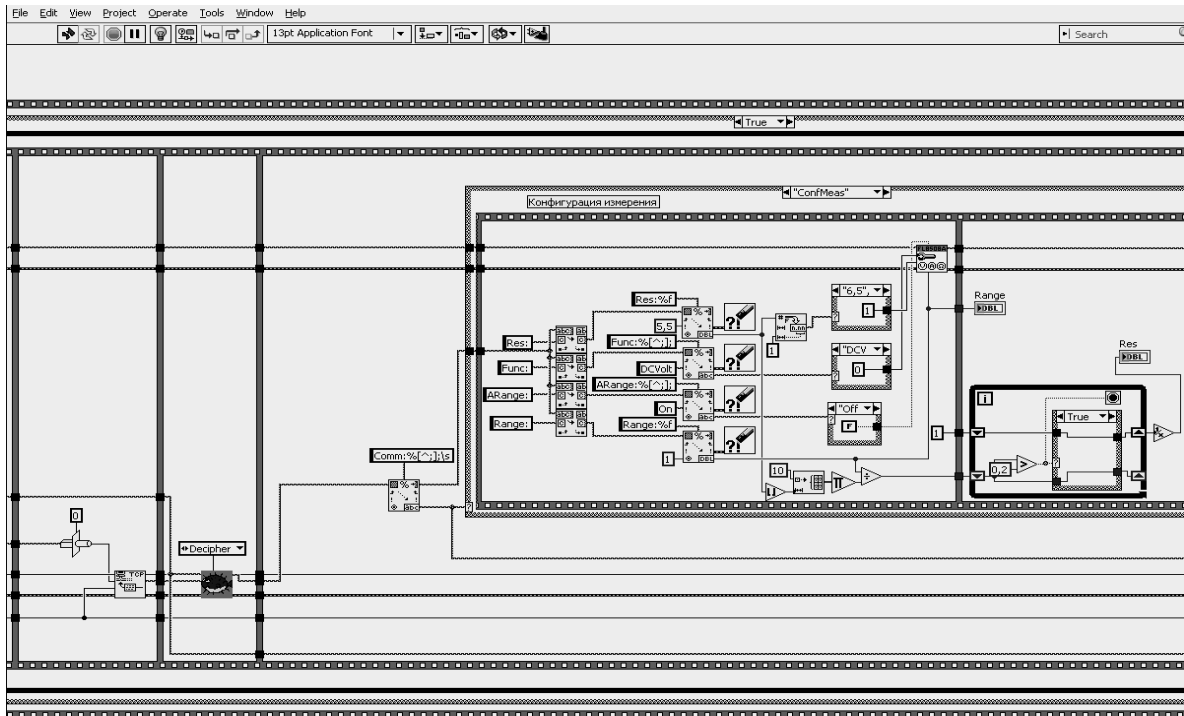


Рисунок 4 – Фрагмент спеціалізованого ПЗ системи дистанційного калібрування

Універсальністю спеціалізованого ПЗ є те, що алгоритм процедури калібрування аналізатора якості електричної енергії прописаний поза тілом програми в окремому файлі, що дозволяє створювати множину процедур калібрування для різних типів аналізаторів якості електричної енергії.

Суттєвою перевагою даного спеціалізованого ПЗ є те, що воно ідентифікує прилади, які задіяні під час калібрування.

По закінченню калібрування аналізатора якості електричної енергії основна програма формує протокол з результатами вимірювань і

загальною невизначеністю результатів вимірювань. Вся інформація про калібрування аналізатора записується в базу даних, а саме: організаційні дані (дата, ким і кому було проведене калібрування аналізатора якості електричної енергії, тип і заводські номери аналізатора якості електричної енергії, що калібрувався, тощо); результати вимірювань і загальна невизначеність.

Зовнішній вигляд системи дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії представлений на рис. 5.



Рисунок 5 – Зовнішній вигляд системи дистанційного калібрування

3. Оцінка невизначеності результату вимірювання

При розрахунку відносної розширеної невизначеності результату вимірювання слід врахувати наступні складові невизначеності [6–8]:

невизначеність відкаліброваного НМІ чи КЛ пересувного робочого еталона;

складові невизначеності вимірювання за допомогою пересувного робочого еталона, пов'язані з температурою, відмінною від нормальної;

роздільна здатність аналізатора якості електричної енергії, що калібрується;

середньоквадратичне відхилення (СКВ) результату вимірювання (у разі багатократного вимірювання);

інші складові невизначеності (при необхідності їх врахування).

Модель вимірювання в абсолютній формі має вигляд

$$P_x = P_0 + \Delta_{KPE} + \Delta_{COM\ 3003} + \Delta_{MT\ 3000} + \Delta_{MT\ 3000\ BUSTER} + \Delta_T + \Delta_\phi + \Delta_f + \Delta_V + \Delta_{RS\ 232} + \Delta_{P3} + \Delta_{ПЗ},$$

де:

P_0 – дійсне значення вимірюваного параметра в абсолютній формі;

Δ_{KPE} – значення СКВ результату калібрування;

$\Delta_{COM\ 3003}$ – невизначеність еталонного компаратора електричної потужності COM 3003 (із сертифікату калібрування);

$\Delta_{MT\ 3000}$ – невизначеність високоприцевийного генератора струму та напруги MT 3000 (із сертифікату калібрування);

$\Delta_{MT3000BUSTER}$ – невизначеність підсилювача струму до 120 А MT 3000 Buster (із сертифікату калібрування);

Δ_T – невизначеність температурної нестабільності вимірювача параметрів повітря «Атмосфера-1»;

Δ_ϕ – невизначеність відхилення кута зсуву фаз між струмом і напругою;

Δ_f – невизначеність нестабільності частоти живлення;

Δ_V – невизначеність нестабільності напруги живлення;

Δ_{RS232} – невизначеність затримки обміну інформацією по інтерфейсу RS 232;

Δ_{P3} – невизначеність, що вноситься роздільною здатністю робочого еталона, що використовується;

$\Delta_{ПЗ}$ – невизначеність, що вноситься спеціальним ПЗ.

Враховуючи те що спеціальне ПЗ автоматично вираховує деякі параметри у відносній формі, то доцільно зробити перехід від абсолютної форми до відносної.

Отже, модель вимірювання у відносній формі має вигляд

$$\hat{P}_x = \hat{P}_0 + \delta_{KPE} + \theta_{COM3003} + \theta_{MT3000} + \theta_{MT3000BUSTER} + \delta_T + \delta_\phi + \delta_f + \delta_V + \delta_{RS232} + \delta_{P3} + \delta_{ПЗ},$$

де:

$\hat{P}_0$ – дійсне значення вимірюваного параметра в відносній формі;

δ_{KPE} – значення СКВ результату калібрування;

$\theta_{COM3003}$ – невизначеність еталонного компаратора електричної потужності COM 3003 (із сертифікату калібрування);

θ_{MT3000} – невизначеність високоприцевийного генератора струму та напруги MT 3000 (із сертифікату калібрування);

$\theta_{MT3000BUSTER}$ – невизначеність підсилювача струму до 120 А MT 3000 Buster (із сертифікату калібрування);

δ_T – невизначеність температурної нестабільності вимірювача параметрів повітря «Атмосфера-1»;

δ_ϕ – невизначеність відхилення кута зсуву фаз між струмом і напругою;

δ_f – невизначеність нестабільності частоти живлення;

δ_V – невизначеність нестабільності напруги живлення;

δ_{RS232} – невизначеність затримки обміну інформацією по інтерфейсу RS 232;

δ_{P3} – невизначеність, що вноситься роздільною здатністю робочого еталона, що використовується;

$\delta_{ПЗ}$ – невизначеність, що вноситься спеціальним ПЗ.

У відповідності з моделлю вимірювання, при розрахунку сумарної невизначеності враховуються складові за типами А і В у формі відносних стандартних невизначеностей.

Складова відносної сумарної невизначеності за типом А – невизначеність, пов'язана з розсіюванням відносної різниці показань при калібруванні робочого еталону, яка визначається за формулою:

$$u_A(P) = \delta_{KPE} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \times \left(\frac{P_{PE_i} - P_{COM3003}}{P_{COM3003}} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_{PE_i} - P_{COM3003}}{P_{COM3003}} \right) \right)^2};$$

P_{PE} – значення параметра, виміряне за допомогою робочого еталону;

$P_{COM3003}$ – опорне значення параметра, виміряне за допомогою еталонного компаратора електричної потужності COM 3003;

P_{PE_i} – i -й результат вимірювання параметра за допомогою робочого еталону.

Число ступенів свободи для складової $\nu_A = n - 1 = 4$.

Складові відносної сумарної невизначеності за типом В:

$u_{B1}(P)$ – невизначеність еталонного компаратора електричної потужності COM 3003 ($u_{B1}(P) = \theta_{COM3003}$);

$u_{B2}(P)$ – невизначеність високоприцевийного генератора струму та напруги MT 3000 ($u_{B2}(P) = \theta_{MT3000}$);

$u_{B3}(P)$ – невизначеність підсилювача струму до 120 А MT 3000 Buster ($u_{B3}(P) = \theta_{MT3000BUSTER}$);

$u_{B4}(P)$ – невизначеність температурної нестабільності вимірювача параметрів повітря «Атмосфера-1» (паспортні дані $u_{B4}(P) = \delta_T$);

$u_{B5}(P)$ – невизначеність відхилення кута зсуву фаз між струмом і напругою (паспортні данні високоприцевізного генератора струму та напруги МТ 3000 або сертифікат калібрування – $u_{B5}(P) = \delta_\varphi$);

$u_{B6}(P)$ – невизначеність нестабільності частоти живлення ($u_{B6}(P) = \delta_f$);

$u_{B7}(P)$ – невизначеність нестабільності напруги живлення ($u_{B7}(P) = \delta_V$);

$u_{B8}(P)$ – невизначеність затримки обміну інформацією по інтерфейсу RS 232 (паспортні дані – $u_{B8}(P) = \delta_{RS232}$);

$u_{B9}(P)$ – невизначеність, що вноситься роздільною здатністю робочого еталону ($u_{B9}(P) = \delta_{P3}$);

$u_{B10}(P)$ – невизначеність, що вноситься спеціальним ПЗ ($u_{B10}(P) = \delta_{ПЗ}$).

Сумарну відносну стандартну невизначеність результату калібрування

аналізатора якості електричної енергії визначають за формулою

$$u_c(P) = \sqrt{(u_A(P))^2 + \sum_{i=1}^m (u_{Bi}(P))^2},$$

де m – кількість складових невизначеності з оцінюванням за типом типу В (для нашого випадку $m = 10$).

Відносну розширену невизначеність результату калібрування аналізатора якості електричної енергії оцінюють за формулою

$$U(P) = t(P, \nu_{eff}) \cdot u_c(P),$$

де $t(P, \nu_{eff})$ – коефіцієнт Стюдента для ймовірності $P = 0,95$ та ефективного числа ступенів свободи ν_{eff} , яке відповідно до ДСТУ-Н РМГ 43 розраховується як

$$\nu_{eff} = \nu_A \left[u_c(\delta_k) / u_A(\delta_k) \right]^4.$$

За результатами оцінки невизначеності результату вимірювання складають бюджет невизначеності калібрування аналізаторів якості електричної енергії, який наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Бюджет невизначеності калібрування аналізаторів якості електричної енергії

Вхідна величина x_i	Оцінка вхідної величини	Стандартна невизначеність $u(x_i)$	Закон розподілу	Коефіцієнт чутливості $\frac{\partial \Delta}{\partial x_i}$	Вклад невизначеності
δ_{KPE}	δ_{KPE}	$u_A(P)$	рівномірний	1,0	δ_{KPE}
$\theta_{COM 3003}$	0,000026	$u_{B1}(P)$	рівномірний	1,0	0,000026
θ_{MT3000}	0,004	$u_{B2}(P)$	рівномірний	1,0	0,004
$\theta_{MT3000BUSTER}$	0,003	$u_{B3}(P)$	рівномірний	1,0	0,003
δ_T	0,004	$u_{B4}(P)$	рівномірний	0,5	0,004
δ_φ	0,000012	$u_{B5}(P)$	нормальний	1,0	0,000012
δ_f	0,000015	$u_{B6}(P)$	нормальний	0,5	0,000015
δ_V	0,000139	$u_{B7}(P)$	нормальний	0,5	0,000139
δ_{RS232}	δ_{RS232}	$u_{B8}(P)$	нормальний	0,01	δ_{RS232}
δ_{P3}	δ_{P3}	$u_{B9}(P)$	нормальний	0,01	δ_{P3}
$\delta_{ПЗ}$	$\delta_{ПЗ}$	$u_{B10}(P)$	нормальний	0,01	$\delta_{ПЗ}$
P_x					$u_c(P)$

Висновки

Реалізована система дистанційного калібрування аналізаторів якості електричної енергії, яка дозволяє зменшити витрати часу на здійснення калібрування і вирішити проблеми доставки аналізаторів до лабораторії НМІ чи КЛ, що є перевагою такого калібрування. Суттєвою перевагою

дистанційного калібрування аналізаторів є захист даних, що передаються по мережі Інтернет.

Список використаних джерел

1. O'Dowd R., Maxwell D., Farrell T., Dunne J. Remote Characterization of Optoelectronic Devices Over the Internet // Proceedings of 4th Optical Fibre Measurement Conference. – October 1997. – NPL, Teddington, UK. – P. 155–158.
2. Baca L. B., Duda L., Walker R., Oldham N., Parker M. Internet-Based Calibration of a Multifunction Calibrator // National Conference of Standards Laboratories. – April 2000. – Toronto, Ontario, Canada. – 10 p.
3. Величко О. М., Анохін Ю. Л. Виконання вимог міжнародного стандарту ISO/IEC 17025 при дистанційному калібруванні засобів вимірювальної техніки // Метрологія та прилади. – 2013. – № 5. – С. 37–41.

4. Величко О., Гордієнко Т., Анохін Ю. Особливості нормативного забезпечення організаційно-технічних систем дистанційного калібрування ЗВТ // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2013. – № 2. – С. 27–33.

5. Величко О., Гурін Р. Калібрування цифрових мультиметрів і калібраторів електричних сигналів із застосуванням мережі Інтернет // Метрологія та прилади. – 2011. – № 5. – С. 51–55.

6. Величко О. М. Калібровка засобів вимірювальної техніки через Інтернет: стан і перспективи впровадження // Укр. метролог. журнал. – 2006. – № 1. – С. 45–49.

7. Величко О. Н. Особенности внедрения современных информационных технологий в аккредитованных лабораториях // Тез. докл. Межд. науч.-техн. конф. “Метрология и метрологическое обеспечение”. – Минск, 2007. – С. 30–34.

8. Величко О. М., Коломієць Л. В., Гордієнко Т. Б. Калібрування засобів вимірювальної техніки: основи і нормативне забезпечення. Підручник. – Одеса: БМВ, 2011. – 338 с.

Надійшла до редакції 20.05.13

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

О. Н. Величко., д.т.н., С. Р. Карпенко, Р. В. Гурин

ДИСТАНЦИОННАЯ КАЛИБРОВКА АНАЛИЗАТОРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ФИРМЫ FLUKE

Рассмотрены возможности дистанционной калибровки анализаторов качества электрической энергии фирмы Fluke моделей 434 II, 435 II, 437 II, особенности и способы ее внедрения. Разработана функциональная схема системы дистанционной калибровки анализаторов качества электрической энергии фирмы Fluke. Описана модель измерения и проведен анализ бюджета неопределенности при дистанционной калибровке анализаторов качества электрической энергии фирмы Fluke.

Ключевые слова: дистанционная калибровка, неопределенность, передвижные рабочие эталоны, электрическая энергия.

O. M. Velychko, DSc, S. R. Karpenko, R. V. Gurin

REMOTE CALIBRATION OF THE ELECTRIC ENERGY QUALITY ANALYZER FIRM FLUKE

The possibility of remote calibration of electric power energy analyzer firm Fluke models 434 II, 435 II, 437 II, features and how to implement it is considered. The functional scheme of remote calibration for electric power energy analyzer firm Fluke was considered. The measurement model and analysis of budget of uncertainty in remote calibration of electric energy quality analyzer firm Fluke was describe.

Keywords: remote calibration uncertainty, mobile working standard, electrical energy.

В. Ю. Кучерук, д.т.н., І. А. Дудатьєв

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

ОГЛЯД МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ СКЛАДУ ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

У статті зроблено аналіз методів визначення концентрації газових сумішей. Методи були порівняні між собою за певними критеріями. Визначено оптимальний метод для контролю складу димових газів, який було корельовано до поставленої задачі.

Ключові слова: контроль, склад димових газів котельних установок, метод, класифікація, узагальнений критерій якості, матричний граф.

Вступ

На даний час існує багато різноманітних методів визначення газоподібних речовин у повітрі: оптичні, електрохімічні, хроматографічні, каталітичні, термохімічні та ін. Але в багатьох випадках вони не можуть забезпечити високу точність, чутливість і швидкодію вимірювань та вірогідність контролю газів. Разом з тим, дані вимоги є необхідними параметрами ефективної роботи котельних установок, яка прямо залежить від наявності достовірної інформації про хід технологічних процесів. Це, в свою чергу, може спричинити неефективну роботу установки, зокрема неякісне згорання палива.

Тому метою роботи є вибір оптимального методу контролю складу газів з подальшим його вдосконаленням та уніфікацією відносно особливостей об'єкту контролю.

Мета роботи: вибір оптимального методу для контролю складу димових газів та корельовання його згідно особливостей об'єкту контролю.

Особливості об'єкта контролю

Структура складу димових газів котельних установок [1] представлена на рис. 1.

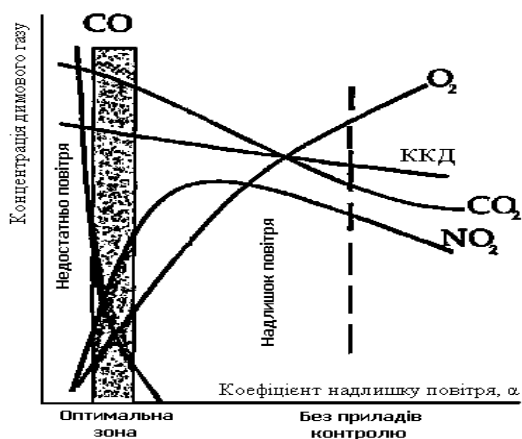


Рисунок 1 - Структура складу димових газів котельних установок

Оптимальна зона – це така концентрація компонентів, при якій забезпечується спалювання палива з низьким коефіцієнтом надлишку повітря (КНП). Наприклад, у роботі [2] для котла ДЕ-25-14 ГМ було встановлено оптимальний КНП, який дорівнює 1,25 ($\pm 0,01$). Збільшення оптимального КНП призводить до підвищення значення концентрації оксидів азоту. При зниженні оптимального КНП збільшується концентрація оксидів вуглецю і, як наслідок, збільшаться втрати з хімічною неповнотою згорання. Головним параметром, що виявляє корегуючу дію на величину надлишку повітря, є вміст залишкового кисню в димових газах. Недостатня кількість повітря викликає неповне згорання продуктів у топці котла, що призводить до перевитрат палива. Надлишок повітря також призводить до перевитрат палива на нагрів зайвого повітря у складі відхідних димових газів [3].

Основні компоненти димового газу котельної установки та їх оптимальна концентрація представлені у табл. 1 [4].

Таблиця 1- Основні компоненти димового газу котельної установки*

Димовий газ	Оптимальна концентрація	Примітка
CO	1 – 2 %	Оксид вуглецю
CO ₂	12 – 18 %	Діоксид вуглецю
NO ₂	62 – 80 %	Діоксид азоту
O ₂	1 – 5 %	Кисень
HC ₄	0,01 %	Метан
H ₂ O	0 %	Вода у вигляді пари
Атмосферний пил	0 %	Часточки пилу

*Компоненти димових газів (після усунення дестабілізуючих факторів до яких відносимо вологу, пил, тиск, температуру)

Визначення складу продуктів спалювання дає змогу оцінити: ступінь завершеності процесу згорання палива (втрат від хімічної неповноти горіння), умови згорання палива (коефіцієнт надлишку повітря), характер згорання палива в окремих зонах котла (наприклад, наявність компоненту CH_4 означає нерівність перемішування палива з повітрям, проскок неспаленого газу, наявність локальних низькотемпературних зон), динаміку процесу горіння, дотримання гранично допустимих норм концентрацій викинутих в атмосферу шкідливих речовин [4].

Огляд методів контролю складу димових газів [5 - 10]

МЕХАНІЧНІ МЕТОДИ. Слід зазначити, що механічні методи, незважаючи на універсальність, вибірковість і простоту, неприйнятні через низьку чутливість, невисоку точність і значну тривалість аналізу. Область застосування магнітних методів обмежується аналізом газів, які володіють парамагнітними властивостями (O_2 , NO_2 , NO). До того ж вони вирізняються невисокою точністю і малою чутливістю. Теплові методи характерні безперервною аналізом, необмеженістю діапазону вимірювань.

Разом з тим ці методи володіють і значними недоліками, які затрудняють їх застосування у автоматичних системах контролю: велика інерційність, нелінійність градуовальної характеристики, електрична залежність коефіцієнта теплопровідності від оточуючих умов (коливання атмосферного тиску, швидкості газообміну, температури газового середовища, струму джерела живлення, вібрації та ін.). Дані методи також не забезпечують необхідної вибіркової і можуть бути використані лише при різкій відмінності теплопровідності визначуваного компоненту від теплопровідності інших складників суміші. Отже, вищенаведені методи недоцільно використовувати у газовому аналізі при визначенні малих концентрацій.

Пневматичний метод. Газоаналізатори з дросельними перетворювачами вимірюють гідравлічний опір дроселя (капіляра) при пропусканні через нього газу. При постійній витраті газу перепад тиску на дроселі – функція густини (турбулентний дросель), в'язкості (ламінальний дросель) або того і іншого параметра одночасно.

Струменеві газоаналізатори використовують, наприклад, в азотній промисловості для вимірювання змісту H_2 в азоті (діапазон вимірювання 0-50%), в хлорній промисловості для визначення Cl_2 (0-50 і 50-

100%). Час встановлення свідчень цих газоаналізаторів не перевищує декількох секунд, тому їх застосовують також в газосигналізаторах довзривних концентрацій газів і пари деяких речовин (наприклад, діхлоретана, вінілхлоріда) в повітрі промислових приміщень.

Пневмоакустичний метод.

Пневмоакустичні газоаналізатори містять два свистки з близькими частотами (3-5 кГц), через один з яких проходить газ, який аналізується, через другий – порівняльний. Частота биття звукових коливань в змішувачі частот залежить від густини газу, що аналізується. Биття (частота до 120 Гц) посилюється і перетворюється в пневматичні коливання підсилювачем. Для отримання вихідного сигналу (тиск) служить частотно-аналоговий перетворювач.

Пневматичні газоаналізатори не володіють високою вибірковою. Вони придатні для аналізу сумішей, в яких змінюється концентрація тільки одного з компонентів, а співвідношення між концентраціями інших залишається постійним. Діапазон вимірювання – від одиниць до десятків відсотків. Пневматичні газоаналізатори не містять електричних елементів і тому можуть використовуватися в приміщеннях будь-якої категорії пожежо і вибухонебезпеки. Елементи схеми, що контактують з газами, виконані зі скла і фторопласту, що дозволяє аналізувати вельми агресивні гази (хлориди).

ФІЗИЧНІ МЕТОДИ.

Термокондуктометричний метод. Принцип дії заснований на залежності теплопровідності газової суміші від її складу. Для більшості з них справедливе рівняння

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot C_i \quad , \quad (1)$$

де λ – теплопровідність суміші; λ_i – теплопровідність і-того компоненту; C_i – його концентрація; n – число компонентів.

Термокондуктометричні газоаналізатори характеризуються невисокою вибірковою і використовуються, якщо компонент, який контролюється за теплопровідністю істотно відрізняється від інших, наприклад, для визначення концентрацій H_2 , Ar , CO_2 в газових сумішах, що містять N_2 , O_2 та інші. Діапазон вимірювання – від одиниць до десятків відсотків за об'ємом.

Зміна складу газової суміші приводить до зміни її теплопровідності і, як наслідок, електричний опір металевого або

напівпровідникового терморезистора, що нагрівається струмом, розміщеного в камері, через яку пропускається суміш. При цьому

$$\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} = \frac{\alpha}{a} \cdot I^2 \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right), \quad (2)$$

де α – конструктивний параметр камери; R_1 і R_2 – опір терморезистора у разі пропускання через нього струму I при теплопровідності газового середовища.

Міра концентрації компоненту – електричний струм, який вимірюється вторинним приладом. Термокондуктометричні газоаналізатори широко застосовують для контролю процесів у виробництві (H_2SO_4 , NH_3 , HNO_3).

Магнітний метод. Застосовують для визначення O_2 . Принцип дії методу заснований на залежності магнітної сприйнятливості газової суміші від концентрації O_2 , об'ємна магнітна сприйнятливості якого на два порядки більше, ніж у більшості інших газів. Такі газоаналізатори дозволяють вибірково визначати O_2 в складних газових сумішах. Діапазон вимірюваних концентрацій 10 - 100%. Найбільш поширені магнітомеханічні і термомагнітні газоаналізатори.

У магнітомеханічних газоаналізаторах вимірюють сили, що діють в неоднорідному магнітному полі при розміщенні в суміш, яка аналізується, тіла (зазвичай ротор). Сила F , що виштовхує тіло з магнітного поля, визначається виразом

$$F = (\chi - \chi_\tau) \int_0^V H \cdot \frac{dH}{d\chi} dV, \quad (3)$$

де χ – об'ємна магнітна сприйнятливості, яка відповідає суміші, що аналізується і тіла, поміщеного в газ; V – об'єм тіла; H – напруженість магнітного поля.

Звичайно мірою концентрації компоненту служить обертаючий момент, що обраховується за кутом повороту ротора. Покази магнітомеханічного газоаналізатора визначаються магнітними властивостями аналізованої газової суміші і залежать від титри і тиску, оскільки останні впливають на об'ємну сприйнятливості газу.

Дія термомагнітних газоаналізаторів заснована на термомагнітній конвекції газової суміші, що містить O_2 , в неоднорідних магнітному і температурному полях.

ХІМІЧНІ МЕТОДИ. Термохімічний метод. Сутність термохімічного методу газового аналізу зводиться до вибіркового поглинання того чи іншого компоненту рідким, а іноді і твердим реагентом. В основу методу покладені хімічні реакції, при яких з даної газоподібної речовини і даної абсорбуючої речовини утворюється нова речовина, що практично не існує в газовій фазі. Складові частини газової суміші послідовно поглинаються різними поглиначами; кількість їх визначається по різниці об'ємів до і після абсорбції.

Цим методом визначають вміст наступних компонентів: двоокису вуглецю разом із сірководнем, двоокисом сірки й іншими кислими газами; ненасичені вуглеводні, а також вуглеводні гомологічного ряду бензолу; кисню; оксиду вуглецю; водню; насичених вуглеводнів; азоту разом з аргоном та іншими одноатомними газами. Кожний з цих газів може бути з достатньою точністю визначений при вмісті в досліджуваній газової суміші не менше 0,05–0,1 об'ємних %, що складає близько 0,5 г/м³.

Зазначена вище чутливість методу не дозволяє віднести його до високочутливих і використовувати для розв'язання поставленої задачі. Недоліком є також те, що для кожного компоненту складної газової системи застосовується особливий реагент, який специфічно діє на даний газ і який практично не діє на інші складові частини газової суміші. При досить складній суміші газів, які утворюються при горінні природного газу, підбір таких реагентів є дуже складною задачею.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ. Оптико-абсорбційний інфрачервоний метод. Дія заснована на виборчому поглинанні молекулами газів і пари ІЧ-випромінювання в діапазоні 1-15 мкм. Це випромінювання поглинають всі гази, молекули яких складаються не менше ніж з двох різних атомів. Висока специфічність молекулярних спектрів поглинання різних газів обумовлює високу вибірковість таких газоаналізаторів і їх широке застосування в лабораторіях і промисловості. Діапазон вимірюваних концентрацій 0-100%. У дисперсійних газоаналізаторах використовують випромінювання однієї довжини хвилі, одержане за допомогою монохроматоров (призми, дифракційної решітки).

У недисперсійних газоаналізаторах завдяки особливостям оптичної схеми приладу (застосуванню світлофільтрів, спеціальних приймачів) використовують немонохроматичне випромінювання.

Випромінювання від джерела послідовно

проходить через світлофільтр і робочу кювету, в яку подається суміш, що аналізується, і потрапляє в спеціальний приймач. Якщо в суміші присутній компонент, який визначається, то залежно від концентрації він поглинає частину випромінювання, і реєстрований сигнал пропорційно змінюється. Джерелом випромінювання зазвичай служить нагріта спіраль з широким спектром випромінювання, ІЧ-лазер або світлодіод, випускаючі випромінювання у вузькій області спектру. Якщо використовується джерело монохроматичного випромінювання вибірковість визначення досягається за допомогою селективного приймача

Найбільш поширені газоаналізатори з газонаповненим оптико-акустичним приймачем. Останній є герметичною камерою з вікном, заповнену саме тим газом, концентрацію якого потрібно виміряти. Цей газ, поглинаючи з потоку випромінювання певну частину з характерним для даного газу набором спектральних ліній, нагрівається, внаслідок чого тиск в камері збільшується. За допомогою механічного модулятора потік випромінювання діє з певною частотою. В результаті з цією ж частотою пульсує тиск газу в приймачі. Амплітуда пульсації тиску – міра інтенсивності поглиненого газом випромінювання, залежна від того, яка частина характерного випромінювання поглинається тим самим газом в робочій кюветі. Інші компоненти суміші випромінювання на цих довжинах хвиль не поглинають. Амплітуда пульсації тиску в приймачі випромінювання – міра кількості компоненту який визначається в суміші, що проходить через робочу кювету. Зміну тиску вимірюють звичайно конденсаторним мікрофоном або датчиком витрати газу. Замінюючи газ в приймачі випромінювання оптико-акустичного газоаналізатора, можна вибірково вимірювати зміст різних компонентів сумішей.

У інфрачервоних газоаналізаторах використовують також неселективні приймачі випромінювання – болометри, термобатареї, напівпровідникові елементи. Тоді у разі джерел з широким спектром випромінювання вибірковість визначення забезпечують застосуванням інтерференційних і газових фільтрів. Для підвищення точності і стабільності частина, яка вимірюється потоку випромінювання, зазвичай пропускають через порівняльну кювету, заповнену газом, не поглинаючим реєстроване випромінювання, і вимірюють різницю або відношення сигналів, одержаних в результаті проходження випромінювання через робочу і

порівняльну кювети.

Інфрачервоні газоаналізатори широко використовують для контролю якості продукції, аналізу газів, що відходять у складі димових газів котельних установок. З їх допомогою визначають, наприклад, CO_2 , NH_3 , CH_4 в технологічних газах виробництва синтетичного аміаку, пари ряду розчинників в повітрі промислових приміщень, оксиди азоту, SO_2 і вуглеводні у вихлопних газах автомобілів, димових газів котельних установок.

Хемілюмінесцентний метод. У хемілюмінесцентних газоаналізаторах вимірюють інтенсивність люмінесценції, збудженої завдяки хімічній реакції контрольованого компоненту з реагентом в твердій, рідкій або газоподібній фазі. Суміш, яка визначається, і реагент через дроселі поступають в реакційну камеру. Насос забезпечує необхідний тиск в камері. За наявності в суміші компоненту випромінювання, супроводжуюче хемілюмінесцентну реакцію, через світлофільтр подається на катод фотопомножувача, який розташований в безпосередній близькості до реакційної камери. Електричний сигнал з фотопомножувача, пропорційний концентрації контрольованого компоненту, після посилення поступає на вторинний прилад. При вимірюванні слабких світлових потоків, що виникають при малих концентраціях компоненту, фотокатод охолоджують електричними мікрохолодильниками з метою зменшення фонових струмів.

Для вимірювання складу NO_2 в приладі передбачений конвертер, де NO_2 перетворюється в NO , після чого суміш, яка аналізується, прямує в реакційну камеру. При цьому вихідний сигнал пропорційний сумарному змісту NO і NO_2 . Якщо ж суміш поступає, минувши конвертер, то по вихідному сигналу знаходять концентрацію тільки NO . По різниці цих сигналів судять про вміст NO_2 в суміші.

Висока вибірковість хемілюмінесцентних газоаналізаторів обумовлена специфічністю вибраної реакції, проте супутні компоненти в суміші можуть змінювати чутливість приладу. Такі газоаналізатори застосовують для визначення NO , NO_2 , NH_3 , O_3 у повітрі в діапазоні 0-1%.

Принцип хемілюмінесцентного методу заснований на фотометруванні світлового потоку, який випромінюється в результаті хімічної взаємодії вимірювального компонента газової суміші з хемілюмінесцентними реагентами. Цей метод має високу чутливість та відрізняється відносною простотою. Він

використовується для аналізу мікродомішок озону O_3 , оксидів азоту NO і NO_2 та оксиду сірки SO_2 в атмосферному повітрі [9].

Прилади на основі хемілюмінесцентного методу мають високу швидкодію (30–50 с) [13]. Межі виявлення аналізованих компонентів наступні: для SO_2 – $8,5 \cdot 10^{-4}$ мг/м³; для O_3 – $3,1 \cdot 10^{-3}$ мг/м³; для NO і NO_2 – $1,4 \cdot 10^{-2}$ мг/м³.

Тобто цей метод є досить чутливим. Однак головним його недоліком є невисока селективність, оскільки спектри люмінесценції зазвичай являють собою широкі смуги і часто перекриваються. І лише деякі речовини володіють досить характерними спектрами люмінесценції.

Флуоресцентний метод. Флуоресцентні газоаналізатори вимірюють інтенсивність флуоресценції (довжина хвилі), що виникає при дії на контрольований компонент УФ - випромінювання. Суміш, що аналізується поступає в детекторну камеру, яка відокремлена від імпульсного джерела УФ - випромінювання і від фотопомножувача світлофільтрами, що пропускають випромінювання з довжинами хвиль відповідними імпульсам. Фотопомножувач, розташований під кутом 90° до джерела випромінювання, реєструє імпульси флуоресценції, амплітуда яких пропорційна концентрації компоненту в камері. Електричний сигнал з фотопомножувача після посилення і обробки поступає на вторинний прилад. Газоаналізатори для визначення SO_2 характеризуються високою чутливістю і вибірковістю. Вони використовуються в автоматичних станціях контролю навколишнього середовища.

Фотоколориметричний метод. Ці прилади вимірюють інтенсивність забарвлення продуктів виборчої реакції між компонентом, що визначається, і спеціально підібраним реагентом. Реакцію здійснюють, як правило, в розчині (рідинні газоаналізатори) або на твердому носії у вигляді стрічки, пігулки, порошку (відповідно стрічкові, пігулкові, порошкові газоаналізатори).

Випромінювання від джерела проходить через робочу і порівняльну кювети і поступає на відповідні приймачі випромінювання. Індикаторний розчин протікає з постійною швидкістю через обидві кювети і абсорбер. Назустріч потоку розчину через абсорбер проходить газ, що аналізується. Компонент, який визначається, взаємодіє з реагентом в розчині, викликаючи зміну оптичної густини в робочій кюветі, пропорційне концентрації компоненту. В результаті інтенсивність випромінювання через одну з кювет змінюється, а через іншу – ні.

Різниця (або відношення) сигналів робочого і порівняльного каналів – міра концентрації компоненту в аналізованій суміші.

Подача розчину може бути як безперервною, так і періодичною. При періодичній подачі газ пропускають протягом деякого часу через одну і ту саму порцію розчину, що дозволяє підвищити чутливість визначення. Такі газоаналізатори дають можливість виміряти середню концентрацію компонента за заданий проміжок часу, наприклад, при встановленні середньодобових концентрацій токсичних домішок в повітрі.

Амперметричний метод. Дія амперметричних газоаналізаторів заснована на залежності між електричним струмом і кількістю компоненту, який визначається, що прореагував на індикаторному електроді. Якщо контрольований компонент повністю вступає в електрохімічну реакцію, то виконується закон Фарадея

$$I = n \cdot F \cdot Q \cdot C, \quad (4)$$

де I – струм; Q – витрата газу; C – концентрація компоненту; F – число Фарадея; n – число електронів, що беруть участь в реакції.

Електрохімічне перетворення даного компоненту газової суміші з 100% -вим виходом по струму (тобто відсутність побічних електродних реакцій) забезпечується вибором індикаторного електроду і його потенціалу. Необхідне постійне значення різниці потенціалів підтримується завдяки тому, що порівняльний і індикаторний електроди виконують з двох різних спеціально підібраних металів, наприклад з Zn, Au і Pb, Ni і Cd (осередки гальванічного типу). Різницю потенціалів можна стабілізувати і за допомогою електронної системи з використанням третього допоміжного електроду (осередки потенціостатичного типу).

Амперметричні газоаналізатори застосовують для визначення газів, що володіють окислювально - відновлювальними властивостями (SO_2 , NO_2 , H_2S , O_2 , Cl_2 , O_3). Перевага амперметричного газоаналізатора - висока чутливість і вибірковість.

Іонізаційний метод. Їх дія заснована на залежності електричної провідності іонізованих газів від їх складу. Поява в газі домішок приводить до додаткової дії на процес утворення іонів або на їх рухливість і, отже, рекомбінацію. Виникаюча при цьому зміна провідності пропорційна вмісту домішок.

Всі іонізаційні газоаналізатори містять проточну іонізаційну камеру, на електроди якої

накладають певну різницю потенціалів. Ці прилади широко застосовують для контролю мікродомішок в повітрі, а також як детектори в газових хроматографах. Розглянемо найбільш поширені типи іонізаційні газоаналізатори, що використовуються без попереднього хроматографічного розділення проби.

До радіоізотопних газоаналізаторів, в яких іонізацію газів здійснюють радіоактивним випромінюванням, відносяться прилади на основі перетину іонізації, електроннозахватні і аерозольно-іонізаційні. По-перше, використовують різницю в перетинах іонізації компонентів суміші. Іонізацію здійснюють зазвичай випромінюванням ^{90}Sr , ^3H , ^{63}Ni , ^{147}Pm . Ці газоаналізатори не вибіркові, їх застосовують для аналізу сумішей $\text{H}_2\text{-N}_2$, $\text{N}_2\text{-CO}_2$, H_2 - етилен, $\text{H}_2\text{-CH}_4$, $\text{H}_2\text{-CH}_3\text{SiCl}_3$, $\text{H}_2\text{-BCl}_3$; діапазон вимірювання 0,01-100%; час встановлення показань - до 0,1 с.

Полум'яно-іонізаційний метод. У полум'яно-іонізаційних газоаналізаторах органічні сполуки, які аналізуються, іонізують у водневому полум'ї. Ефективність іонізації пропорційна числу атомів С, що поступають в полум'я за одиницю часу, але залежить також від наявності в молекулі речовини атомів інших елементів. Пальник служить одним з електродів іонізаційної камери. Другий електрод ("колекторний") - тонкостінний циліндр або кільце. Ці газоаналізатори використовують для визначення органічних речовин в повітрі і технологічних газах (O_2 , N_2 , CO , CO_2 , H_2O , CH_4). При сумісній присутності ряду органічних компонентів знаходять або їх суму, або концентрацію компонентів із значно більшою ефективністю іонізації. За допомогою полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів контролюють зміну сумарного вмісту вуглеводнів в атмосфері і токсичні домішки в повітрі промислових приміщень, чистоту вихлопних газів автомобілів, витоку газів з трубопроводів і підземних комунікацій. Діапазон вимірюваних концентрацій 0,5-1%. Існує безпосередній взаємозв'язок між ефективністю іонізації органічних газів і пари та ступенем вибухонебезпеки їх сумішей з повітрям. Це дозволяє контролювати вибухові концентрації органічних речовин в промислових приміщеннях, шахтах, тунелях.

Систематизація методів контролю складу димових газів. На основі зробленого вище огляду методів контролю складу димових газів наведемо їх систематизацію (рис. 2).

Для оцінення якості та порівняння різних методів та засобів вимірювання (ЗВ) істотне

значення має вибір критерію оцінення їх ефективності. Вибір конкретних критеріїв ефективності залежить від призначення засобу вимірювання та вимог, які до нього висуваються. Відпрацьовані загальні рекомендації, які доцільно враховувати при виборі критеріїв ефективності [11, 12].

Критерій повинен:

- відображати головне призначення засобу контролю;
- бути критичним по відношенню до параметрів, які дозволяють його змінювати;
- володіти конструктивністю, яка дозволяє відносно просто визначити його чисельне значення;
- бути достатньо універсальним, дозволяти порівнювати ефективність систем одного призначення і обрати кращий варіант.

В теорії інформаційно-вимірювальних систем використовуються різні характеристики точності, швидкодії, надійності та вартості, кожна з яких можуть використовуватися як окремі показники якості засобу контролю. Окремі показники характеризують засіб контролю під тим чи іншим кутом зору і не дають достатньо повного уявлення про його ефективність в цілому. Це вказує необхідність використання узагальнених критеріїв ефективності. Найбільш простим і зручним для аналізу і вибору базового методу контролю для розробки засобу вимірювання є узагальнений якісний критерій ефективності (УЯКЕ).

УЯКЕ вказує на досягнення мети (ефекту), яка поставлена перед засобом контролю. Цей критерій можна розуміти як приймаючий тільки два значення: "1" – якщо мета досягнута, "0" – в протилежному випадку. Тоді якісний критерій ефективності буде являти собою суму часткових якісних критеріїв ефективності, що характеризують часткові цілі, поставлені перед засобом контролю

$$k = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{n}, \quad (5)$$

де a_i – вагові коефіцієнти; n – загальна кількість якісних критеріїв ефективності.

Загальна ефективність буде визначатися із відношення ефективності засобу вимірювання на базі реального методу контролю складу димових газів і засобу вимірювання на базі потенційного методу контролю

$$E_i = \frac{k_i}{k_{opt}}, \quad (6)$$

де k_i – узагальнений якісний критерій i -ого методу; k_{opt} – потенційний (еталонний) метод контролю.

Для досягнення будь-якої окремої мети засіб контролю повинен реалізовувати всі свої потенційні можливості в рамках методу контролю, що ним використовується. Це дозволяє проводити порівняльний аналіз засобів вимірювання на рівні методів контролю, що ним використовується. При цьому не виникає необхідності встановлювати зв'язок між УЯКЕ і

параметрами засобу вимірювання, конкретні значення або інтервал вимірювання яких визначав би чисельне значення УЯКЕ. Порівняльний аналіз розглянутих вище методів контролю і засобів вимірювання складу димових газів на базі (5) - (7) показує, що найбільш перспективним є метод на основі оптико-абсорбційного інфрачервоного методу вимірювання (табл. 2).

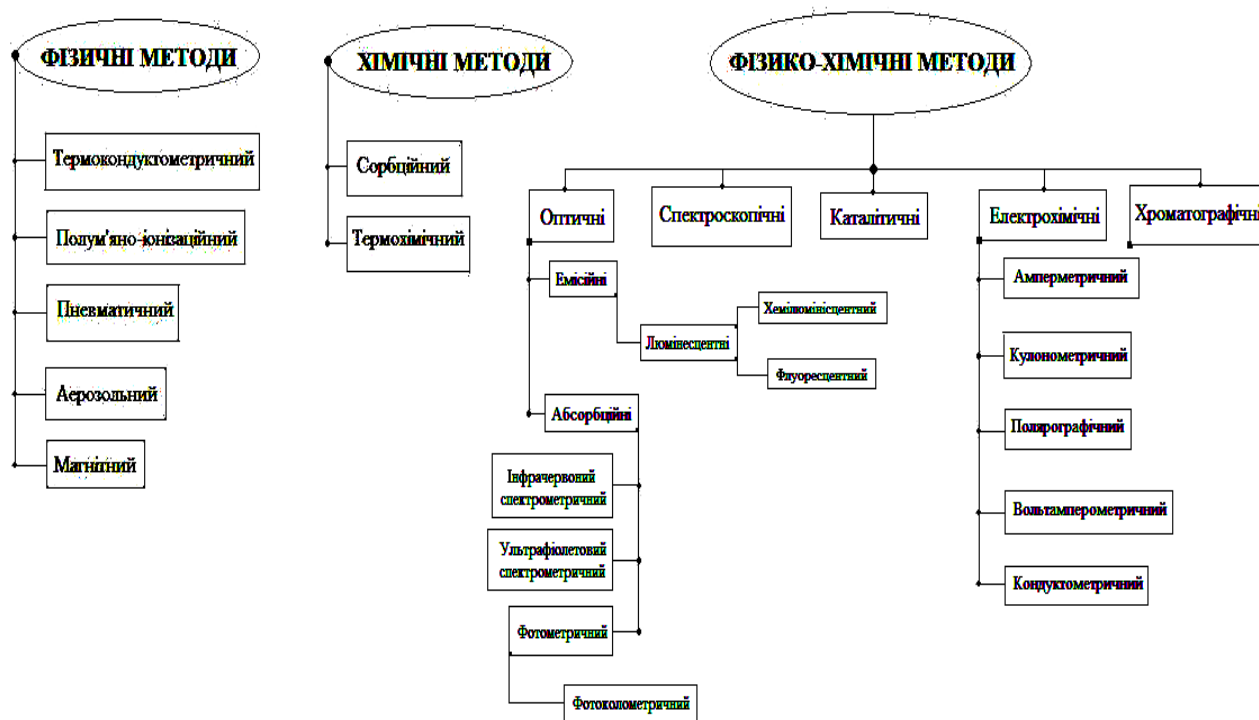


Рисунок 2 - Систематизація методів контролю складу димових газів котельних установок

Таблиця 2 - Порівняння методів для контролю складу димового газу

Метод/ Параметр	Діапазон вимірю- вань	Швидкодія	Надійність	Багато- компонентність	Вибірковість	УЯКЕ
Термокондуктометричний	0	0	1	1	0	0,4
Термохімічний	0	0	1	1	0	0,4
Магнітний	0	0	1	1	0	0,4
Пневматичний	0	0	1	1	0	0,4
Пнеумоакустичний	0	0	0	0	0	0
Інфрачервоний	1	1	1	1	1	1
Хемілюмінесцентний	1	1	0	1	1	0,8
Флуоресцентний	1	1	0	1	1	0,8
Фотоколориметричний	1	1	0	1	0	0,6
Стрічковий	0	0	1	1	0	0,4
Амперметричний	0	0	1	1	0	0,6
Іонізаційний	0	1	0	1	0	0,4
Напівпровідниковий	0	0	1	1	0	0,4
Еталонний	1	1	1	1	1	1

Представимо таблицю 2 у вигляді схематичного графа. Згідно [13] таблицю 2 можна представити матрицею примикань $AdjMat$ графа $G = (V, P)$ з числом вершин $|V| = N$ та записати у вигляді двовимірного масиву розміром $[N * N]$. Тоді, V – метод, вершини, P – параметр множини зв'язків. У кожному осередку $[i, j]$ цього масиву записано значення 0 за винятком лише тих випадків, коли з вершини Vi у вершину Vj веде ребро, і тоді в комірці записано значення 1. Тобто

$$AdjMat[i, j] = \begin{cases} 1, & \text{if } ViVj \in P \\ 0, & \text{if } ViVj \notin P \end{cases} \quad (7)$$

Представимо таблицю 2 у вигляді списку примикань графа в просторі відносин [14, 15].

Список примикань $AdjList$ графа $G = (V, P)$ з числом вершин $|V| = N$ записується у вигляді одновимірного масиву довжини N , кожен елемент якого являє собою посилання на список. Такий список приписаний кожній вершині (методу) графа, і він містить по одному елементу на кожен вершину графа, сусідню з даною (рис. 3).

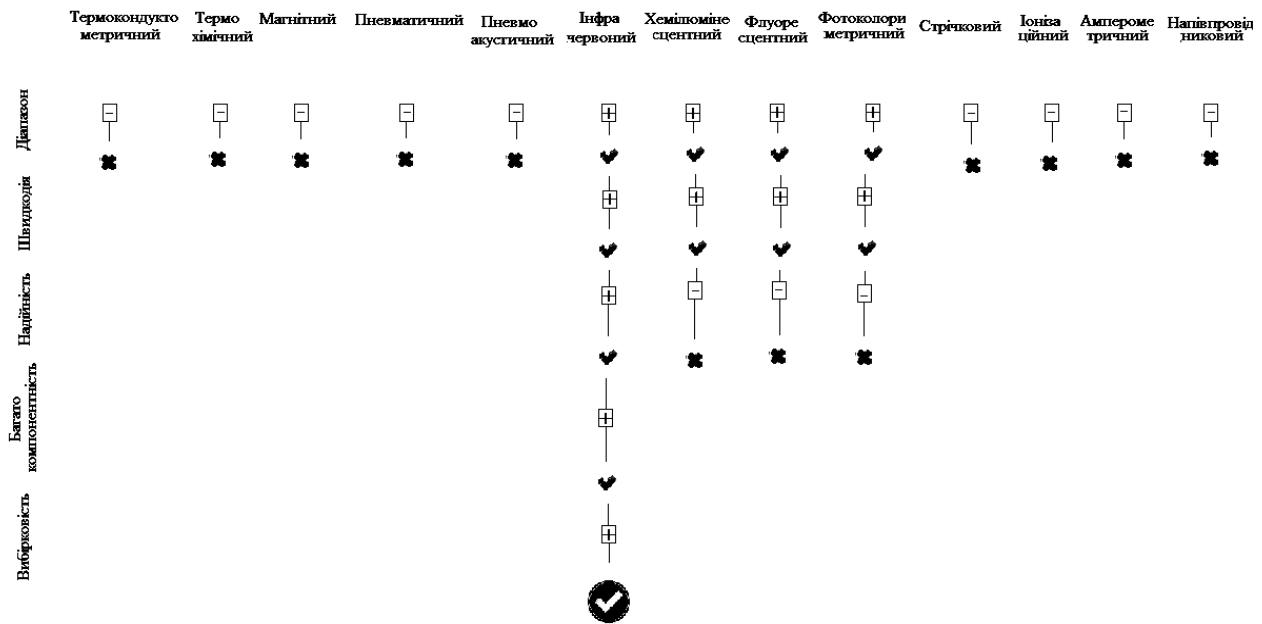


Рисунок 3 - Порівняння методів для контролю складу димового газу

З рисунку 3 чітко видно, що лише оптико-абсорбційний інфрачервоний метод задовольняє жорстким вимогам, висунутим при постановці мети роботи.

Висновок

У статті зроблено аналіз методів визначення концентрації газових сумішей. Здійснено огляд найбільш поширених методів газового аналізу, розглянуто їх переваги і недоліки, можливості застосування для розв'язання поставлених задач. Розповсюдженим недоліком більшості існуючих методів, за винятком оптичних, є їх невисока селективність, тобто часто визначенню концентрації газу заважає присутність інших компонентів. А низький поріг чутливості, тобто можливість визначати малі концентрації газів, характерні лише для електрохімічних та оптичних методів газового аналізу. Здійснений

огляд показав, що найдоцільнішим є використання оптичних методів, серед яких для розв'язання поставлених задач найкращим є метод абсорбційної спектроскопії.

Тому важливою метою подальшої роботи є вдосконалення оптимального методу контролю складу газів та його уніфікація орієнтовно особливостей об'єкта контролю.

Список використаних джерел

1. Антропов Д. Н. Энергосберегающие режимы работы теплоэнергетических установок с применением микропроцессорных комплексов. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Казань: 2007. – 143 с.

2. Парахин Н. Ф. Оптимизация теплового режима котла ДЕ-25-14 ГМ при отоплении коксовым газом / Н.Ф. Парахин, А.К. Алексеева // Энергосбережение. – 2007. – № 16. – С. 26-28.
3. Кучерук В. Ю. Оптико-абсорбційний інфрачервоний метод контролю складу димових газів котельних установок // В. Ю. Кучерук, І. А. Дудатьєв / V International conference on optoelectronic information technologies “Photonics-ODS 2010”. – Vinnytsia, 2010. – Р. 189.
4. Козубовський В. Р. Оптичні прилади газового аналізу для контролю забруднення атмосферного повітря (огляд) / В. Р. Козубовський // Метрологія та прилади. – 2010. – № 2. – С. 62-70.
5. Франко Р. Т. Газоаналитические приборы и системы / Р. Т. Франко, Б. Г. Кадук, А. А. Кравченко. – М.: Машиностроение, 1983. – 358 с.
6. Соколов В. А. Методы анализа газов / В. А. Соколов – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 340с.
7. Методические указания к лабораторным работам по разделу “Оптико-электронные газоанализаторы” курса “Экологический мониторинг” / М. А. Кустикова, М. Н. Мешалкина, В. Л. Мусяков, А. Н. Тимофеев. – С.-Пб.: 2003. – С. 73-89.
8. Ваня Я. Анализаторы газов и жидкостей / Я. Ваня. – М.: Энергия, 1970. – 552 с.
9. Еремина Б. Г. Газовый анализ / Б. Г. Еремина. – Л.: Гос. науч.-техн. из-во хим. литературы, 1955. – 380 с.
10. Примаков А. В. Методы и средства контроля загрязнения атмосферы / А. В. Примаков, А. Н. Щербань. – К.: Наук. думка, 1980. – 296 с.
11. Кучерук В. Ю. Аналіз існуючих засобів вимірювання механічних характеристик електричних машин / В. Ю. Кучерук // Вимірювальна техніка та метрологія. - Львів, 1999. - № 54. - С. 125-138.
12. Моисеев В.С. Системное проектирование преобразователей информации – Ленинград, Машиностроение. Ленинградское отделение, 1982. – 254 с.
13. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Алгоритмы: построение и анализ / Под ред. И. В. Красикова. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 1296 с. — ISBN 5-8459-0857-4
14. Баркалов С. А., Бурков В. Н., Гилязов Н. М. Методы агрегирования в управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 1999. – 55 с.
15. Новиков Д. А. Сетевые структуры и организационные системы. М.: ИПУ РАН, 2003. – 102 с.

Надійшла до редакції 08.05.2013

Рецензент: д.т.н. Бісікало О. В., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

В. Ю. Кучерук, д.т.н., І. А. Дудатьєв

ОБЗОР МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОСТАВА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В статье сделан анализ методов определения концентрации газовых смесей. Методы были сравнены между собой по определенным критериям. Определен оптимальный метод для контроля состава дымовых газов, который был коррелирован к поставленной задаче.

Ключевые слова: контроль, состав дымовых газов котельных установок, метод, классификация, обобщенный критерий качества, матричный граф.

V. Yu. Kutcheruk, DSc, I. A. Dudatiev

REVIEW METHODS OF CONTROL OF BOILER FLUE GASES

The article presents an analysis of methods for determining the concentration of gas mixtures. The methods were compared with each other according to certain criteria. The optimum method for monitoring of flue gas, which was correlated to the task

Keywords: control the composition of flue gas boilers, method, classification, general quality criterion, the matrix graph.

Б. О. Дем'янчук, д.т.н., Ж. О. Хижняк

Військова академія, м. Одеса

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВУ В КУСОЧНО-ОДНОРІДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Запропоновано методику експериментально-розрахункової оцінки очікуваної величини коефіцієнта перетворення електромагнітної енергії мікрохвильового діапазону від синтезованого кусочно-однорідного середовища композитного феритового матеріалу на металевій підложці з урахуванням коефіцієнтів відбиття та проходження шарів середовища, які попередньо експериментально виміряні. Методика дозволяє проектувати покриття з потрібними властивостями та визначати потрібну кількість шарів для досягнення необхідного результату.

Ключові слова: коефіцієнт перетворення електромагнітної енергії, багатошарове кусочно-однорідне середовище, коефіцієнт відбиття, коефіцієнт проходження шарів середовища.

Фізико-математичні та технологічні труднощі виготовлення матеріалів для екранування апаратури [1], для радіозахисту об'єктів [2], матеріалів для узгодження навантажень у хвильоводах [3], чи то покриття для поглинання баластної енергії у мікрохвильових печах [4-7] добре відомі.

В статті [8] теоретично обґрунтовані умови узгодження хвильових опорів на межі розділу повітря-покриття (одношарове). Реалізація цих умов є більш складна, ніж умов узгодження хвильових опорів повітря і багатошарового покриття. Однак, на теперішній час відсутні рекомендації, які спрямовані на рішення задач оцінки інтегральних параметрів багатошарового кусочно-однорідного середовища за значеннями параметрів шарів цього середовища. Через труднощі в розрахунках відсутні методи визначення потрібної кількості шарів середовища за заданим значенням його коефіцієнта перетворення, у випадку якщо параметри шарів відомі. Тому, вирішення наукового завдання експериментально-розрахункової оцінки рівня перетворення електромагнітної енергії в такому середовищі є актуальним. Без цих попередніх розрахунків практична реалізація феромагнітних багатошарових середовищ-перетворювачів енергії поля в теплову з градієнтом коефіцієнта проходження коливальних мікрохвильового діапазону також супроводжується технологічними труднощами, які характеризуються трудомісткістю та незадовільною передбачуваністю властивостей виготовлених зразків матеріалів [5]. Це особливо проявляється у випадку виготовлення кусочно-однорідних покриттів, які нанесені на металеву підложку та призначені для перетворення електромагнітної енергії в теплову в мікрохвильових пристроях нового типу [4]. Величина коефіцієнта перетворення в цьому

випадку залежить, як відомо, від багатьох факторів: коефіцієнтів відбиття та коефіцієнтів проходження кожного шару, кількості шарів, градієнта електромагнітних втрат покриття від шару до шару та від електропровідності металевої підложки з окисним шаром випадкової величини, а, отже, і його провідності.

Запропонована стаття спрямована на заповнення вказаної прогалини в рішенні цієї задачі шляхом визначення песимістичної оцінки коефіцієнту перетворення електромагнітної енергії.

Метою статті є дослідження кількісної залежності загального коефіцієнта перетворення покриття від кількості шарів і відбиваючих властивостей металевої підложки та багатошарового середовища. Для досягнення цієї мети була одержана формула для цього коефіцієнта у випадку свавільної кількості шарів кусочно-однорідного середовища з електромагнітними втратами.

Запропонована методика передбачає: виготовлення зразків кожного з шарів; експериментальне визначення коефіцієнтів проходження і коефіцієнтів відбиття кожного з цих шарів за допомогою відповідних панорамних вимірювачів, наприклад, типу Р2-56, Р2-61, Р2-67; розрахунок значення коефіцієнта перетворення електромагнітної енергії в теплову за формулами, які приведені нижче; порівняння отриманого результату з заданим; корекцію кількості шарів з нарощуванням втрат від шару до шару, їх товщини або градієнта електромагнітних втрат в шарах, якщо кінцевий результат не збігається з заданим.

Задача розрахунку значень коефіцієнта відбиття та проходження при наявності експериментальних даних щодо параметрів кожного з шарів вирішується з урахуванням обмежень, наведених нижче, які відображують специфіку покриття того типу, що розглядається.

У зв'язку з малими розбіжностями у величинах коефіцієнтів відбиття сусідніх шарів, а також у зв'язку із малими значеннями коефіцієнтів відбиття верхніх шарів та малих значень коефіцієнтів проходження нижніх шарів, доцільно вважати:

- в n -шаровому кусочно-однорідному середовищі має місце лише двонаправлене розповсюдження електромагнітного поля, а саме: прямі сигнали розповсюджуються лише донизу (повторювальних перетворень сигналів в шарах не виникає), а відбиті сигнали розповсюджуються лише догори (не перевідбиваються донизу);

- з сигналом, відбитим від металевої підложки M (рис. 1), складаються сигнали, відбиті від усіх шарів середовища, показник перетворення якого вимірюється;

- з метою спрощення експериментально-розрахункових співвідношень та у зв'язку з достатністю визначення найменшого значення коефіцієнта перетворення середовища, фазові розбіжності сигналів, які складаються, як прямих, так і перевідбитих від кожного шару, не враховуються.

З урахуванням вказаних припущень, згідно рисунку 1, визначимо максимальні (ті, які складаються за потужністю) значення сигналів: сигналу A , який падає на металеву підложку; сигналу B , який є відбитим від металевої підложки та пройшов після цього усі n шарів; складового сигналу C , відбитого від усіх n шарів (без урахування відбиттів від підложки).

Запропонуємо позначення:

P_0 – потужність сигналу, який падає на зовнішній шар;

K_{O_i} – коефіцієнт відбиття сигналу (за потужністю) від i -го шару, $K_{O(i+1)} < K_{O_i}$; $\forall i = 1, (n-1)$;

K_{Pi} – коефіцієнт проходження i -го шару, $K_{Pi(i+1)} > K_{Pi}$, $\forall i = 1, (n-1)$;

K_{OM} – коефіцієнт відбиття сигналу від металевої підложки.

Отже, потужність сигналу A , який падає на металеву підложку, дорівнює добутку потужності сигналу, який падає на зовнішній шар покриття, на добуток коефіцієнтів падіння на кожний з шарів та коефіцієнтів проходження усіх n шарів у вигляді

$$A = P_0 \prod_{i=1}^n (1 - K_{O_i}) K_{Pi}. \quad (1)$$

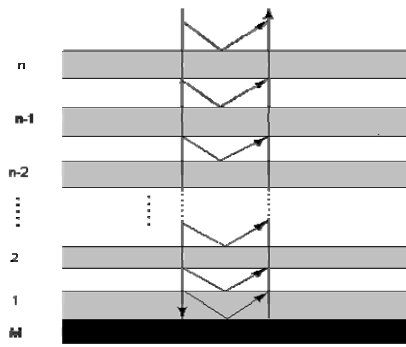


Рисунок 1 – Модель розповсюдження сигналів у кусочно-однорідному середовищі з градієнтом втрат на металевій підложці у прямому та оберненому напрямках

При розрахунку сигналу B , що є відбитим від металевої підложки, який пройшов після цього усі n шарів, не враховується сигнал, відбитий від нижнього кордону першого шару, співпадаючого з верхнім кордоном металевої підложки, але урахується коефіцієнт відбиття $K_{O(n+1)}$ від верхнього кордону n -го шару, фактично, від шару повітря на межі покриття. Згідно (1), сигнал B дорівнює

$$B = P_0 \cdot \prod_{i=2}^{n-1} (1 - K_{O_i})^2 K_{Pi}^2 K_{OM} (1 - K_{O_1}) \times K_{Pi}^2 (1 - K_{O(n-1)}) \quad (2)$$

При визначенні сумарного сигналу C , відбитого від усіх n шарів, необхідно урахувати те, що сигнал, відбитий від верхнього шару, який є найбільшою складовою величини C , складається за сумою добутків сигналів, які падають на кожний подальший шар з урахуванням коефіцієнтів проходження і відбиття шарів без урахування коефіцієнта проходження шару, який лежить на межі металевої підложки. Сигнал C має вигляд:

$$C = P_0 (1 - K_{O(n+1)}) \cdot \sum_{j=1}^{n-1} K_{O_j} K_{Pi(j-1)}^2 (1 - K_{O(j+1)}) \times \prod_{i=j+2}^n (1 - K_{O_i})^2 K_{Pi}^2 \quad (3)$$

Згідно з (2), (3) коефіцієнт перетворення електромагнітної енергії γ у кусочно-однорідному середовищі з градієнтом втрат (на металевій підложці), визначимо у вигляді відносної різниці, яка дорівнює:

$$\gamma = \frac{P_0 - (B + C)}{P_0}. \quad (4)$$

В результаті, згідно до (2) – (4) отримуємо песимістичну оцінку коефіцієнта перетворення електромагнітної енергії в теплову у кусочно-

однорідному середовищі (на металевій підложці) в залежності від параметрів шарів у вигляді:

$$\gamma = 1 - K_{\text{III}}^2 K_{\text{OM}} (1 - K_{\text{OI}}) \prod_{i=2}^{n-1} (1 - K_{\text{OI}})^2 K_{\text{II}}^2 + \\ + P_0 (1 - K_{\text{O(n+1)}}) \cdot \sum_{j=1}^{n-1} K_{\text{Oj}} K_{\text{II(j+1)}}^2 (1 - K_{\text{O(j+1)}}) \times \\ \times \prod_{i=j+2}^n (1 - K_{\text{OI}})^2 K_{\text{II}}^2 + K_{\text{On}}. \quad (5)$$

Звичайно, застосування цієї залежності з метою прогнозування очікуваного коефіцієнта перетворення γ є доцільним лише за наявності експериментально виміряних (попередньо) параметрів зразків кожного шару K_{OI} та K_{II} ; $i = \overline{1, n}$, а саме: значень коефіцієнтів відбиття та проходження шарів на заданій частоті або в заданому діапазоні частот.

Залежність (5) може бути корисною і при вирішенні зворотної задачі: визначенні необхідної кількості шарів n , які б гарантували досягнення заданого, наприклад, мінімально припустимого коефіцієнту перетворення електромагнітної енергії в заданому діапазоні частот.

У випадку, коли виміряні експериментально коефіцієнти у складі (5) є функціями частоти, для розрахунку вказаного коефіцієнта перетворення

γ , необхідно обрати значення параметрів шарів за критерієм:

$$K_{\text{OI}} = \max K_{\text{OI}}(f), \\ K_{\text{II}} = \max K_{\text{II}}(f), \forall i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Для прикладу розрахуємо значення коефіцієнта перетворення у n -шаровому (при $n = 1, 10$) покритті з реальними параметрами, які отримані для зразків, що досліджуються, на основі зв'язуючого матеріалу у вигляді термоеластопласту типу ДСТ-30, який був наповнений дисперсною феритовою складною окисною сполукою зворотнього типу NiCo_2O_4 з напівпровідниковим рівнем питомої електропровідності. Параметри шарів K_{OI} та K_{II} ($i = 1 \dots 10$), попередньо експериментально виміряні, наведено в табл. 1.

Практичні розрахунки здійснимо, вважаючи, що $K_{\text{O(n+1)}} \approx K_{\text{On}}$, а в якості металевої підложки використовується або алюміній, або нержавіюча сталь, коли коефіцієнт відбиття електромагнітних коливань від нержавіючої сталі приблизно у 1,5 рази менший, ніж від алюмінієвої підложки.

Таблиця 1 – Параметри шарів

K_{OI}	K_{O2}	K_{O3}	K_{O4}	K_{O5}	K_{O6}	K_{O7}	K_{O8}	K_{O9}	K_{O10}
0,55	0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,05	0,02	0,01
$1 - K_{\text{OI}}$	$1 - K_{\text{O2}}$	$1 - K_{\text{O3}}$	$1 - K_{\text{O4}}$	$1 - K_{\text{O5}}$	$1 - K_{\text{O6}}$	$1 - K_{\text{O7}}$	$1 - K_{\text{O8}}$	$1 - K_{\text{O9}}$	$1 - K_{\text{O10}}$
0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	0,99
K_{II}	K_{II2}	K_{II3}	K_{II4}	K_{II5}	K_{II6}	K_{II7}	K_{II8}	K_{II9}	K_{II10}
0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,70	0,75
K_{II}^2	K_{II2}^2	K_{II3}^2	K_{II4}^2	K_{II5}^2	K_{II6}^2	K_{II7}^2	K_{II8}^2	K_{II9}^2	K_{II10}^2
0,04	0,06	0,09	0,12	0,16	0,20	0,25	0,42	0,49	0,56

Згідно даних таблиці 1, а також (5), (6), в результаті отримуємо різні рівні коефіцієнтів перетворення як функції кількості n шарів покриття;

для алюмінієвої підложки: $\gamma(1) = 0,163$; $\gamma(2) = 0,235$; $\gamma(3) = 0,370$; $\gamma(4) = 0,505$; $\gamma(5) = 0,639$; $\gamma(6) = 0,706$; $\gamma(7) = 0,772$; $\gamma(8) = 0,817$; $\gamma(9) = 0,858$; $\gamma(10) = 0,885$.

для сталеві підложки: $\gamma(1) = 0,448$; $\gamma(2) = 0,493$; $\gamma(3) = 0,581$; $\gamma(4) = 0,670$; $\gamma(5) = 0,759$; $\gamma(6) = 0,804$; $\gamma(7) = 0,848$; $\gamma(8) = 0,878$; $\gamma(9) = 0,905$; $\gamma(10) = 0,923$.

Отримані залежності $\gamma(n)$ мають ілюстративне призначення, але вони чітко вказують на однозначну залежність загального рівня відбиття покриття від кількості його шарів

та вказують на залежність від типу металевої підложки. Але ця залежність послаблюється зі збільшенням кількості шарів.

Висновки

1. Значення коефіцієнта перетворення електромагнітної енергії суттєво залежить від кількості шарів композитного середовища. При цьому, з метою одержання загального коефіцієнта перетворення на рівні декількох відсотків, у реальних умовах потрібно десять і більше шарів.

2. Залежність коефіцієнта перетворення від параметрів першого шару, тобто від його відбиття, є найбільш суттєвою. Тому слід враховувати, що зв'язуюча основа композита повинна бути радіопрозорою з метою збільшення

результуючого коефіцієнта проходження хвилі у середовище. Досвід показує, що, наприклад, термоеластопластова зв'язуюча основа значно більш радіопрозора, ніж епоксидна чи керамічна.

3. Розглянута методика (на відміну від методики на основі метода спроб і помилок) забезпечує можливість оперативно прогнозувати очікуваний песимістичний результуючий коефіцієнт перетворення електромагнітної енергії в теплову в багатошаровому композиті по параметрам його шарів, а також визначати максимальну кількість шарів, яка необхідна для одержання припустимого результуючого перетворення, коли параметри шарів відомі.

4. Практично реалізувати експериментально-розрахункову методику за умови застосування багатошарового покриття більш доцільно при використанні комп'ютерної програми.

Список використаних джерел

1. Суржко А. И. Защити свой сервер / А. И. Суржко // Служба безопасности. – 1999. – № 11 – 12. – С. 17.
2. ОСТ 4ГО.054.102 «Поглотители высокочастотной энергии».
3. Саусворт Дж. К. Принципы и применения волноводной передачи. / Дж. К. Саусворт // Пер. с англ. Под ред. Сушкевича В.И. М.: Сов. радио, 1955. – 700 с.
4. Демьянчук Б.А. Принципы и применения микроволнового нагрева. / Б.А. Демьянчук – Одесса: Черноморье. 2004. – 520 с.
5. Демьянчук Б. А. Микроволновый нагрев. Новая технология. Теория и практика / Б. А. Дем'янчук. – Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing. – 2011. – 160 с.
6. Мицмахер М. Ю., Торгованов В. А. Безэховые камеры СВЧ. / М.Ю. Мицмахер, В.А. Торгованов – М.: Радио и связь, 1982. – 128 с.
7. Машуня Е. П. Электропроводность термопластических композиций, содержащих дисперсный токопроводящий наполнитель / Е. П. Машуня и др. // Композиционные полимерные материалы. – 1989. – № 43. – С. 24-38.
8. Демьянчук Б. А. Основы технологии согласования волновых сопротивлений на границе раздела воздуха и ферромагнитной среды / Б. А. Демьянчук // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2004. – № 5. – С. 19 – 22.

Надійшла до редакції 17.01.2013

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

Б. А. Демьянчук, д.т.н., Ж. А. Хижняк

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВУЮ В КУСОЧНО-ОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

Предложена методика экспериментально-расчетной оценки ожидаемой величины коэффициента преобразования электромагнитной энергии микроволнового диапазона от синтезированной кусочно-однородной среды композитного ферритового материала на металлической подложке с учетом коэффициентов отражения и прохождения слоев среды, которые предварительно экспериментально измеряют. Методика позволяет проектировать покрытие с нужными свойствами и определять нужное количество слоев для достижения необходимого результата.

Ключевые слова: коэффициент превращения электромагнитной энергии, многослойная кусочно-однородная среда, коэффициент отражения, коэффициент прохождения слоев среды.

B. A. Demyanchuk, DSc, Z. O. Khyzhniak

ESTIMATION PROCEDURE OF ELECTROMAGNETIC ENERGY TRANSFORMATION FACTOR IN THE MULTILAYERED COVERING

The suggested method provides experimental – calculating definition of pessimistic estimation of the expected size of electromagnetic energy reflection factor of microwave range from the synthesized piecewise-homogeneous environment - covering of composite material on the metal substrate on factors values of reflection and factors of covering layers passage preliminary measured experimentally. This method allows to design coverage with necessary properties and determine the necessary amount of layers for achievement of necessary result.

Keywords: coefficient of transformation of electromagnetic energy, multi-layered piece-homogeneous environment, reflectivity, coefficient of passing of layers of environment.

METHOD OF THE PRECISION DILATOMETRIC STUDIES OF METALLIC GLASSES

Results are given of detailed studies of the temperature dependence of relative lengthening in a number of Fe-, Ni-, and Co-based metallic glasses (MG), applying an improved dilatometric method.

Keywords: temperature dependence of relative lengthening, metallic glasses, dilatometric method.

1. Introduction

Today great attention is paid to the study of isothermal annealing in the range of temperatures which are some hundreds degrees lower than the temperature of crystallization (T_c) and to the alteration of physical properties of the as-quenched metallic glasses (MG) [1 to 3]. One of the reasons which arouse the interest in the processes of low-temperature structural relaxation is determined by the necessity of searching ways of increasing the stability of amorphous metallic alloys. Another, not less important reason for the increased interest in such research is the necessity to establish the physical essence of structural relaxation and in working out a model mechanism, which would allow to describe correctly the experimentally observed processes caused by isothermal annealing of as-quenched MG.

It was established as a result of a great number of experiments that low-temperature structural relaxation stabilizes the physical properties of MG relative to the state of the as-quenched samples (the alloys turned into a more stable amorphous state). Alteration of most of the physical properties of MG in the process of structural relaxation amounts to about 10% of the whole variation of the properties during the crystallization of the alloy. Thus, if the general reduction of the volume during the crystallization of MG amounts to $\Delta V/V \approx 2\%$, then $\Delta V/V$ as a result of the structural relaxation of the as-quenched samples is $\approx 0.2\%$. According to the data we found in the literature, the volume of MG in the process of structural relaxation always decreases irreversibly (the density of the alloy always increases).

Irreversible contraction of the volume of the as-quenched MG during low-temperature isothermal annealing is in most cases linked to the excess free volume going out of the sample, that is introduced into the ribbon in the process of freezing from the liquid state [6]. Irreversible stabilization of the structure is thus the consequence of the annihilation of defects present in the as-quenched MG [1, 4].

Recently new experimental peculiarities of the physical properties at low-temperature structural relaxation of MG have been revealed. In particular, the results of investigations of reversible modifications in the thermal heat capacity of the amorphous alloy $Pd_{48}Ni_{32}P_{20}$ after preliminary isothermal annealing at $T_a = 380$ K are given in [1].

Obviously, the new aspects of structural relaxation do not fit fully into the frame of the model of free volume and require a detailed experimental study.

In the present work the metallic glasses $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$, $Co_{55}Ni_{14}Fe_5Si_{16}B_{10}$, $Co_{77}Cr_7Fe_4Si_8B_4$ obtained as ribbons by the method of centrifugal spinning have been studied.

2. Experimental Methods

Application of the traditional dilatometric methods to study the temperature dependence of lengthening requires to apply tensile loads to the sample (thin ribbon) and, since amorphous metallic alloys display at high temperatures noticeable fluidity even in case of a few grams loading per mm^2 [5], the inaccuracy of the definition $(\Delta l/l)(T)$ due to creeping can be considerable [6].

To carry out precision dilatometric investigations on MG, a special highly sensitive differential method was used, the working principle of which was described in [7, 8].

The main distinguishing feature of the suggested method is that the sample (a small piece of ribbon 50 mm long and 43 mm wide) is fixed at its extremities to a standard sample made of a material with a known temperature coefficient of expansion, the central part of the ribbon having a small flexure (0.1 to 0.3 mm) relative to the flat surface of the standard sample. $(\Delta l/l)(T)$ of the ribbon can be calculated by the temperature dependence of the value of the ribbon sag relative to the standard sample. $(\Delta l/l)$ is calculated from the following formulae:

$$\frac{\Delta l}{l}(T) = \left(\frac{\Delta l}{l}(T) \right)' + \left(\frac{\Delta l}{l}(T) \right)_s, \quad (1)$$

where $\left(\frac{\Delta l}{l}(T) \right)_s$ is the lengthening of the standard sample, $\left(\frac{\Delta l}{l}(T) \right)'$ the lengthening of the ribbon relative to the standard sample,

$$\left(\frac{\Delta l}{l}(T) \right)' = \frac{8(\lambda^2(T) - \lambda_0^2)}{3l_0^2}, \quad (2)$$

l_0 the distance between the points where the ribbon is fixed to the standard sample at the initial

temperature, λ_0 the initial value of the ribbon sag relative to the standard sample, $\lambda(T)$ the value of the ribbon sag at the temperature T .

It follows from (2) that the dependence of the value $(\Delta l/l)(T)$ sought for upon the measured value $\lambda(T)$ is quadratic; this determines the high sensitivity of this method. If measuring the sag with a comparator has a tolerance of 0.001 mm and one chooses λ_0 to be 0.1 mm, the error in measuring $\Delta l/l$ should be $\approx 10^{-7}$.

In fact, in a metrological check the error on $(\Delta l/l)(T)$ with real values of λ_0 and $\lambda(T)$ resulted to be about $3 \cdot 10^{-7}$ i.e. lying within the sensitivity limits of the method. A detailed deduction of (1), (2), and an error analysis are given in [3].

We stress that the described dilatometric method is differential, therefore, it allows to measure the temperature coefficient of expansion with high precision. In addition, the obvious advantage of the above-described method is that during the measurement the MG sample (ribbon) is in a free, practically unloaded state. This increases considerably the reliability of our dilatometric analysis of MG, especially at higher temperatures, where creep is noticeable in the samples.

3. Results and Discussion

We begin the account of the results of the investigation with the most thorough by studied MG $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$. The temperature dependence of the relative lengthening of this amorphous alloy, obtained by applying the above-described method of $(\Delta l/l)$ measurement, was published in [9]. It was shown that the volume modification of the MG $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ during crystallization depends on the heating rate of the ribbon below the crystallization temperature. According to the data in [9], the volume modification during the transition of the amorphous ribbon to the crystalline state at $T = 400^\circ\text{C}$ amounts to 1.45% for a ribbon heated at a rate of 0.17 K/s and 1.86% for a ribbon heated at a rate of 0.01 K/s. The dependence of the volume modification during crystallization on the heating rate of the MG is determined by processes connected with the redistribution of the concentrations of the crystalline phases which are bound to be much more intensive at low heating rates.

Let us make a more detailed analysis of the temperature dependence of the lengthening of the MG $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$, (Fig. 1) taking into account the experimental data which show the influence of preliminary isothermal annealing in the range of pre-crystallization temperatures on the $(\Delta l/l)(T)$ variation. While heating the mentioned amorphous alloy till $T \approx 200^\circ\text{C}$, the $(\Delta l/l)(T)$ dependence is represented by a straight line that shows the absence of noticeable crystallization processes in this temperature range.

The temperature coefficient of linear expansion of the amorphous alloy is $\alpha_a = (1.39 \pm 0.05) \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

During further heating the influence of structural relaxation and crystallization processes (which diminish the MG volume) on the type of $(\Delta l/l)(T)$ dependence becomes noticeable (solid line in Fig. 1). There appears an ever increasing deviation of the $(\Delta l/l)$ curve from the dash-dotted straight line corresponding to the expansion coefficient of the initial amorphous alloy α_a . In the temperature range of most intensive crystallization ($\approx 400^\circ\text{C}$), the $(\Delta l/l)(T)$ curve has a most explicit maximum, after which the volume sharply decreases indicating crystallization. Most interesting is the fact that the maximum of the $(\Delta l/l)(T)$ curve comes close to the extrapolated straight $(\Delta l/l)(T)$ line corresponding to the temperature coefficient of expansion of the amorphous alloy α_a (dash-dotted line in Fig. 1). The volume of the sample in the range of the maximum $(\Delta l/l)(T)$ approaches the volume of the initial amorphous alloy at $T \approx 400^\circ\text{C}$.

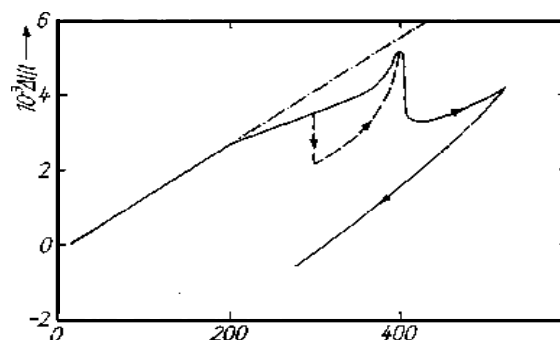


Figure 1 - The temperature dependence of relative lengthening in the MG $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ (----), expansion coefficient of the initial amorphous alloy (---) and MG lengthening after preliminary annealing (- -)

The first question which arises when analysing $(\Delta l/l)(T)$ is: why should the sample volume increase in the range of higher temperatures, where the crystallization of MG goes on intensively, approaching the amorphous state volume of the alloy at $T \approx 400^\circ\text{C}$.

From our point of view, in order to explain our experimental results one must use the main points of the model of crystallization with "frozen-in" centers proposed by the authors of [10], especially as the centers of crystallization in as-quenched amorphous alloys are really observed with the help of electron-microscopic methods [1, 4, 10].

In conclusion we give one more experimental result which speaks in favour of the theoretical model proposed by us. Fig. 2 shows the volume changes during the process of isothermal annealing of the MG $Fe_{84}B_{16}$. It follows from Fig. 2 that, contrary to the existing ideas about an inevitable reduction in the volume of the amorphous alloy during structural relaxation, annealing of the MG

$Fe_{84}B_{16}$ may lead both to a decrease and an increase of the sample volume; this lies obviously outside the scope of the excess free volume model.

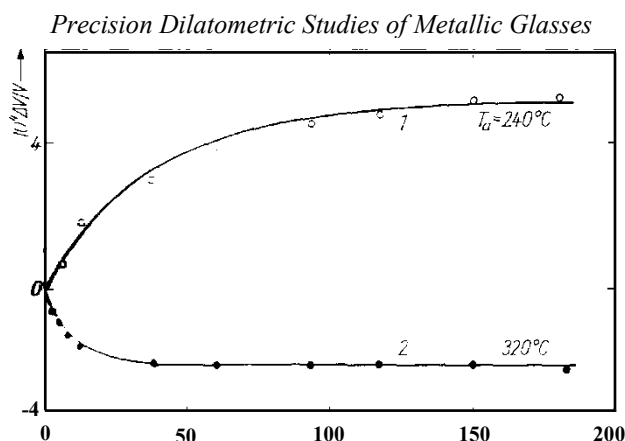


Figure 2 - Relative volume modification of the MG $Fe_{84}B_{16}$ in the process of annealing at $T_a = 240$ and 320°C .

Thus after annealing at $T_a = 240^\circ \text{C}$ during 3 h. the volume of the MG $Fe_{84}B_{16}$ increased by 0.05%, while annealing for the same duration at $T_a = 320^\circ \text{C}$ leads to a volume decrease by 0.02%.

The state of the MG $Fe_{84}B_{16}$ in the range $T \approx 240^\circ \text{C}$, which corresponds to the greater molar volume (in comparison with the initial sample) is to be considered thermodynamically more advantageous. It is characteristic that at room temperature the microhardness of the analysed MG after annealing at $T_a = 240^\circ \text{C}$ during 3 h is lower than in the initial sample by 5% and after annealing at $T_a = 320^\circ \text{C}$ is higher than in the initial sample by 2%.

4. Conclusions

1. A highly sensitive differential method has been devised for studying the relative changes in the

length of thin MG ribbons during heating and isothermal annealing within a broad temperature range.

2. As a result of the precision dilatometric studies, it has been established that structural relaxation of the MG $Fe_{84}B_{16}$ determined by isothermal annealing at $T_a = 240^\circ \text{C}$ is followed by a decrease of the alloy density. That contradicts the statement of the excess free volume model about an inevitable increase of the density of amorphous alloys in the process of structural relaxation.

References

1. K. Sudzuky, X. Fusimory and K. Hasimoto. Amorfniye metallic. Metallurgizdat. Moscow 1987.
2. T. Komatsu, K. MATUSITA, and R. YOKOTA, J. non-crystall. Solids 85, 3.58 (1986).
3. L. Leonardson, Proc. 5-th Internat. Conf., Rapidly Quenched Metals, Vol. 1, Amsterdam 1985 (p. 1354).
4. M. Popescu, Thin Solid Films 121, 317 (1984).
5. J. C. Gibeling and W. D. Nix, Scripta metall. 12, 919 (1978).
6. B. Kantor, Bistrozakalyonniye metalli, Izd. Mir, Moscow 1983.
7. V. K. Novikov and E. I. Harcov, Fiz. khim. Stekla 13, 764 (1987).
8. P. Maslov, and V. N. Novikov, Problemy p.A. A. Dvorski, V. rochnost. 6, 118 (1987).
9. V. N. Novikov and E. I. Harcov, Fizika Metallov i Metallovedenie 54, 1210 (1982).
10. Y. Hirotsu and R. Akoda, Japan. J. appl. Phys. 23, 479 (1984).

Надійшла до редакції 17.05.2013

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

В. В. Новиков, к.т.н.

МЕТОД ПРЕЦЕЗИОННОГО ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

Приведен обзор оригинальных экспериментальных результатов, полученных при детальном изучении температурных зависимостей относительного удлинения ряда металлических стекол на основе Fe, Ni и Co, используя специальную dilatометрическую методику.

Ключевые слова: температурная зависимость относительного удлинения, металлические стекла, dilatометрическая методика.

В. В. Новіков, к.т.н.

МЕТОД ПРЕЦЕЗІЙНОГО ДІЛАТОМЕТРИЧНОГО ВИВЧЕННЯ МЕТАЛЕВИХ СТЕКОЛ

Приведений огляд оригінальних експериментальних результатів, отриманих при детальному вивченні температурних залежностей відносного подовження ряду металевих стекол на основі Fe, Ni і Co, використовуючи спеціальну ділатометричну методику.

Ключові слова: температурна залежність відносного подовження, металеві стекла, ділатометрична методика.

К. Ф. Боряк, д.т.н., М. А. Манзарук, М. А. Гуцалюк

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР ЗА ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОДЕССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Рассматривается проблема низкого качества ремонта гидравлических гасителей колебаний в локомотивном депо Котовск, анализируются причины сложившейся ситуации и возможные пути ее улучшения.

Ключевые слова: гидравлический гаситель, испытания гасителей, параметр сопротивления.

Метрологическое обеспечение – это обеспечение качества и единства измерений. Сегодня любое крупное промышленное предприятие не может существовать без метрологической службы. Это в полной мере относится и к такому крупному транспортному предприятию, как Одесская железная дорога, которая имеет в своем составе Дорожный центр стандартизации и метрологии (ДорЦСМ).

Согласно закону Украины [1] на ДорЦСМ возложен государственный метрологический контроль и надзор за обеспечением единства измерений при выполнении ремонта и технического обслуживания подвижного состава во всех структурных предприятиях Одесской железной дороги. В январе 2013 года в локомотивном депо Котовск Одесской железной дороги был проведен очередной метрологический надзор за обеспечением единства измерений при ремонте гидравлических гасителей колебаний подвижного состава.

На Одесской железной дороге эксплуатируются электровозы серии ВЛ80т/с, ВЛ40у, 2ЭЛ15, 2ЭС5К, тепловозы серии ЧМЭЗ, на которых установлены гидравлические гасители колебаний (гидродемпферы) четырех типов: 45.030.045 (КВЗ), 677.000-1, 678.000, ТЕ 1-10А. Общее количество установленных на тяговом подвижном составе Одесской железной дороги гидродемпферов составляет 7742 штук. В последние годы проблема эксплуатация электровозов и тепловозов на конструктивных скоростях (при 95 км/ч) резко обострилась, так как, например, на один тепловоз ЧМЭЗ в среднем приходилось лишь 50% исправных гасителей колебаний [2]. В результате из-за наличия вертикального галлопирования кузова тепловоза их эксплуатация со скоростями более 50 км/ч становится невозможной, что снижает пропускную способность грузов по Одесской железной дороге.

По инициативе руководства локомотивного депо Котовск к участию в работе комиссии ДорЦСМ пригласили экспертов из Одесской академии технического регулирования и качества. Перед комиссией была поставлена задача – проанализировать существующую технологию технического обслуживания и ремонта гидравлических гасителей и дать рекомендации по повышению уровня качества выполняемых работ.

В январе 2013 года в ходе обследования комиссией было установлено, что работниками депо производится ремонт гидравлических гасителей колебаний в соответствии с требованиями ведомственной инструкции [3].

При выполнении операций ремонта работники депо используют технологическое оборудование и расходные материалы заводского и собственного (кустарного) производства:

1. Слесарные тиски (2 шт.) и набор слесарного инструмента – для осуществления сборки-разборки гасителей (рис. 1).

2. Самодельное устройство для проверки и регулировки величины давления срабатывания перекрывающего клапана (очевидно, кустарного производства, так как отсутствует: паспорт и свидетельство о поверке манометра) (рис. 2).

3. Испытательный стенд марки «ИГК-90.1» (2011 года выпуска, производство Украина, производитель ЧМП «КОМПРО», аттестат №02/1057 действует до 07.06.2013 г.) для испытаний гасителей после ремонта (рис. 3).



а)



б)

Рисунок 1 – Цех по ремонту гидравлических гасителей колебаний в локомотивном депо Котовск Одесской железной дороги: а) общий вид рабочего места; б) слесарные тиски набор инструмента для осуществления операций по сборке-разборке



Рисунок 2 – Технологическое устройство для проверки и регулировки величины давления срабатывания перекрывающего клапана, изготовлено самими работниками депо



Рисунок 3 – Стенд марки «ИГК-90.1» для испытаний гасителей после ремонта (2011 года выпуска, производство Украина, производитель ЧМП «КОМПРО»)

Заменяемые конструктивные элементы гасителей, которые используют в ремонте - резиновые сальники уплотнения штока и поршневые кольца, кустарного производства и изготовлены из полимерного материала. Вместо демпферной жидкости для всех четырех типов гасителей используют масло только одного типа и неизвестного качества (так как сертификат качества или соответствия продукции заводским паспортным техническим характеристикам комиссии не были представлены), которые слесари получают со склада наливом в металлическую емкость из нержавеющей стали объемом до 50 л.

Ввиду отсутствия в депо средств измерительной техники (СИТ), а именно, прибора (вискозиметр) для измерения вязкости закупаемого масла, входной контроль нами был произведен старым дедовским методом – «на ощупь». При осмотре вязкость масла показалась низкой с присутствием постороннего запаха, напоминающего запах дизельного топлива (учитывая тот факт, что стоимость рекомендованного масла, например, приборного МВП=22,5грн/л или АМГ-10=102грн/л, намного выше стоимости дизельного топлива, то можно предположить, что ощущения нас не обманывают и поставщик масла вполне мог воспользоваться этим фактом).

Наши первичные субъективные ощущения требуют подтверждения конкретными фактами, в поисках которых мы продолжили исследования. Во время испытаний гасителя на стенде было установлено, что при перемещении штока на его хромированной поверхности отсутствует масляная пленка. При визуальном осмотре наружной хромированной поверхности штока других образцов гасителей везде в рабочей зоне

перемещения штока были обнаружены следы перекала металла (следы почернения) - результат воздействия высокой температуры, которой подвергается масло и сам гаситель при эксплуатации на электровозе (рис. 4).

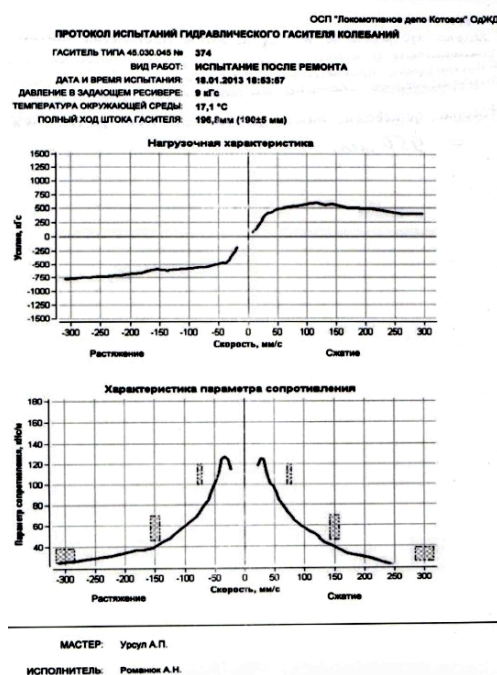


Рисунок 4 – Следы перекала металла - следы почернения в рабочей зоне перемещения штока были обнаружены при разборке гасителя типа 677000

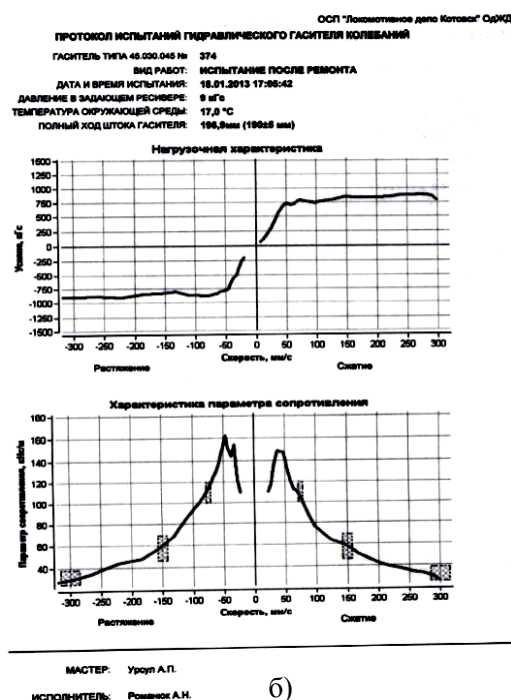
Можно смело утверждать, что причиной наблюдаемого эффекта является отсутствие на трущихся металлических поверхностях деталей гасителя масляной пленки, которая может разрушаться под воздействием температуры в следующих случаях:

- 1) из-за низкого качества самого масла;
- 2) из-за используемых при ремонте низкого качества материалов уплотнительных деталей: резинового сальника для штока или поршневого кольца, которые могут заменяться в ходе ремонта гасителей.

Комиссией было установлено наличие в депо и первого, и второго случая. Низкое качество используемого масла было подтверждено экспериментально с помощью испытательного стенда «ИГК-90.1». С его помощью были получены протоколы испытаний одного и того же гасителя № 374 типа KB3 с разной вязкостью залитого масла (сравнивалось фирменное заводское масло и то, которое поставляется в депо) при одинаковой температуре самого гасителя 17 °C (рис. 5).



а)



б)

Рисунок 5 – Сравнительный анализ работы гасителя типа 45.030.045 (KB3) с демпфирующей жидкостью различной вязкости: а) с низкой вязкостью (масло со склада в депо) - кривая параметра сопротивления проходит ниже нормированных значений; б) с высокой вязкостью (заводская демпфирующая жидкость) - кривая параметра сопротивления проходит по центру нормированных значений

Протоколы а) и б) показали существенную разницу значений величины параметра сопротивления и его зависимость от качества используемого масла. В первом случае гаситель

следует забраковать из-за несоответствия нормативным значениям, а во втором тот же самый гаситель находится «в норме» и пригоден к эксплуатации.

Было установлено, что при ремонте гасителей типа КВЗ используются уплотнительные детали кустарного производства (сертификат качества или соответствия изделий заводским паспортным техническим характеристикам комиссии не были представлены), а именно: резиновый сальник для штока и поршневое кольцо из полимерного материала. При визуальном осмотре геометрии резинового сальника было выявлено его не соответствие заводской конструкции, а именно – отсутствие у сальника подпружиненной маслосъемной кромки (наподобие конструкции резиновых маслосъемных колпачков для направляющих клапанов в двигателе автомобиля ВАЗ). Таким образом, примыкание к металлической поверхности штока осуществляется по всей толщине сальника, а не тонкой кромкой, что создает избыточное трение резины о металл штока, и как результат - отсутствие масляной пленки на металлической поверхности штока.

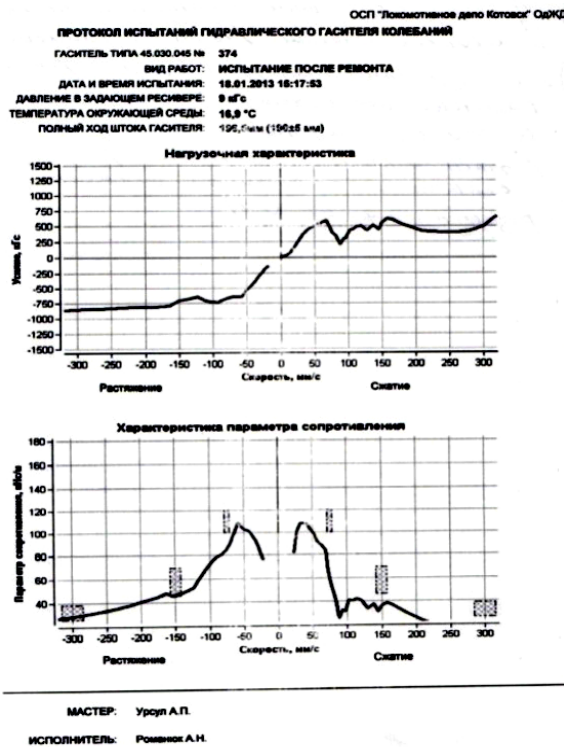
К недостаткам поршневого кольца из полимерного материала кустарного изготовления следует отнести – отсутствие упругости самого материала, которое присутствует у металлического кольца заводского изготовления. Данное качество необходимо для того, чтобы по мере износа наружного размера кольца оно выполняло свое предназначение - прижимание наружной поверхности кольца к наружной поверхности цилиндра. Поршневое кольцо из металла сохраняет свою упругость в течение всего периода эксплуатации (пока не выйдет за нормированные геометрические пределы наружного износа). А вот кольцо из полимерного материала этим свойством не обладает и по мере износа уже не способно удерживать заданное (отрегулированное на клапанах) давление масла в цилиндре и начинает пропускать через себя масло раньше, чем срабатывают предохранительные клапана. В результате сама процедура регулировки срабатывания клапанов по нормированному в инструкции [1] значению давления (например, для гасителей типа КВЗ на уровне 45 кгс/см^2) уже не имеет никакого практического значения, поскольку момент перехода работы гасителя из дроссельного

режима в клапанный начинается раньше, установленного значения давления, и при более низких скоростях. Соответственно зона нормальной работы гидравлического гасителя как демпфера смещается по шкале скорости в область низких значений (на диаграмме кривая параметра сопротивления резко прижимается к оси скорости и проходит ниже контрольных точек) и на больших скоростях гаситель № 374 типа КВЗ перестает выполнять свои функции как демпфер и превращается в обычный металлический стержень (рис.6, а).

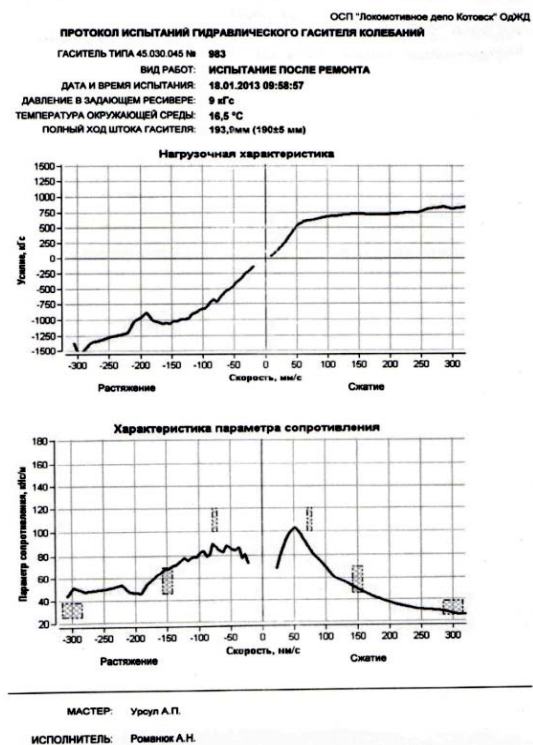
Таким образом процедура регулировки величины давления срабатывания клапанов по заданному в инструкции [1] нормированному значению (например, для гасителей КВЗ на уровне 45 кгс/см^2) не может быть выполнена из-за повышенного износа поршневого кольца, а в случае принудительного выполнения этого условия приводит к тому, что гаситель при испытаниях на стенде не входит в нормированные значения по параметру сопротивления (рис.6, б). В результате чего слесарь вынужден подстраиваться под износ поршневого кольца и отрегулировать значение величины давления срабатывания клапанов на более высоком уровне $50 \div 55 \text{ кг/см}^2$.

В отсутствие на складе новых клапанных пружин для гасителей типа КВЗ, слесаря вынуждены их менять на не кондиционные (рис. 7, а).

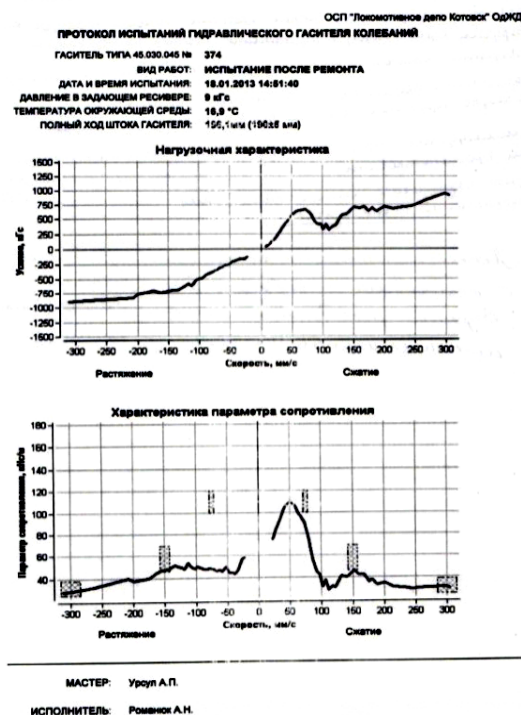
В депо отсутствует технологическое устройство для проверки и калибровки пружин по длине и сопротивлению. Следствием чего процедура регулировки величины давления срабатывания клапанов по заданному в инструкции [1] нормированному значению (например, для гасителей типа КВЗ на уровне 45 кгс/см^2) не может быть выполнена из-за «просадки» пружин, а в случае принудительного выполнения этого условия приводит к тому, что гаситель № 983 типа КВЗ при испытаниях на стенде не входит в нормированные значения по параметру сопротивления (рис.7, б). В результате чего слесарь снова вынужден подстраиваться под износ клапанной пружины и отрегулировать значение величины давления срабатывания клапанов на более низком уровне $30 \div 35 \text{ кг/см}^2$.



а)



б)



б)

Рисунок 6 – Сравнительный анализ работы гасителя типа 45.030.045 (KB3) с различным уровнем износа поршневого кольца:

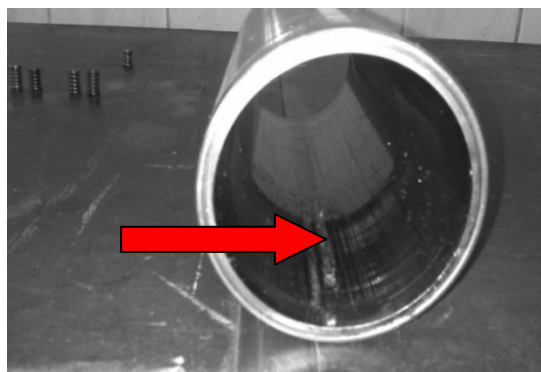
- а) поршневое кольцо из полимерного материала новое (зазор $\leq 0,5$ мм) клапана отрегулированы на давление 45 кгс/см^2 ;
- б) поршневое кольцо из металла с большим износом (зазор 5 мм) клапана отрегулированы на давление 45 кгс/см^2

Рисунок 7 – Влияние не кондиционных клапанных пружин на значение величины параметра сопротивления гасителя: а) набор клапанных пружин; б) полученный протокол испытаний

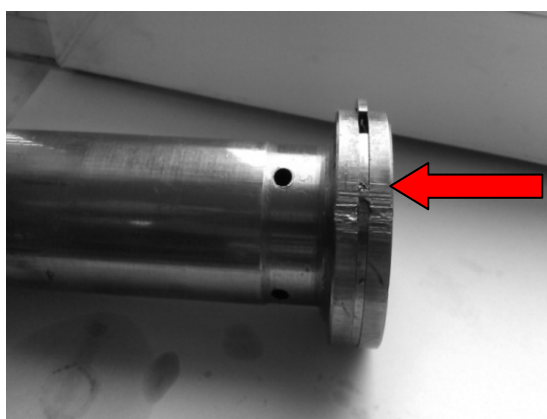
А когда обе проблемы («просаженой» клапанной пружины и изношенного поршневого кольца) совмещаются на одном и том же гасителе, то слесарь с регулировкой заходит в тупик с испытанием и приходится делать самостоятельный выбор, что из них менять первым. Таким образом, можно сделать вывод, что требование действующей инструкции [1] регулировки значения давления срабатывания клапанов выполнить на уровне на уровне 45 кгс/см^2 в депо при условии отсутствия сертифицированных запасных частей не возможно. Кроме этого вызывает сомнение само нормированное значение 45 кгс/см^2 , которое задано ниже паспортного значения,

установленное 52 кг/см^2 заводом-изготовителем для гасителей типа КВЗ при допуске $\pm 5 \text{ кг/см}^2$.

Следует акцентировать внимание на то, что у работников ремонтного цеха отсутствуют средства измерительной техники (СИТ) для осуществления контроля геометрических размеров не только клапанных пружин, но и контроля поршневых колец, калиброванных пазов в клапанах и т.п. В результате поршневые кольца с превышающим установленную норму ($\leq 0,5 \text{ мм}$) зазором продолжают и дальше эксплуатировать. Последствия этого легкомысленного отношения к зазору поршневых колец вполне предсказуемы – по мере увеличения зазора, в месте разреза поршневого кольца, его острые края, словно абразив постепенно выгрызают дорожку на внутренней хромированной поверхности гильзы цилиндра, и, в конце концов, поршневое кольцо заклинивает, оставляя при этом следы деформации хромированной поверхности (каверны) штока (рис. 8).



а)



б)

Рисунок 8 – Следы деформаций на поверхности конструктивных деталей, оставленных поршневым кольцом: а) на гильзе; б) на штоке

В подтверждение сказанного, в первый день работы комиссии в депо при испытаниях гасителя № 983 КВЗ на стенде произошло его заклинивание (рис. 9).

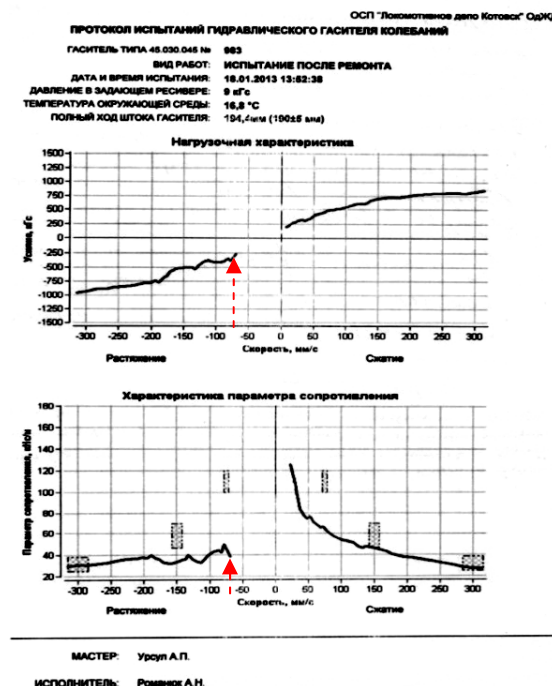


Рисунок 9 – Протокол испытаний гасителя №983 типа КВЗ, у которого в процессе испытаний заклинило поршневое кольцо

На диаграмме из протокола испытаний отчетливо видно, как графики параметра сопротивления и усилий остановились на скорости **75 мм/с** - момента заклинивания. При разборке гасителя полностью подтвердилось наше предположение – у металлического поршневого кольца измеренная величина зазора оказалась равной **5 мм!**

Вывод: из-за поршневого кольца с большим износом весь гаситель пришел в негодность, так как с поврежденной хромированной поверхностью гильзы цилиндра и штока его дальнейшая эксплуатация не возможна.

Еще один пример, как отсутствие СИТ влияет на качество производимого ремонта. Из протокола испытания гасителя № 374 типа КВЗ видно, что данный гаситель не годится к эксплуатации из-за отклонений кривых графиков от контрольных точек (рис. 10).

Вскрытие показало, что перепускные пазы на крышке верхнего клапана из-за износа толщины самой крышки (возможно после многоразовой притирки в ходе предыдущих ремонтов) имеют малые геометрические размеры (рис. 11), что и привело на малых скоростях движения поршня к резкому завышению

параметра сопротивления в режиме растяжения гасителя.

№9

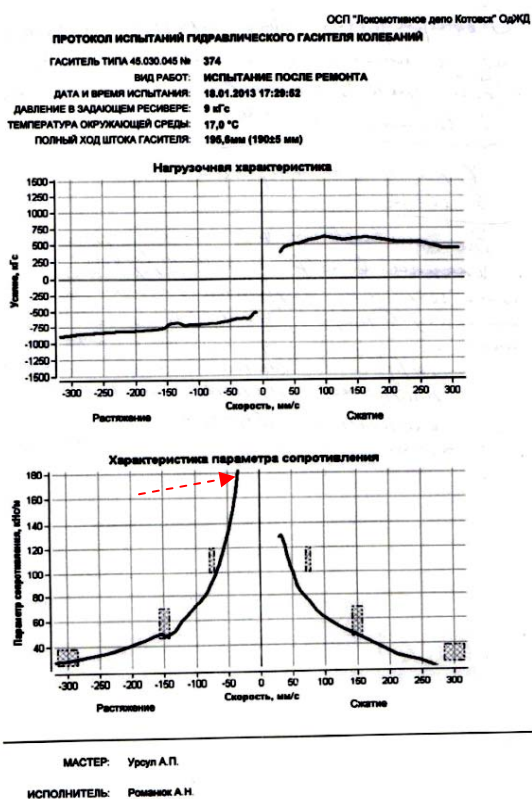
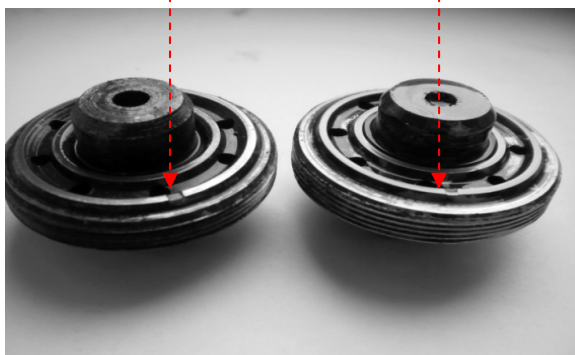


Рисунок 10 – Протокол испытания гасителя № 374 типа KB3 с дефектом нижнего клапана

перепускные пазы на крышке клапана:
нормальные изношенные



б)

Рисунок 11 – Верхний и нижний клапаны гасителя № 374 типа KB3

В подтверждение нашей гипотезы заменили изношенную клапанную крышку на новую и

провели повторные испытания. Полученный протокол с результатами повторных испытаний полностью подтверждает наши предположения - гаситель пригоден к эксплуатации (рис. 12).

№15

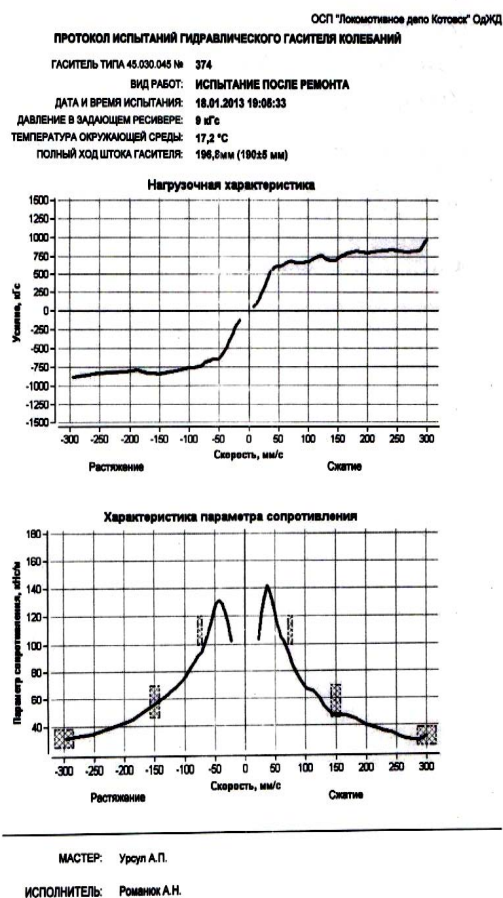


Рисунок 12 – Протокол испытания гасителя №374 типа KB3 после ремонта

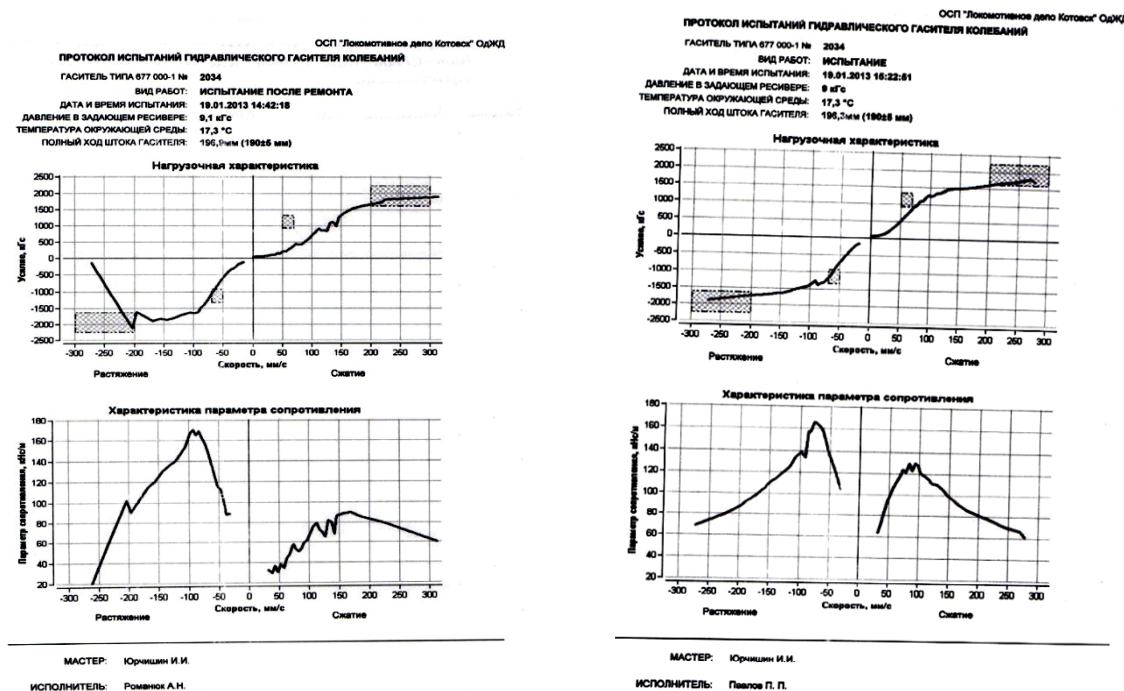
Другой наглядный пример. При испытании практически нового (2011 год выпуска) гасителя № 2034 типа 677.000 графики из протокола (рис. 13, а) указали на его непригодность к эксплуатации.

Разборка гасителя показала, что это заводской брак, допущенный при сборке, в котором из четырех калибровочных клапанных шайб (2 шт. по 0,13 мм и 2 шт. по 0,10 мм) одна из них оказалась меньше допустимого размера толщиной 0,07 мм. После ее замены на шайбу с размером толщины 0,10 мм все показания гасителя при испытании его на стенде вошли в норму (рис.13, б).

Отсутствие у работников фильтров для механической очистки масла, что приводит к беспрепятственному попаданию твердых частиц

внутрь цилиндра гасителя при замене или доливки масла во время ремонта. Тем самым, нарушаются требования инструкции [3]: «Перед

заправлением рабочая рідина повинна бути профільтована через металеву сітку № 018 ГОСТ 6613-86» (рис. 14).



а)

б)

Рисунок 13 – Сравнение протоколов испытаний гасителя типа 677.000 с набором клапанных регулировочных шайб различной толщины:

- а) 2 шт. = 0,13 мм; 1 шт. = 0,10 мм; 1 шт. = 0,07 мм – гаситель не пригоден;
б) 2 шт. = 0,13 мм; 2 шт. = 0,10 мм – гаситель пригоден к эксплуатации

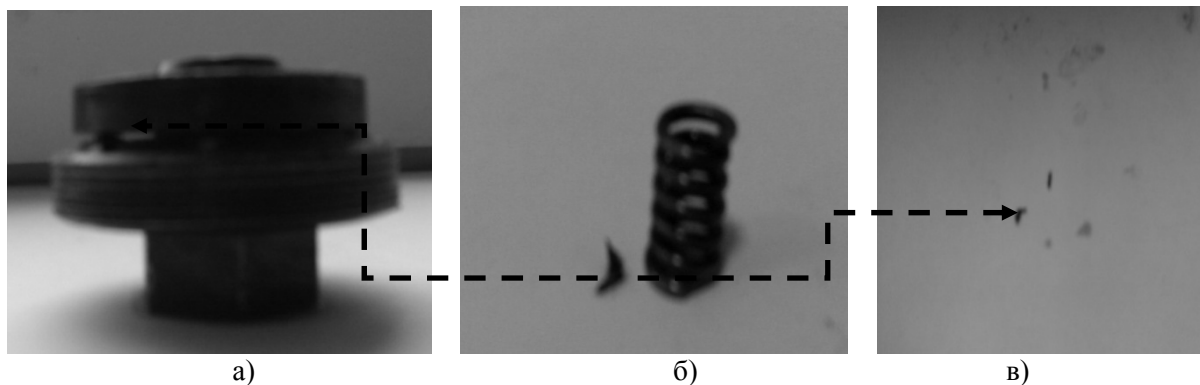


Рисунок 14 – Последствия плохой механической очистки масла: а) фрагмент заклинивания перепускного клапана; б) осколки не кондиционных клапанных пружин; в) частицы ржавчины из металлической бочки

Следует также отметить несоответствие заливаемого масла в гидродемпферы 677.000, 678.000 при их ремонте, рекомендованному в паспорте производителем типу: 7-50С-3 ГОСТ 20734-75 или ВМГЗ ТУ 38-101479-00. В инструкции [3] приведены рекомендации по применению типа масла только для гасителей 45.030.045 (КВЗ) и ТЕ 1-10А: «Як робоча рідина в гаситель заливается 0,9 л приладового масла

МВП ГОСТ1805-76 чи авіаційного АМГ-10 ГОСТ6794-75». Из всех четырех типов гасителей наиболее чувствительны к качеству масла гидродемпфер 45.030.045 типа КВЗ. Это вызвано его конструктивными особенностями.

В результате нарушения требований инструкции [3] при выполнении ремонта гаситель № 374 типа КВЗ не проходит

испытаний на стенде «ИГК-90.1» и не пригоден к эксплуатации (рис. 15).

У работников цеха отсутствует мерные емкости, что приводит к большим погрешностям при заливке масла в цилиндр гасителя (0,65 л; 0,9 л; 0,95 л; 1,2 л; 1,4 л). Недолив масла в цилиндр гасителя приводит к отклонению величины параметра сопротивления. Это подтверждается проведенными на стенде испытаниями всех трех типов гасителей с разными уровнями заливки масла (50 % и 90 %), на примере гасителя № 374 типа KB3 (рис. 16).

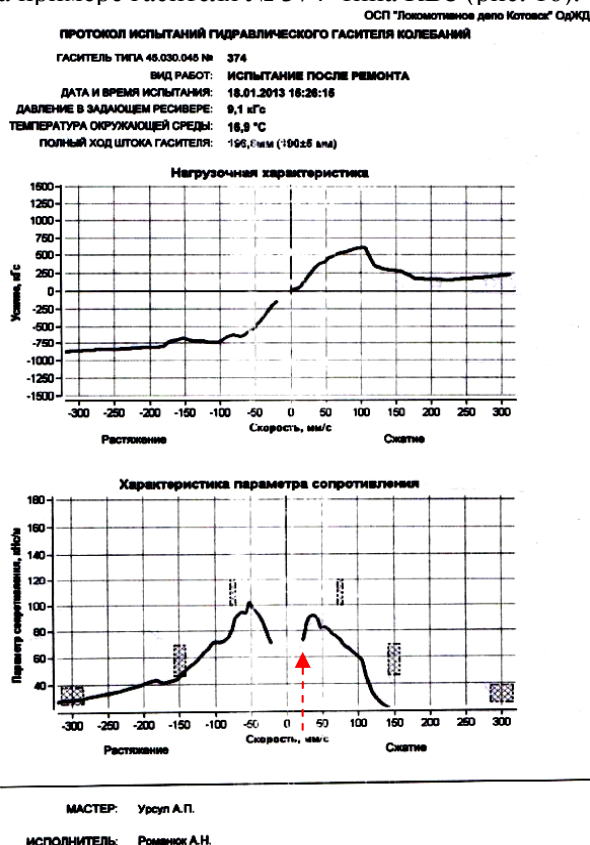


Рисунок 15 – Протокол испытания гасителя № 374 типа 45.030.045 (KB3), у которого заклинило нижний клапан осколком клапанной пружины

Согласно рекомендациям инструкции [3] проверка гасителей на соответствие нормированным характеристикам рекомендуется проводить в температурном диапазоне от +15°C до +25°C. Это связано с тем, что вязкость масла изменяется с изменением температуры. Поэтому нами были проведены испытания гасителей в нижнем температурном диапазоне при температуре 15÷17 °С, когда вязкость масла высокая и даже в этих условиях, полученные диаграммы указали на непригодность к эксплуатации гасителя с залитым маслом со склада депо (рис. 5).

А что тогда говорить про эксплуатацию гасителя с таким маслом на электровозе? Ведь в реальных условиях эксплуатации рабочий температурный диапазон гасителя с маслом, судя по оставшимся следам перегрева металла на штоке гасителя (рис. 4), явно выше рекомендуемого для проведения испытаний.

Можно смело утверждать, что в реальных условиях эксплуатации гаситель с таким маслом работать, как демпфер не будет вообще. Более того, при высокой температуре и низкой вязкости возвратно-поступательное движение поршня гасителя сравнимо с работой обычного бытового миксера, работа которого приводит к вспениванию маслянистой жидкости и насыщению масла воздушными пузырьками. От насыщения масла воздушными пузырьками его плотность не просто снижается, а падает в разы.

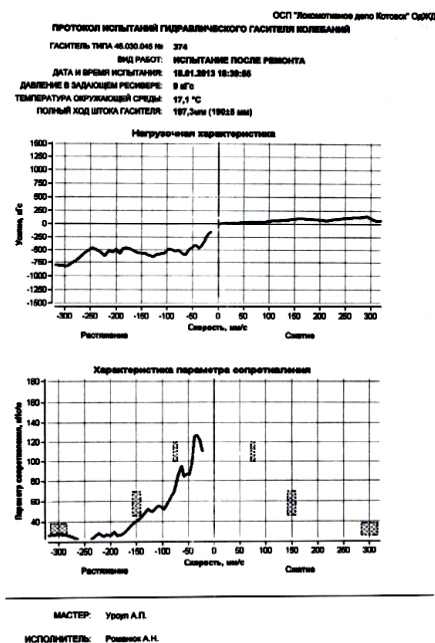
В результате, из-за отсутствия масляной пленки на металлических деталях конструкции гасителя (внутренней поверхности цилиндра и наружной поверхности штока) происходит ускоренный их износ вместе с уплотнительным (поршневым) кольцом. А это, в свою очередь, приводит к резкому снижению технического ресурса гасителя и времени его пробега до регламентированного ТО [4] (гасители просто не «выходят» своего регламентированного срока пробега до очередного ТО), не считая увеличения дополнительных трудозатрат на вынужденные внеплановые ремонты гасителей, связанные с заменой сломавшихся конструктивных элементов.

Выводы

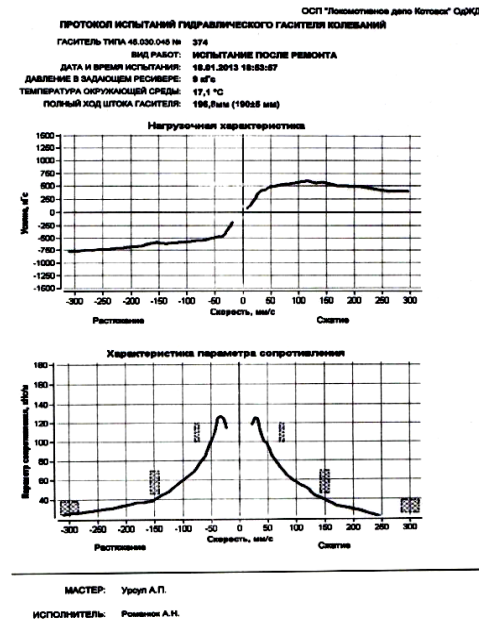
Главная причина низкого качества ремонта гидравлических гасителей колебаний в депо кроется в слабом метрологическом обеспечении производственного процесса ремонта гасителей, в отсутствии средств измерительной техники (СИТ) у рабочего персонала для осуществления контроля над качеством используемых материалов. Метрологические нормы, правила и требования, имеют не просто нормативный характер, а являются обязательными к исполнению [1]. Отступление от этих правил и норм является серьезным нарушением и может привести к тяжелым экономическим, экологическим и др. последствиям.

Ответственность за несоблюдение этих норм ложится на метрологов депо.

Для изменения сложившейся ситуации с техническим обслуживанием и ремонтом гидравлических гасителей колебаний необходимо, прежде всего, изменить отношение работников депо на всех уровнях к метрологии, как науке об измерениях.



а)



б)

Рисунок 16 – Сравнение протоколов испытаний гасителей с разным уровнем масла:
а) 50% от нормы; б) 90% от нормы

Список использованных источников

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», із змінами, внесеними згідно із Законами № 4731-VI від 17 травня 2012 року.
2. Боряк К. Ф., Мелкумян Р. Г. Отличительные особенности стенда «ИГК-90.1» для испытаний гидравлических гасителей колебаний локомотивов // XII Научно-практическая конференция «Перспективы внедрения технических средств безопасности руху на залізницях України» – м. Судак, 2012. – С. 58 –70.
3. ЦТ-0062 "Інструкція по утриманню, ремонту та випробуванню гасителів коливань

локомотивів і моторвагонного рухомого складу", утвержденной Главным управлением локомотивного хозяйства УКРЗАЛІЗНИЦІ (приказ №53-ц от 27.02.2003).

4. M. Säglitz. Выбор параметров для диагностирования гасителей колебаний //Журнал «Железные дороги мира». – 1999. – № 12. – С. 24 – 28.

Поступила в редакцию 20.03.2013

Рецензент: д.т.н., с.н.с. Ваганов А. И., Центр стандартизации и метрологии Одесской железной дороги, г. Одесса.

К. Ф. Боряк, д.т.н., М. О. Манзарук, М. О. Гуцалюк

МЕТРОЛОГІЧНИЙ НАГЛЯД ЗА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ РЕМОНТІ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСНИКІВ КОЛІВАНЬ РУХОМОГО СКЛАДУ НА ОДЕСЬКІЙ ЗАЛІЗНИЦІ

Розглядається проблема низької якості ремонту гідравлічних гасителів коливань в локомотивному депо Котовськ, аналізуються причини сформованої ситуації і можливі шляхи її поліпшення.

Ключові слова: гідравлічний гаситель, випробування гасителів, параметр опору.

K. Boryak, DSc, M. Manzaruk, M. Gutsalyuk

METROLOGY SUPERVISION FOR THE MEASUREMENT UNIFORMITY REPAIR OF HYDRAULIC SHOCK ABSORBERS ROLLING AT ODESSA RAILWAY

The problem of low-quality repair of hydraulic shock absorbers in the locomotive depot Kotovsk, analyzes the causes of the current situation and possible ways to improve it.

Keywords: hydraulic damper, testing absorbers option of resistance.

РОЗДІЛ 3

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

В. Ю. Кучерук, д.т.н., О. Г. Ігнатенко, М. Д. Молчанюк, О. В. Андрусь

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

МЕТОД ІНВАРІАНТНОГО ПОГЛИБЛЕННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОТОРНИХ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

В статті розглядається використання елементів теорії інваріантного поглиблення для ідентифікації внутрішніх параметрів трифазних короткозамкнених асинхронних двигунів, які неможливо безпосередньо виміряти. Аналітично представлено систему нелінійних диференціальних рівнянь за Н. Дістефано, чисельний розв'язок яких дозволяє отримати значення таких параметрів як активний опір та індуктивність обмоток ротора.

Ключові слова: метод інваріантного поглиблення, ідентифікація внутрішніх параметрів, асинхронний двигун, нелінійні диференціальні рівняння, чисельний розв'язок.

Вступ

Трифазні короткозамкнені асинхронні двигуни (АД) загального призначення є найбільш масовою продукцією електромашинобудування. Асинхронні електроприводи складають близько 95% загальної кількості електроприводів, а АД споживають більше половини електроенергії, що виробляється у нашій країні. Тому ефективна оцінка показників якості цих двигунів в процесі виробництва і після їх виготовлення (приймально-здавальні випробування), своєчасна діагностика причин розладу технологічного процесу є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

При випробовуваннях АД неможливо провести пряме вимірювання параметрів роторного кола (активний опір обмоток ротору R_r , індуктивність обмоток ротору L_r , взаємна індуктивність між обмотками статора і ротора L_m). Тому для визначення цих параметрів користуються методами ідентифікації. До цих методів відносяться методи затухання постійного струму в статорному колі і гармонічних коливань, які виконуються на нерухомій машині, а також методи, які використовують режими пуску та самогальмування АД. Існуючі методи [1-6] мають ряд недоліків, зв'язаних із труднощами врахування впливу прискорення, вирішення проблеми мультимодальності цільової функції ідентифікації, складністю реалізації та іншими факторами.

Постановка завдання

В даній роботі наводяться основні результати використання методу інваріантного поглиблення при ідентифікації параметрів роторного кола короткозамкнених АД.

Виклад основного матеріалу

Припустимо, що проведені спостереження одної чи кількох компонент вектору стану $\mathbf{I}$ протягом часу T , які вміщують похибки. Для цих спостережень і динамічних рівнянь процесу

$$\frac{d\mathbf{I}}{dT} = \mathbf{g}(\mathbf{I}). \quad (1)$$

Згідно Н. Дістефано [1], визначимо оптимальну оцінку стану в час t , поліпшення цієї оцінки в міру збільшення кількості спостережень.

Якщо $t < T$, то задача називається інтерполяцією або згладжуванням. При $t = T$ вона називається задачею фільтрування, а коли $t > T$ – задачею передбачення.

В задачах ідентифікації, де основна мета полягає у визначенні набору констант a_i , зручно оперувати з цими константами як з додатковими координатами стану, які задовольняють очевидним диференціальним рівнянням

$$\frac{da_i}{dt} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (2)$$

Тоді константи a_i можна включити в розширений вектор стану. Ясно, що фільтр розширеного вектору стану дає не тільки оптимальну оцінку вектору стану, а й оптимальну оцінку вектору $\mathbf{a}$ – основну мету ідентифікації. Згідно Белману [2], вирішується задача фільтрування, використовуючи ідеї інваріантного поглиблення. Визначимо вектор спостережень $\mathbf{\Gamma w}$

$$\begin{aligned} \mathbf{w} &= [w_1; w_2; w_3; w_4]^T = \\ &= [i_A; i_B; i_C; \omega_r]^T = \mathbf{\Gamma I} + \boldsymbol{\eta}, \end{aligned} \quad (3)$$

де $\mathbf{\Gamma}$ - прямокутна матриця повного рангу; $\boldsymbol{\eta}$ - вектор похибок спостережень.

На основі цих спостережень в інтервалі $[0, T]$ визначається оптимальна оцінка вектору стану $\mathbf{I}$ при $t=T$ така, щоб мінімізувати функцію квадратичної похибки $f(\mathbf{I}(T), T)$, задану у вигляді

$$f(\mathbf{I}(T), T) = \int_0^T (\mathbf{w} - \mathbf{\Gamma I}, \mathbf{w} - \mathbf{\Gamma I}) dt + (\mathbf{I}(0) - \mathbf{b}, -\mathbf{\Lambda}(\mathbf{I}(0) - \mathbf{b})), \quad (4)$$

де $\mathbf{b}$ - найкраща апіорна оцінка $\mathbf{I}(0)$; $\mathbf{\Lambda}$ - невироджена матриця, яка встановлює міру впевненості у даній оцінці.

Згідно [1], мінімізація (4) досягається при вирішенні диференціальних рівнянь оптимального нелінійного фільтру

$$\frac{d\mathbf{e}}{dT} = \mathbf{g}(\mathbf{e}) + \mathbf{Q}(T)\mathbf{\Gamma}^T(\mathbf{w} - \mathbf{\Gamma e}); \quad \mathbf{e}(0) = \mathbf{b}, \quad (5)$$

а матриця коригуючих коефіцієнтів $\mathbf{Q}(T)$ задовольняє рівнянню

$$\frac{d\mathbf{Q}}{dT} = \mathbf{g}_c(\mathbf{e})\mathbf{Q} + \mathbf{Q}\mathbf{g}_c^T(\mathbf{e}) - \mathbf{Q}\mathbf{\Gamma}^T\mathbf{\Gamma}\mathbf{Q}; \quad \mathbf{Q}(0) = \mathbf{\Lambda}^{-1}. \quad (6)$$

Тут для спрощення запису зображено $\mathbf{c} = \mathbf{I}(T)$; $\mathbf{e} = \argmin f(\mathbf{c}, T)$; $\mathbf{g}_c(\mathbf{e})$ - якобіан $\mathbf{g}(\mathbf{e})$ по $\mathbf{c}$; "Т зверху" - знак транспонування.

Задача ідентифікації за Н. Дістефано зводиться до вирішення системи із двох диференціальних рівнянь (5) і (6).

В [3] виведено рівняння для похибки фільтра Н. Дістефано. Позначимо через $\tilde{\mathbf{I}} = \mathbf{I} - \mathbf{e}$ похибку оцінки фільтра. Тоді похибка оцінки фільтра $\tilde{\mathbf{I}}$ має такий вид

$$\tilde{\mathbf{I}} = \int_0^T \mathbf{X}(T)\mathbf{X}^{-1}(S)\mathbf{Q}(S)\mathbf{\Gamma}^T\boldsymbol{\eta}(S)dS, \quad (7)$$

де $\mathbf{X}(T)$ - розв'язок рівняння

$$\frac{d\mathbf{X}(T)}{dT} = -[\mathbf{Q}(T)\mathbf{\Gamma}^T\mathbf{\Gamma} - \mathbf{g}_c(\mathbf{e})]\mathbf{X}(T). \quad (8)$$

Таким чином, задача ідентифікації з одночасним знаходженням похибки ідентифікації за Н. Дістефано полягає у вирішенні системи рівнянь (5) – (7).

Ідентифікацію за допомогою методу інваріантного поглиблення будемо проводити для активного опору R_r та індуктивності L_r ротора; взаємна індуктивність між статором і ротором L_m добре ідентифікується за допомогою методів теорії чутливості [4].

Представимо перші чотири рівняння математичної моделі АД [5] у формі Коші

$$\mathbf{A} \frac{d\mathbf{i}}{dt} = \mathbf{B}\mathbf{i} + \mathbf{u}_m, \quad (9)$$

де

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} L_s & 0 & L_m & 0 \\ 0 & L_s & 0 & L_m \\ L_m & 0 & L_r & 0 \\ 0 & L_m & 0 & L_r \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -R_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_s & 0 & 0 \\ 0 & -\omega_r L_m & -R_r & -\omega_r L_r \\ \omega_r L_m & 0 & \omega_r L_r & -R_r \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{i} = [i_{sa}; i_{sb}; i_{ra}; i_{rb}]^T;$$

$$\mathbf{u}_m = [u_{sa}; u_{sb}; u_{ra}; u_{rb}]^T.$$

Зворотна матриця $\mathbf{A}^{-1}$ матиме вигляд

$$\mathbf{A}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{L_r}{L_s L_r - L_m^2} & 0 & \frac{-L_m}{L_s L_r - L_m^2} & 0 \\ 0 & \frac{L_r}{L_s L_r - L_m^2} & 0 & \frac{-L_m}{L_s L_r - L_m^2} \\ \frac{-L_m}{L_s L_r - L_m^2} & 0 & \frac{L_r}{L_s L_r - L_m^2} & 0 \\ 0 & \frac{-L_m}{L_s L_r - L_m^2} & 0 & \frac{L_r}{L_s L_r - L_m^2} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Помножимо рівняння (9) на $\mathbf{A}^{-1}$

$$\frac{d\mathbf{i}}{dt} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}\mathbf{i} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{u}_m, \quad (11)$$

де

$$\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B} = \frac{1}{L_s L_r - L_m^2} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} -L_r R_s & L_m^2 \omega_r & L_m R_r & L_m L_r \omega_r \\ -L_m^2 \omega_r & -L_r R_s & -L_m L_r \omega_r & L_m R_r \\ L_m R_s & -L_s L_m \omega_r & -L_s R_r & -L_s L_r \omega_r \\ L_s L_m \omega_r & L_m R_s & L_s L_r \omega_r & -L_s R_r \end{bmatrix}.$$

Для короткозамкненого АД $u_{ra} = u_{rb} = 0$.

Тоді $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{u}_m$ запишеться як

$$\mathbf{A}^{-1}\mathbf{u}_m = \left[\frac{L_r u_{sa}}{L_s L_r - L_m^2}; \frac{L_r u_{sb}}{L_s L_r - L_m^2}; \frac{-L_m u_{sa}}{L_s L_r - L_m^2}; \frac{-L_m u_{sb}}{L_s L_r - L_m^2} \right]. \quad (12)$$

Розширимо вектор стану $\mathbf{u}$ п'ятим рівнянням математичної моделі АД [5] та параметрами R_r і L_r

$$\mathbf{u} = [u_1; u_2; u_3; u_4; u_5; u_6; u_7]^T = [i_{sa}; i_{sb}; i_{ra}; i_{rb}; \omega_r; R_r; L_r]^T,$$

$$\frac{d\mathbf{u}}{dt} = \mathbf{g}(\mathbf{u}, u_{sa}, u_{sb}), \quad \mathbf{u} \in \mathbb{R}^7, \quad \mathbf{g}: \mathbb{R}^7 \times \mathbb{R}^7 \rightarrow \mathbb{R}^7,$$

де $\mathbf{g}$ - наступна вектор-функція:

$$g_1 = \frac{-L_s R_s u_1 + L_m^2 u_5 u_2 + L_m u_6 u_3 + L_m u_7 u_5 u_4 + u_7 u_{sa}}{L_s u_7 - L_m^2};$$

$$g_2 = \frac{-L_m^2 u_5 u_1 - u_7 R_s u_2 - L_m u_7 u_5 u_3 + L_m u_6 u_4 + u_7 u_{sb}}{L_s u_7 - L_m^2};$$

$$g_3 = \frac{L_m R_s u_1 - L_s L_m u_5 u_2 - L_s u_6 u_3 - L_s u_7 u_5 u_4 - L_m u_{sa}}{L_s u_7 - L_m^2};$$

$$g_4 = \frac{L_s L_m u_5 u_1 + L_m R_s u_2 + L_s u_7 u_5 u_3 - L_s u_6 u_4 - L_m u_{sb}}{L_s u_7 - L_m^2};$$

$$g_5 = \frac{p}{J} \left(\frac{mp}{2} L_m (u_2 u_3 - u_1 u_4) - M_0 \right); \quad g_6 = g_7 = 0.$$

Визначимо вектор спостережень $\mathbf{w}$

$$\begin{aligned} \mathbf{w} &= [w_1; w_2; w_3; w_4]^T = \\ &= [i_A; i_B; i_C; \omega_r]^T = \mathbf{\Gamma} \mathbf{u} + \boldsymbol{\eta}, \end{aligned} \quad (13)$$

де i_A, i_B, i_C - струми в обмотках статору АД.

Запишемо для рівняння (13) матрицю повного рангу $\mathbf{\Gamma}$. Для цього використаємо рівняння переходу із системи координат $\alpha, \beta, 0$ в реальну систему координат [6]

$$\mathbf{\Gamma} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Таким чином, задача ідентифікації за допомогою методу інваріантного поглиблення Н. Дістефано зводиться до вирішення системи із трьох диференціальних рівнянь (5), (6), (7). Але ці рівняння мають складний матричний вигляд, що робить практично неможливим їх спрощення.

Рішення системи (5), (6), (7) може здійснюватися методом Рунге-Кутта четвертого порядку з постійним кроком h .

Для чисельного дослідження алгоритму ідентифікації вибрано АД 4A71A4 із параметрами $p=2$, $m=3$, $R_s=16,39$ Ом, $R_r=15,08$ Ом, $L_s=0,663$ Гн, $L_r=0,7015$ Гн, $L_m=0,624$ Гн, $J=0,011$ кгм². Шум $\boldsymbol{\eta}$ моделюється випадковою величиною з нормальним законом

розподілу. Приклад роботи методу ідентифікації наведено на рис. 1 – 3.

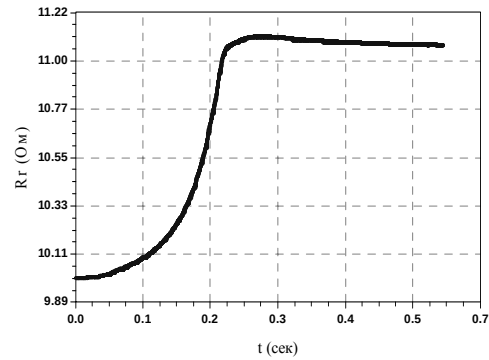


Рисунок 1 - Ідентифікація активного опору R_r .

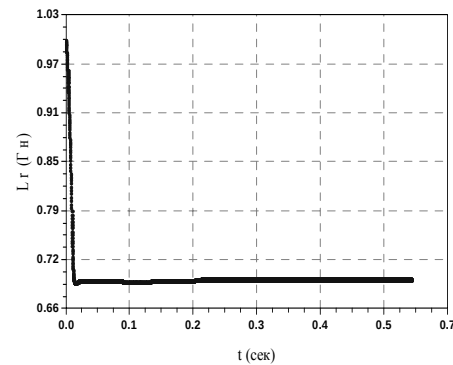


Рисунок 2 - Ідентифікація індуктивності L_r .

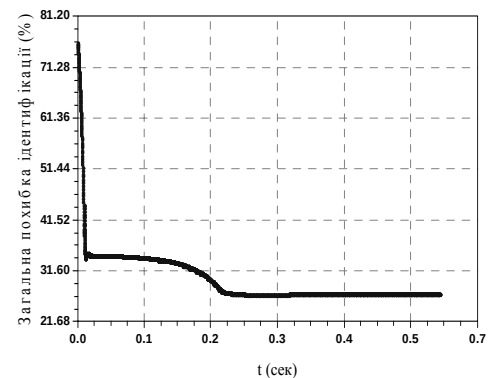


Рисунок 3 - Загальна похибка ідентифікації

Висновки

Аналіз результатів моделювання дає змогу дійти висновку, що даний алгоритм ідентифікації забезпечує збіжність і достатню точність для досить широкого діапазону початкових значень параметрів ротора. Але для його успішної роботи необхідний досить малий крок дискретизації по часу. Збіжність алгоритму залежить від вибору початкових значень. Це спричинюється тим, що математична модель АД класифікується як жорстка система диференціальних рівнянь.

Список використаних джерел

1. D. J. Atkinson, P. P. Akarnley, J. W. Finch. Observes for Induction Motor State and Parameter Estimation //IEEE Transactions on industry applications. – Vol. 27. – № 6. – 1991. – P. 1119-1127.
2. Н. В. Андреев, В. А. Поджаренко, А. В. Скилягин. Задача идентификации параметров электромеханической системы // Автоматика. – 1993. – № 3. – С. 32-37.
3. Parameter estimation for induction machines based on sensitivity analysis / Ansuji Somchai, Shokooh Farrokh // IEEE Trans. Ind. Appl. – 1989. – Vol. 25. – № 6. – P. 1035-1040.
4. New method of identification for induction machines parameters by means of quasi-Newton algorithms / Capolino G. A. // IMACS Ann. Comput. and Appl. Math. – 1989. – № 1-4. – P. 133-135.
5. Б. А. Коробейников, А. И. Ищенко. Идентификация параметров математической модели глубокопазных асинхронных двигателей / Изв. вузов. Электромеханика. – 1989. – № 8. – С. 33-38.
6. Сивокобыленко В. Ф., Гармаш В. С. Определение параметров схем замещения асинхронных и синхронных двигателей // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1982. – № 5. – С. 154-159.
7. Дистефано Н. Об идентификации нелинейной вязкоупругой пружины в условиях динамики. Применение фильтров // Труды межд. НТК, посвященной памяти Работнова. – М., 1979. – С. 163-169.
8. Bellman R., Kagiwada H., Kalaba R., Shridar R. Invariant Imbedding and Nonlinear Filtering Theory, Jour. Astro. Sci., 13, pp. 110-115 (1966).
9. Андреев М. В., Кучерук В. Ю., Поджаренко В. О. Про точність нелінійного фільтра Н. Дистефано //В кн. «Контроль і управління в технічних системах». Мат. 4-ї міжнародної НТК КУТС-97, том 2, Вінниця, 1997. – С. 28-31.
10. Кучерук В. Ю. Ідентифікація внутрішніх параметрів роторного кола асинхронних машин за допомогою теорії чутливості // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 4. – С. 5-10.
11. Кучерук В. Ю. Огляд методів математичного моделювання електричних машин. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – № 2. – С. 17-23.
12. Домбровский В. В., Зайчик В. М. Асинхронные машины: Теория, расчет, элементы проектирования. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 368 с.

Надійшла до редакції 12.03.2013

Рецензент: д.т.н., професор Кухарчук В. В., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

В. Ю. Кучерук, д.т.н., А. Г. Игнатенко, М. Д. Молчанюк, О. В. Андрусь

МЕТОД ИНВАРИАНТНОГО ПОГРУЖЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ РОТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В статье рассматривается использование элементов теории инвариантного погружения для идентификации внутренних параметров трехфазных короткозамкнутых асинхронных двигателей, которые невозможно непосредственно измерить. Аналитически представлена система нелинейных дифференциальных уравнений Н. Дистефано, численное решение которых позволяет получить значения таких параметров как активное сопротивление и индуктивность обмоток ротора.

Ключевые слова: метод инвариантного погружения, идентификация внутренних параметров, асинхронный двигатель, нелинейные дифференциальные уравнения, численное решение.

V. Yu. Kucheruk, DSc, O. G. Ignatenko, M. D. Molchanuk, O. V. Andrus

INVARIANT EMBEDDING IDENTIFICATION METHOD OF ASYNCHRONOUS MOTORS ROTOR PARAMETERS

The article discusses the use of the theory of invariant imbedding to identify the internal parameters of three-phase squirrel cage induction motors, which can not be directly measured. Analytically presents a system of nonlinear differential equations N. Distefano, the numerical solution which allows to obtain the values of parameters such as resistance and inductance of the rotor windings.

Keywords: invariant embedding identification method, identifying the internal parameters, asynchronous motors, nonlinear differential equations, numerical solution.

В. В. Скачков¹, д.т.н., А. Н. Ефимчиков¹, к.т.н., В. И. Павлович², С. С. Ковалишин³¹ Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса² Одесский Национальный политехнический университет, г. Одесса³ Военная академия, г. Одесса

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРАДИЕНТНЫХ АЛГОРИТМОВ АДАПТАЦИИ НА КАЧЕСТВО ПОДАВЛЕНИЯ ШУМОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Методами динамических множителей и унитарных преобразований исследовано влияние динамических параметров на эффективность подавления активных шумовых излучений на выходе N -мерной адаптивного фильтра информационно-измерительной системы. Установлена аналитическая зависимость коэффициента подавления шумовой помехи от динамических параметров: сходимости и устойчивости градиентного процесса адаптации произвольной размерности. Показано влияние энергетических параметров шумовых излучений, размерности адаптивной системы и параметров цепи адаптивного управления на запас устойчивости и сходимость многомерного градиентного алгоритма адаптации.

Ключевые слова: градиентный алгоритм адаптации, многомерный пространственно-временной фильтр, корреляционная матрица шумовых излучений, собственное значение, динамические параметры, устойчивость, сходимость, весовой вектор, коэффициент подавления, коэффициент передачи цепи обратной связи.

Введение

Постановка проблемы. Совершенствование систем защиты современных информационно-измерительных средств от активных шумовых излучений неразрывно связано с разработкой градиентных пространственно-временных алгоритмов адаптации, практическая реализация которых при современном уровне развития микропроцессорной техники не вызывает больших затруднений [1-3].

Как известно [4, 5], градиентные алгоритмы адаптации относятся к классу рекурсивных алгоритмов, которые обладают существенной зависимостью динамических параметров, таких как время сходимости и устойчивость, от характеристик входных сигналов. В условиях недетерминированных изменений помеховой ситуации и наличия механизмов обратной связи в алгоритмах адаптации, указанные динамические параметры характеризуются повышенной нестабильностью, что на практике может привести:

- во-первых, к существенному снижению качества подавления шумовых излучений адаптивным пространственно-временным фильтром;

- во-вторых, к сложности, а нередко, и к невозможности аналитического описания и определения границ устойчивости подобных алгоритмов адаптации.

Исходя из логики обозначенных вопросов существующей проблемы, естественным

является поиск относительно простых и наглядных аналитических методов оценки динамических параметров для класса градиентных адаптивных фильтров произвольной размерности.

Анализ исследований и публикаций.

Известные методы оценки динамических параметров градиентных адаптивных пространственно-временных фильтров базируются на вычислении собственных значений корреляционной матрицы наблюдаемых реализаций [1, 3, 5-7]. Исследование динамических параметров по собственным значениям корреляционной матрицы наблюдений, особенно при большой ее размерности ($N \geq 4$), представляет непростую вычислительную задачу, для решения которой, обычно, используются численные методы или методы статистического моделирования [1, 2, 5]. Кроме того, при систолическом построении многомерных градиентных адаптивных фильтров исследование их динамических параметров по собственным значениям корреляционной матрицы связано с весьма сложными математическими преобразованиями, что в ряде случаев фактически не дает положительных результатов [5, 7].

Проведенный анализ разнообразных источников научной и научно-технической информации указывает, что вопросам разработки различных адаптивных фильтров посвящен целый ряд публикаций, в частности:

– в работах [3, 5, 7] рассмотрено применение методов адаптивного весового суммирования в задачах обнаружения полезного сигнала в недетерминированной помеховой ситуации. Эти методы основаны на оценке градиента критериальной функции и формировании оптимального весового вектора с целью удовлетворения требуемого критерия оптимальности;

– в изданиях [4, 5, 7] отражены особенности прямых алгоритма управления комплексным вектором весовых коэффициентов $\mathbf{W}$, которые базируются на непосредственной оценке элементов корреляционной матрицы шумовых излучений $\mathbf{A}_\Pi$ с последующим её обращением;

– в статьях [6, 8] предложено для повышения эффективности пространственного подавления шумовых помех использовать методы предпроцессорной обработки. В частности, представлены методы ускоренного градиента, сопряженных градиентов с масштабированием, каскадные предпроцессоры с разложением входного процесса на главные компоненты, а также, вариант реализации предпроцессорной обработки путем изменения пространственной структуры приемной антенной решетки.

Невзирая на различную вычислительную сложность, особенности поведения, используемые исходные данные и разнообразные структуры собственных устройств фильтрации, адаптивный алгоритм предназначен минимизировать по среднеквадратическому критерию ошибку приближения ε результата фильтрации к некоторому опорному (эталонному) сигналу $U_{\text{оп}}$:

$$\langle \varepsilon^2 \rangle = \langle U_{\text{оп}}^2 \rangle - 2\mathbf{W}^T \boldsymbol{\Omega} + \mathbf{W}^T \mathbf{A}_\Pi \mathbf{W} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $\langle * \rangle$ – операция статистического усреднения; $\mathbf{A}_\Pi = \langle \mathbf{X}\mathbf{X}^T \rangle$ – корреляционная матрица вектора-столбца комплексных амплитуд шумовых излучений $\mathbf{X}$ на входе устройства фильтрации; $\boldsymbol{\Omega} = \langle U_{\text{оп}} \mathbf{X} \rangle$ – вектор-столбец взаимных корреляционных функций рассогласования между опорным сигналом $U_{\text{оп}}$ и составляющими вектора входных сигналов $\mathbf{X}$; $\mathbf{W}$ – вектор весовых коэффициентов, оптимизация которых направлена на поиск экстремума (здесь минимизацию) функции

рассогласования $f(\varepsilon) = \langle \varepsilon^2 \rangle$.

Установленный критерий минимума функции рассогласования $f(\varepsilon)$ может быть использован как мера качества функционирования некоторой модели многомерной системы адаптации. Данная функция, как известно [1-5], достигает точки минимума при условии, что её градиент по составляющим весового вектора $\mathbf{W}$ равен

$$\nabla f(\varepsilon) = \mathbf{A}_\Pi \mathbf{W} - \boldsymbol{\Omega} = \mathbf{0}. \quad (2)$$

Способ управления весовым вектором $\mathbf{W}$ произволен и определяется конкретной прикладной задачей.

Практическая реализация условия (2) предполагает наличие в адаптивной (независимо от ее назначения) системе цепи корреляционной обратной связи [1, 4, 5]. В недетерминированной помеховой ситуации гарантировать устойчивости и сходимость N -мерного алгоритма адаптации с корреляционной обратной связью не представляется возможным.

Поэтому на этапе проектирования адаптивных информационно-измерительных систем целесообразно располагать аналитической зависимостью качества подавления активных шумовых излучений от динамических параметров цепи корреляционной обратной связи.

Цель статьи: исследовать влияние динамических параметров N -мерного градиентного алгоритма адаптации на качество подавления активных шумовых излучений.

Основная часть

С целью исследования динамических параметров многомерного градиентного алгоритма адаптации необходимо представить градиент функции ошибки (2) в форме, приемлемой для практических вычислений. Для этого вместо градиентной функции (2) вычисляется его оценка $\hat{\nabla} f(\varepsilon)$, среднее значение которой, ввиду ее несмещённости, совпадает с истинной величиной градиента. В таком случае закон функционирования цепи корреляционной обратной связи адаптивного фильтра для нулевых начальных условий может быть представлен в виде [4]

$$\mathbf{W} = \gamma \Phi(p) \varepsilon \mathbf{X}, \quad (3)$$

где $\Phi(p)$ – функция передачи по Лапласу узкополосного фильтра-интегратора с

постоянной времени T ; $\varepsilon = U_{\text{оп}} - \mathbf{W}^T \mathbf{X}$ – ошибка приближения к эталону; γ – крутизна регулировочной характеристики. Узкополосность фильтра-интегратора позволяет считать статистически независимыми процессы изменения весового вектора и флуктуаций комплексных огибающих входных сигналов $\mathbf{X}$.

Для исследования динамических параметров многомерного градиентного адаптивного фильтра представим процесс функционирования цепи управления (3) в форме дифференциального уравнения относительно весового вектора $\mathbf{W}(t)$

$$T \frac{d\mathbf{W}(t)}{dt} + (\mathbf{I} + \gamma \mathbf{A}_{\Pi}) \mathbf{W}(t) = \gamma \mathbf{\Omega}, \quad (4)$$

где $\mathbf{I}$ – единичная матрица размерности $N \times N$; $\mathbf{W}(t)$ – усреднённое по множеству входных реализаций в каждый момент времени значение весового вектора.

Выражение (4) описывает процесс функционирования цепи корреляционной обратной связи многомерного градиентного адаптивного фильтра в стационарных условиях. При большой размерности матрицы $\mathbf{A}_{\Pi}$ и отличии её от диагональной, точное решение дифференциального уравнения (4) в аналитическом виде

$$\mathbf{W}_{\text{опт}} = \gamma (\mathbf{I} + \gamma \mathbf{A}_{\Pi})^{-1} \mathbf{\Omega} \quad (5)$$

является сложной вычислительной задачей. Для упрощения решения уравнения (4) необходимо преобразовать вектор весовых коэффициентов $\mathbf{W}(t)$ в новую систему координат, состоящую из собственных векторов корреляционной матрицы $\mathbf{A}_{\Pi}$. В этом случае преобразованные переменные будут независимы и равны

$$\mathbf{Z}(t) = \mathbf{H}^T \mathbf{W}(t), \quad (6)$$

где $\mathbf{H}$ – матрица невырожденного унитарного преобразования, удовлетворяющая условию $\mathbf{H}^T \mathbf{H} = \mathbf{I}$.

Выполнив унитарное преобразование над системой уравнений (4), получим

$$T \frac{d\mathbf{Z}(t)}{dt} + (\mathbf{I} + \gamma \mathbf{\Lambda}) \mathbf{Z}(t) = \gamma \mathbf{B}, \quad (7)$$

где $\mathbf{\Lambda} = \mathbf{H}^T \mathbf{A}_{\Pi} \mathbf{H}$ – диагональная матрица, составленная из собственных значений λ_i корреляционной матрицы $\mathbf{A}_{\Pi}$; $\mathbf{B} = \mathbf{H}^T \mathbf{\Omega}$ – результат унитарного преобразования вектора $\mathbf{\Omega}$.

Решение дифференциального уравнения (7) имеет следующий вид

$$\mathbf{Z}_{\text{опт}} = \mathbf{H}^T \mathbf{W}_{\text{опт}} = \gamma (\mathbf{I} + \gamma \mathbf{\Lambda})^{-1} \mathbf{B}. \quad (8)$$

В результате $\mathbf{H}$ – преобразования многосвязная N -мерная система дифференциальных уравнений (4) распадается на систему из N независимых скалярных уравнений с постоянными коэффициентами

$$T \frac{dz_i(t)}{dt} + (1 + \gamma \lambda_i) z_i(t) = \gamma b_i; \quad i \in \overline{1, N}, \quad (9)$$

где $z_i(t)$ – составляющие вектора $\mathbf{Z}(t)$.

Учитывая, что переходные процессы для каждой составляющей вектора $\mathbf{Z}(t)$ будут независимы, их анализ сводится к рассмотрению поведения произвольной составляющей $z_i(t)$, представленной в дискретной форме

$$z_i(n+1) = z_i(n) - \frac{1 + \gamma \lambda_i}{T \cdot \Delta F} [z_i(n) - z_{\text{опт}}], \quad (10)$$

где n – номер шага адаптации; ΔF – ширина спектра входного процесса; $z_{\text{опт}}$ – дискретные составляющие весового вектора $\mathbf{Z}_{\text{опт}}$, определяемые из соотношения (8).

Выполнив несколько итераций, можно получить решение уравнения (10) для произвольного шага адаптации, которое соответствует нулевым начальным условиям

$$z_i(n) = z_{\text{опт}} - z_{\text{опт}} \left(1 - \frac{1 + \gamma \lambda_i}{T \Delta F} \right)^{n-1}. \quad (11)$$

Представим решение уравнения процесса адаптации (11) в матричной форме

$$\mathbf{Z}(n) = \mathbf{Z}_{\text{опт}} - \Psi(n) \mathbf{Z}_{\text{опт}}, \quad (12)$$

где $\Psi(n) = \text{diag} \left[\left(1 - \frac{1 + \gamma \lambda_i}{T \Delta F} \right)^{n-1} \right]$ – диагональная матрица размерности $N \times N$, которая при N

невырожденных собственных значениях матрицы $\mathbf{A}_n$ состоит из коэффициентов, определяющих динамические свойства градиентного адаптивного фильтра; $i \in \overline{1, N}$.

В базисе, образованном собственными векторами матрицы, выражение среднеквадратической ошибки фильтрации (1) на каждом шаге адаптации можно представить следующим виде

$$\langle \varepsilon^2(n) \rangle = \langle U_{\text{оп}}^2 \rangle - 2\mathbf{Z}^T(n)\mathbf{B} + \mathbf{Z}^T(n)\mathbf{\Lambda}\mathbf{Z}(n). \quad (13)$$

Выполнив подстановку выражения (12) в уравнение (13), получим

$$\langle \varepsilon^2(n) \rangle = \langle \varepsilon_{\min}^2 \rangle + \mathbf{Z}_{\text{опт}}^T \Psi^T(n) \mathbf{\Lambda} \Psi(n) \mathbf{Z}_{\text{опт}}, \quad (14)$$

где $\langle \varepsilon_{\min}^2 \rangle = \langle U_{\text{опт}}^2 \rangle - 2\mathbf{Z}_{\text{опт}}^T \mathbf{B} + \mathbf{Z}_{\text{опт}}^T \mathbf{\Lambda} \mathbf{Z}_{\text{опт}}$ – минимальное значение среднеквадратической ошибки фильтрации в установившемся режиме.

Учитывая, что для всех значений λ_i выполняется условие $\gamma\lambda_i \gg 1$, выражение, описывающее весовой вектор (8) в установившемся режиме, можно представить как

$$\mathbf{Z}_{\text{опт}} = \mathbf{\Lambda}^{-1} \mathbf{B}. \quad (15)$$

Соответственно, выполнив подстановки выражений для минимального значения среднеквадратической ошибки (14) и установившегося значения весового вектора (15), получим

$$\begin{aligned} \langle \varepsilon^2(n) \rangle &= \langle U_{\text{опт}}^2 \rangle - \mathbf{B}^T \mathbf{\Lambda}^{-1} \mathbf{B} + \\ &+ \mathbf{B}^T \mathbf{\Lambda}^{-1} \Psi^T(n) \mathbf{\Lambda} \Psi(n) \mathbf{\Lambda}^{-1} \mathbf{B}. \end{aligned} \quad (16)$$

Полученный результат позволяет определить величину среднеквадратической ошибки на произвольном шаге адаптации. Представив (16) через скалярные составляющие матричных сомножителей $\mathbf{B}$, $\mathbf{\Lambda}$, и $\Psi(n)$, получим выражение среднеквадратической ошибки для N невырожденных собственных значений матрицы $\mathbf{A}_n$

$$\langle \varepsilon^2(n) \rangle = \langle U_{\text{опт}}^2 \rangle - \sum_{i=1}^N \frac{b_i^2}{\lambda_i} \left[1 - \left(\frac{\gamma\lambda_i}{T\Delta F} \right)^{2(n+1)} \right]. \quad (17)$$

Анализ выражения (17) показывает, что для стационарных случайных процессов с шириной

спектра ΔF динамические параметры многомерного градиентного фильтра адаптации определяются множителями

$$\xi_i = 1 - \frac{\gamma\lambda_i}{T\Delta F}, \quad (18)$$

которые зависят от величины собственных значений λ_i корреляционной матрицы излучений $\mathbf{A}_n$. Динамические множители ξ_i определяют сходимость и устойчивость процесса установления оптимального значения весового вектора многомерного градиентного адаптивного фильтра по каждой из его координат. В частности:

– процесс адаптации градиентного фильтра является устойчивым и сходящимся, если для всех собственных значений λ_i матрицы $\mathbf{A}_n$ выполняется неравенство $|\xi_i| < 1$;

– процесс адаптации расходится, что равносильно потере устойчивости цепи управления градиентного адаптивного фильтра, если хотя бы одно собственное значение λ_i матрицы $\mathbf{A}_n$ не удовлетворяет условию $|\xi_i| < 1$;

– сходимость процесса адаптации достигает своего максимума в случае хорошей обусловленности матрицы $\mathbf{A}_n$, когда все собственные значения λ_i равны между собой и удовлетворяют неравенству $|\xi_i| < 1$;

– процесс адаптации устойчив, но наблюдается перерегулирование и снижение скорости адаптации, когда для каждого собственного значения λ_i выполняется условие $-1 < \xi_i < 0$.

Принимая во внимание возможный разброс собственных значений матрицы $\mathbf{A}_n$, условие устойчивости и сходимости процесса адаптации многомерного градиентного адаптивного фильтра может быть сформулировано в виде

$$T\Delta F > \gamma\lambda_{\max}. \quad (19)$$

Максимальное собственное значение корреляционной матрицы $\mathbf{A}_n$ равно

$$\lambda_{\max} \leq \text{tr} \mathbf{A} = \sum_{i=1}^N a_{ii} = \sum_{i=1}^N \langle U_i^2 \rangle = N(P_{\text{II}} + P_{\text{III}}), \quad (20)$$

где $\text{tr} \mathbf{A}$ – след корреляционной матрицы $\mathbf{A}_n$.

Здесь $P_{\Sigma} = N(P_{\text{II}} + P_{\text{III}})$ – полная мощность,

состоящая из мощности P_{Π} от одного внешнего источника излучений и мощности внутренних шумов системы P_{Σ} . Очевидно, что устойчивость и сходимость процесса адаптации градиентного фильтра гарантирована при условии

$$T\Delta F \geq \gamma P_{\Sigma}. \quad (21)$$

Соотношения (20) и (21) позволяют:

– во-первых, качественно оценить параметры цепи обратной связи, гарантирующие устойчивость и сходимость алгоритма адаптации для заданного значения мощности излучения;

– во-вторых, аналитически связать устойчивость и сходимость (при прочих равных условиях) с полной мощностью излучений.

Следуя логике рассуждений, несложно показать, что при фиксированных значениях коэффициентов передачи цепей управления $K_i(n)=1$, справедливо

$W_{1\text{опт}} = W_{2\text{опт}} = \dots = W_{N\text{опт}}$. В этом случае множители $\xi_i(n)$ имеют одинаковое значение для всех координат весового вектора $\mathbf{W}(n)$. Следовательно, используя (21) и при условии $\gamma \mathbf{A}_{\Pi} \gg \mathbf{I}$, можно записать

$$\xi(n+1) = \left[1 - \frac{\gamma P_{\Sigma}}{T\Delta F} \left(1 + N \frac{P_{\Pi}}{P_{\Sigma}} \right) \right] \xi(n). \quad (22)$$

Учитывая выражение (22) и опуская ряд процедурных операций преобразования, представим процесс адаптации N -мерного пространственно-временного фильтра в таком виде

$$\mathbf{W}(n) = W_{\text{опт}} [1 - \xi(n)] \cdot \mathbf{e}, \quad (23)$$

где $W_{\text{опт}} = \frac{P_{\Pi}}{NP_{\Pi} + P_{\Sigma}}$ – оптимальное значение весового коэффициента; $\mathbf{e}$ – единичный вектор;

$\xi(n) = \left[1 - \frac{\gamma P_{\Sigma}}{T\Delta F} \left(1 + N \frac{P_{\Pi}}{P_{\Sigma}} \right) \right]^{n-1}$ – динамические

множители, отражающие взаимосвязи характеристик внешней среды и параметров адаптивного пространственно-временного фильтра.

Для оценки качества подавления активных шумовых излучений на выходе N -мерного адаптивной системы выбирается отношение

мощностей помех на входе $P_{\text{вх}}$ и выходе $P_{\text{вых}}$ [2, 4, 8]

$$K_{\Pi} = \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вых}}}, \quad (24)$$

где K_{Π} – коэффициент подавления помех.

Используя выражения (1) и (23) получаем зависимость $P_{\text{вых}}(n) = f[\mathbf{W}(n)]$ и определяем значение коэффициента подавления на произвольном шаге адаптации N -мерной системы

$$K_{\Pi}(n) = \left\{ 1 - \frac{NP_{\Pi}^2 \cdot [1 - \xi^2(n)]}{(NP_{\Pi} + P_{\Sigma}) \cdot (P_{\Pi} + P_{\Sigma})} \right\}^{-1}. \quad (25)$$

В представленном выражении (25) динамический множитель

$$|\xi| = \left| 1 - \frac{\gamma P_{\Sigma}}{T\Delta F} \cdot \left(1 + N \frac{P_{\Pi}}{P_{\Sigma}} \right) \right| \quad (26)$$

определяет условия сходимости и устойчивости процесса адаптации N -канального пространственно-временного фильтра с параллельной структурой весового сумматора и общей цепью управления. Анализ взаимозависимостей показателя качества подавления шумовых излучений и динамических параметров, представленных выражениями (23)–(26), показывает, что возрастание отношения помеха/шум и расширение размерности адаптивного фильтра эквивалентно увеличению коэффициента передачи цепи обратной связи. При таких условиях значение величины динамического множителя уменьшается, что равнозначно возрастанию скорости сходимости процесса адаптации. Значение величины сходимости достигает своего максимума, когда $\xi = 0$. Если $|\xi| > 1$, то цепь управления теряет устойчивость, и процесс адаптации (26) расходится.

На рис. 1 приведен пример зависимости динамического множителя N -мерного адаптивного фильтра $\xi(n)$ (для N равно: 1; 3; 10; 20) от отношения мощностей помеха/шум на его входе при фиксированных уровне внутренних шумов $\gamma P_{\Sigma} = 1$ и постоянной времени фильтра-интегратора в цепи обратной связи $T\Delta F = 10^3$.

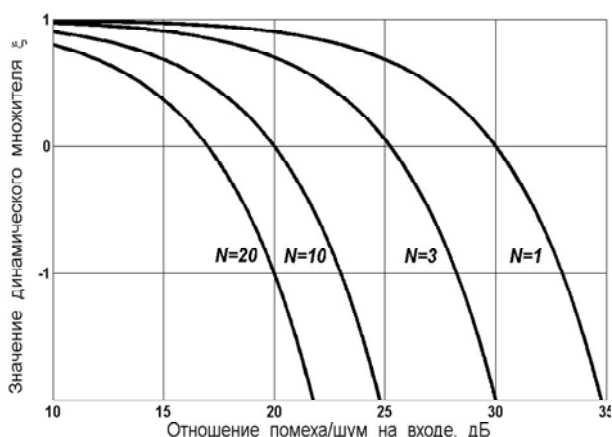


Рисунок 1 – Зависимость динамических множителей фильтра от мощности помехи на его входе

Сравнительный анализ полученных зависимостей (рис. 1) показывает, что при увеличении размерности фильтра область устойчивости ($|\xi| < 1$) сужается. В частности, область устойчивости адаптивного десятиканального фильтра ограничена относительным уровнем внешнего помехового излучения 23 дБ, в то время как граница области устойчивости одномерного фильтра возрастает до значения 33 дБ.

Учитывая, что максимальная величина сходимости имеет место при $\xi = 0$, несложно определить (рис. 1), что сходимость одномерного процесса адаптации достигается своего потенциального значения при отношении помеха/шум равном 30 дБ, а для трехмерного процесса – 25 дБ.

На рис. 2 и 3 изображены зависимости коэффициента подавления помехи $K_{\Pi}(n)$ от номера шага адаптации, соответственно, для трехканальной и одноканальной структур адаптивного фильтра при заданных значениях отношения помеха/шум и фиксированном параметре цепи управления $T\Delta F = 10^3$. Из результатов анализа кривых следует, что при отношениях помеха/шум менее 25 дБ параметры обеих структур фильтров находятся в пределах запаса устойчивости.

Приведенные на рис. 2 кривые указывают на сокращение времени, в течение которого коэффициент подавления помехи $K_{\Pi}(n)$ достигает своего потенциального значения. Превышение помехой уровня мощности в 25 дБ существенно затягивает процесс адаптации фильтра, что свидетельствует о

перерегулировании переходного процесса (условие $-1 < \xi_i < 0$, рис. 1), и, как правило, в дальнейшем приводит к потере устойчивости градиентного алгоритма.

В аналогичных условиях переходной процесс одномерного адаптивного фильтра является сходящимся (рис. 3). Его запас устойчивости, составляющий примерно 30 дБ (рис. 1), превосходит ресурс устойчивости трехканального адаптивного пространственно-временного фильтра.

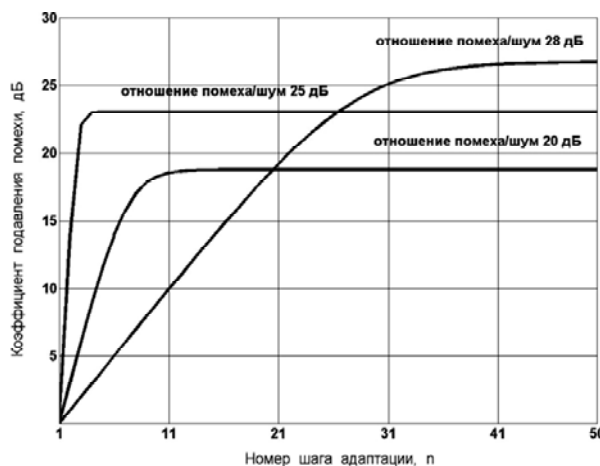


Рисунок 2 – Значение $K_{\Pi}(n)$ на каждом шаге адаптации трехканального фильтра

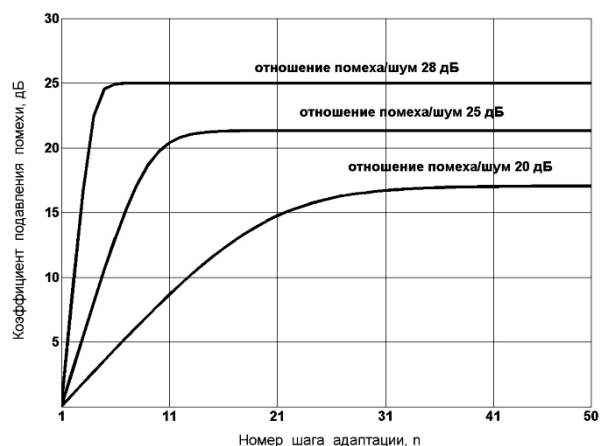


Рисунок 3 – Значение $K_{\Pi}(n)$ на каждом шаге адаптации одноканального фильтра

Выводы

Материал статьи затрагивает только отдельные вопросы проблемы стабилизации динамических параметров адаптивных информационно-измерительных систем в условиях априорной неопределенности. Представленные исследования сводятся к оценке влияния сходимости и устойчивости процесса адаптации пространственно-временного фильтра на показатель качества подавления шумовых

излучений. При этом, основное внимание уделяется методу динамических множителей, который дополняет известные методы анализа устойчивости адаптивных систем в недетерминированной помеховой ситуации.

Список использованных источников

1. Адаптивные фильтры / [П. М. Грант, К. Ф. Н. Коуэн, Б. Фридлендер и др.]; под ред. К. Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта; пер. с англ. Н. Н. Лихацкой. – М.: Мир, 1988. – 392 с.
2. Кузьмин С. З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию / Кузьмин С. З. – К.: Издательство КВІЦ, 2000. – 428 с.
3. Обработка сигналов в многоканальных РЛС / [А. П. Лукошкин, С. С. Каринский, А. А. Шаталов и др.]; под ред. А. П. Лукошкина. – М.: Радио и связь, 1983. – 328 с.
4. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / [Ю. И. Лосев, А. Г. Бердников, Э. Ш. Гойхман, Б. Д. Сизов]; под ред. Ю. И. Лосева. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.
5. Монзинго Р. А. Адаптивные антенные

решётки. Введение в теорию / Р. А. Монзинго, Т. У. Миллер; пер. с англ. под ред. В. А. Лексаченко. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.

6. Гусев С. И. Повышение скорости сходимости адаптации в системе обработки сигналов с оптимизацией пространственной структуры / С. И. Гусев, Ю. Н. Паршин // Вестник РГРТУ. – Рязань, 2011. – № 3 (37). – С. 21-34.

7. Ратынский М. В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решётках / Ратынский М. В. – М.: Радио и связь, 2003. – 200 с.

8. Кошелев В. И. Повышение эффективности алгоритмов защиты РЛС от активных шумовых помех / В. И. Кошелев, Е. С. Штрунова // Вестник РГРТУ. – Рязань, 2011. – № 3 (37). – С. 27-31.

Поступила в редакцию 20.05.2013

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

В. В. Скачков, д.т.н., О. М. Єфимчиков, к.т.н., В. І. Павлович, С. С. Ковалішин

ОЦІНКА ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАДІЄНТНИХ АЛГОРИТМІВ АДАПТАЦІЇ НА ЯКІСТЬ ПРИДУШЕННЯ ШУМОВИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Методами динамічних множників і унітарних перетворень досліджений вплив динамічних параметрів на ефективність придушення активних шумових випромінювань на виході N-мірного адаптивного фільтра інформаційно-вимірювальної системи. Установлено аналітичну залежність коефіцієнта придушення шумової перешкоди від динамічних параметрів: збіжності й стійкості градієнтного процесу адаптації довільної розмірності. Показано вплив енергетичних параметрів шумових випромінювань, розмірності адаптивної системи й параметрів ланцюга адаптивного управління на запас стійкості й збіжність багатомірного градієнтного алгоритму адаптації.

Ключові слова: градієнтний алгоритм адаптації, багатомірний просторово-часовий фільтр, кореляційна матриця шумових випромінювань, власне значення, динамічні параметри, стійкість, збіжність, ваговий вектор, коефіцієнт придушення, коефіцієнт передачі ланцюга зворотного зв'язку.

V. V. Skachkov, DSc, A. N. Efimchikov, PhD, V. I. Pavlovich, S. S. Kovalishin

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF DYNAMIC PARAMETERS OF GRADIENT ALGORITHMS OF ADAPTATION ON QUALITY OF SUPPRESSION OF NOISE RADIATIONS

Methods of dynamic multipliers and unitary transformations investigated influence of dynamic parameters on efficiency of suppression of active noise radiations at the exit N-dimensional the adaptive filter of information and measuring system. Analytical dependence of coefficient of suppression of a noise hindrance on dynamic parameters is established: convergence and stability of gradient process of adaptation of any dimension. Influence of power parameters of noise radiations is shown, to dimension of adaptive system and parameters of a chain of adaptive management on a stock of stability and convergence of multidimensional gradient algorithm of adaptation.

Keywords: gradient algorithm of adaptation, multidimensional existential filter, correlation matrix of noise radiations, own value, dynamic parameters, stability, convergence, weight vector, coefficient of suppression, coefficient of transfer of a chain of feedback.

О. І. Лещенко, к.т.н., О. Ф. Дяченко, к.т.н., В. Т. Беліков, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАТЯГУ ГНУЧКИХ ПЕРЕДАЧ ПІДЙОМНИХ МЕХАНІЗМІВ

Досліджено математичну модель систем натягу гнучких передач з урахуванням зміни кута підйомних механізмів. Математична модель дозволяє аналітично досліджувати параметри ділянок провисання механізмів при зміні кута підйому, а також, при використанні приводних і направляючих коліс різного розміру. Адаптивне управління натягом гнучкої передачі дозволяє понизити витрати енергії при зміні навантаження.

Ключові слова: математична модель, передачі з гнучким зв'язком, системи управління натягом

Вступ

Рішення завдань визначення параметрів провисання ланцюгів, тросів, дротів ліній електропередач, висних мостів, тросів канатних доріг і інших, схожих з ними об'єктів, наприклад, стрічок транспортерів, гусеничних стрічок рушіїв гусеничних транспортних засобів, а так само ланцюгових передач робляться методами теоретичної механіки. Проте, незважаючи на широке застосування відомих методик, багато прикладних завдань до теперішнього часу не мають строгих аналітичних рішень. Усі ці об'єкти теоретично представляються у вигляді гнучких нерозтяжних ниток, підвішених по кінцях між двома опорами і що знаходяться під дією вертикального навантаження, безперервно розподіленого по усій довжині нитки. Безпосередньо провисання нитки вивчене досить давно [1-3].

Математична модель, що дозволяє визначати параметри окремих провисаючих ділянок механізмів з гнучким зв'язком детально розглянута в роботах [4, 5]. Частіше зустрічаються випадки, де такі передачі працюють з розташуванням приводних (що направляють) коліс не на одній лінії. Типовим прикладом такого завдання є розрахунок параметрів поведінки стрічки транспортера при зміні кута підйому і при зміні радіусу його коліс. Досліджено, що адаптивне управління натягом стрічки дозволяє понизити витрати енергії при зміні навантаження. В якості механізму для адаптивного змінення натягу рекомендовано застосування механізму з лінійним переміщенням направляючого колеса на основі роликів-винтового приводу [5].

Як і в раніше вирішених завданнях, в роботі враховано, що провисаюча ділянка підвішена не до фіксованих опор, а плавно лягає на колесо, в строгій залежності точок підвісу від параметрів самої «нитки» і розмірів кожного з коліс.

Розміщення стрічки транспортера в системі координат показане на рис. 1, де $|BA|$ – ділянка провисання, а ділянки $|EB|$ і $|AD|$ лежать на колесі. При цьому точки А і В є точками підвісу ділянки провисання $|BA|$. Головним завданням вважатимемо визначення параметрів ділянки провисання з урахуванням зміни координат точок підвісу.

Розглянемо методику розрахунку параметрів провисання стрічки транспортера при зміні кута підйому і радіусу направляючого колеса.

Для визначення координат точки сходу стрічки з колеса складена система з двох рівнянь. Припустимо, що стрічка транспортера – важка нерозтяжна однорідна нитка, праве і ліве колеса різного діаметру і на рівні, визначеному кутом α . Врахуємо, що при вказаних обмеженнях графік провисання стрічки не буде симетричний відносно точки максимального провисання – С.

За раніше запропонованою методикою перше рівняння є сумою довжин ділянки провисання і ділянки, яка лежить на колесі. Загальна довжина усієї верхньої вітки при переміщенні правого колеса на кут α не змінюється. Точку сходу стрічки з колеса визначає умова рівності похідних в точці А і В. Визначимо вказані рівняння, згідно їх розміщення на графіці (див. рис. 1).

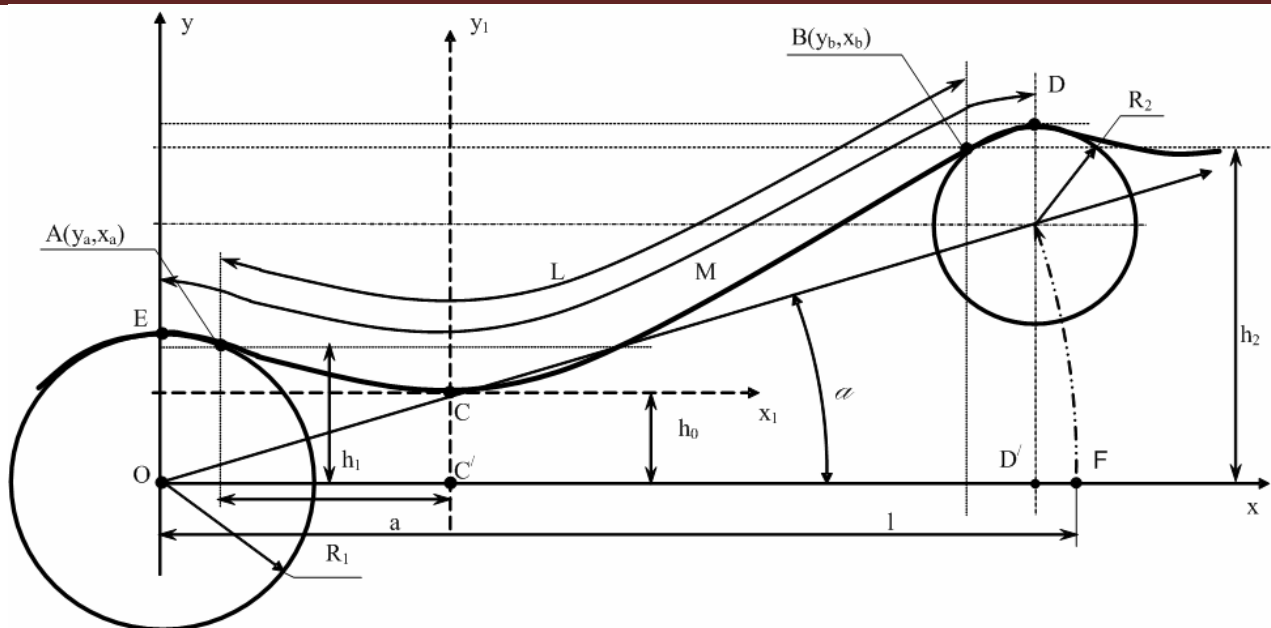


Рисунок 1 – Розміщення верхньої вітки стрічки транспортера в системі координат при зміні кута підйому і радіусу направляючого колеса

Введемо позначки параметрів, які розраховуються або використовуються при розрахунках:

H , Н – мінімальна горизонтальна складова сили натягу ланцюгової лінії;

α , град – кут підйому направляючого колеса;

h_1 і h_2 – ордината точок підвісу провисаючої ділянки, y_a і y_b , відповідно;

q , Н/м – питома вага стрічки (ланцюга);

R_1 , м – радіус приводного колеса;

R_2 , м – радіус ведучого (що направляє) колеса;

x_a , x_b м – абсциса точки сходу стрічки (ланцюга) з колеса;

l , м – відстань між центрами коліс;

L , м – довжина частини стрічки (ланцюга), що провисає;

M , м – довжина частини стрічки (ланцюга), що залишається на колесі;

f , м – висота провисання стрічки (ланцюга).

Перше рівняння системи – сума довжин усіх ділянок

$$L = |AB_{\text{пл}}| + |CA_{\text{крА}}| + |BD_{\text{крВ}}|.$$

Рівняння кіл:

1. Коло А з центром на початку координат:

$$x_a^2 + y_a^2 = R_a^2;$$

$$y_a = \sqrt{R_a^2 - x_a^2};$$

$$y'_a = \frac{-x_a}{\sqrt{R_a^2 - x_a^2}}.$$

Довжину дуги кола ЕА визначимо як:

$$L_{\text{крА}} = \int_0^{x_a} \sqrt{1 + (f'(x_a))^2} = R_a \cdot \arcsin \frac{x_a}{R_a}.$$

Коло В, що знаходиться на відстані l і піднята на кут α :

У системі координат $X_1 O_1 Y_1$

$$x_1^2 + y_1^2 = R_b^2,$$

тоді:

$$(x - OF)^2 + (y - O_1F)^2 = R_b^2,$$

де

$$|OF| = l \cdot \cos \alpha,$$

$$|O_1F| = l \cdot \sin \alpha.$$

Остаточно для нашого випадку рівняння другого кола набирає вигляду:

$$y = l \sin \alpha + \sqrt{-x_b^2 - l^2 \cos^2 \alpha + 2x_b l \cos \alpha + R_b^2},$$

а його похідна рівна

$$y' = \frac{l \cos \alpha - x_b}{\sqrt{-x_b^2 - l^2 \cos^2 \alpha + 2x_b l \cos \alpha + R_b^2}}.$$

Довжина дуги BD другого кола

$$L_B = R_b \cdot \arcsin \frac{l \cos \alpha - x_b}{R_b}.$$

Рівняння ланцюгової лінії (з початком координат у вершині ланцюгової лінії).

Довжину ділянки провисання можна визначати в два способи:

1 – виходячи з суми довжин двох ділянок, що лежать на колесах і, як правило, відомої загальної довжини нерозтяжного гнучкого ланцюга

$$L_{\text{цп}} = M - R_b \cdot \arcsin \frac{l \cos \alpha - x_b}{R_b} - R_a \cdot \arcsin \frac{x_a}{R_a};$$

2 – визначаючи параметри рівняння ланцюгової лінії.

Рівняння рівноважної ланцюгової лінії з центром координат в точці найменшого провисання має вигляд

$$y = \frac{H}{q} \left(ch \frac{qx}{H} - 1 \right).$$

При приведенні до загальної системи координат визначені нові координати:

$$x = x_1 - x_0,$$

де $x_0 = a + x_a$;

$$y = y_1 - y_0,$$

де $y_0 = h_a$.

Рівняння рівновісної ланцюгової лінії отримує вигляд

$$y = \frac{H}{q} \left(ch \frac{q(x-a-x_a)}{H} - 1 \right) + h_0.$$

При цьому довжина дуги провисаючої ділянки визначається по відомому рівнянню для визначення довжини дуги

$$L_b = \frac{H}{q} \left(sh \frac{l \cdot \cos \alpha - a - x_a}{H} q + sh \frac{q \cdot a}{H} \right) = \\ = 2 \frac{H}{q} sh \frac{q(x-x_a)}{2H} ch \frac{2a-(x-x_a)}{2H} q$$

де величина a визначається за формулою

$$a = \frac{H}{q} \times \\ \times \operatorname{arth} \frac{l \sin \alpha - \sqrt{-x_b^2 - l^2 \cos^2 \alpha + 2x_b l \cos \alpha + R_b^2} - \sqrt{R_a^2 - x_a^2}}{2 \frac{H}{q} sh \frac{q(x-x_a)}{2H} ch \frac{2a-(x-x_a)}{2H} q} + \\ + \frac{1-x_a}{2}$$

Для визначення координат точок підвісу провисаючої ділянки прирівнюємо похідні в цих точках:

$$sh \frac{q(x-a-x_a)}{H} = \frac{-x_a^2}{\sqrt{R_a^2 - x_a^2}}, \\ sh \frac{q(x-a-x_a)}{H} = R_b \cdot \arcsin \frac{l \cos \alpha - x_b}{R_b}.$$

Висота підйому ланцюгової лінії відносно осі ОХ визначається із співвідношення

$$h_0 = h_1 - \frac{H}{q} \left(ch \frac{qa}{H} - 1 \right).$$

Мінімальну горизонтальну складову визначимо, включивши в систему трансцендентне рівняння [1]

$$sh \frac{(x_b - x_a)q}{2H} = \frac{(x_b - x_a)q}{2H} \sqrt{\frac{L^2}{(x_b - x_a)^2} - \frac{(h_a - h_b)^2}{(x_b - x_a)^2}}.$$

У результаті отримуємо систему (1) з невідомими $x_a, x_b, H, h_a = y_a, h_b = y_b$ та приклади її рішення (див. рис. 2 і рис. 3).

$$\begin{cases}
2 \frac{H}{q} sh \frac{l \cdot \cos \alpha - x_a}{2H} ch \frac{2a - (l \cdot \cos \alpha - x_a)}{2H} + R_a \cdot \arcsin \frac{x_a}{R_a} + R_b \cdot \arcsin \frac{l \cos \alpha - x_b}{R_b} = M \\
\frac{H}{q} arth \frac{l \sin \alpha - \sqrt{-x_b^2 - l^2 \cos^2 \alpha + 2x_b l \cos \alpha + R_b^2} - \sqrt{R_a^2 - x_a^2}}{2 \frac{H}{q} sh \frac{q(x - x_a)}{2H} ch \frac{2a - (x - x_a)}{2H} q} + \frac{1 - x_a}{2} - a = 0 \\
sh \frac{(x_b - x_a)q}{2H} = \frac{lq}{2H} \sqrt{\frac{L^2}{(x_b - x_a)^2} - \frac{(h_a - h_b)^2}{(x_b - x_a)^2}} \\
sh \frac{q(x - a - x_a)}{H} = \frac{-x_a^2}{\sqrt{R_a^2 - x_a^2}} \\
sh \frac{q(x - a - x_a)}{H} = R_b \cdot \arcsin \frac{l \cos \alpha - x_b}{R_b}
\end{cases} \quad (1)$$

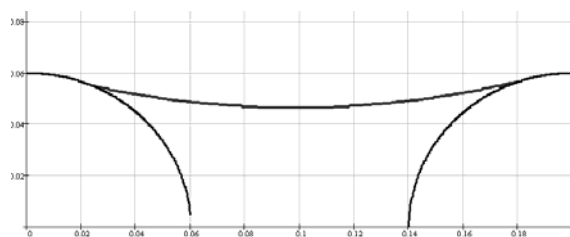
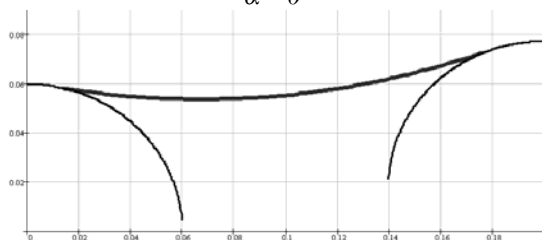
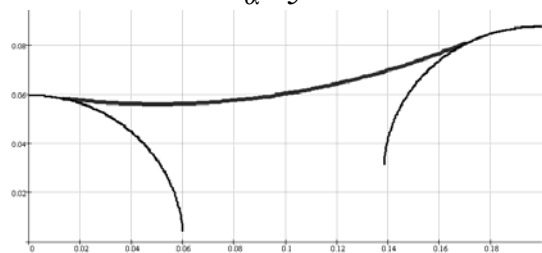
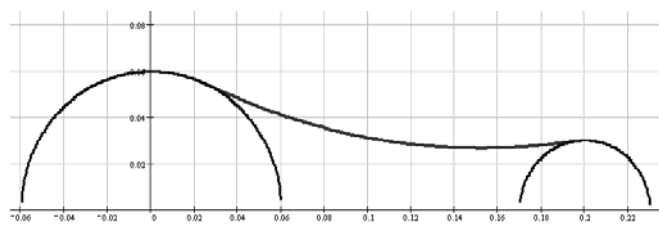
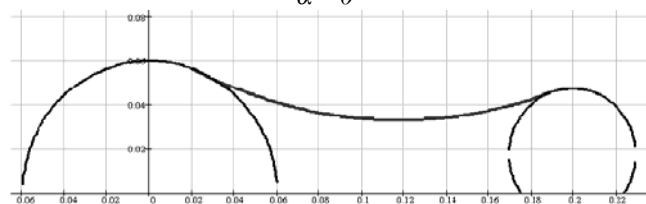
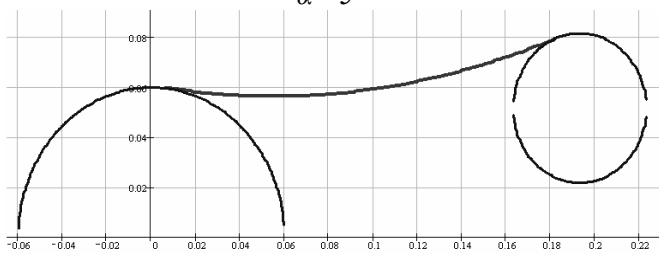
 $\alpha = 0^\circ$  $\alpha = 5^\circ$  $\alpha = 8^\circ$  $\alpha = 0^\circ$  $\alpha = 5^\circ$  $\alpha = 15^\circ$

Рисунок 2 – Провисання стрічки транспортера при зміні кута

Рисунок 3 – Провисання стрічки транспортера при зміні кута з колесами різного радіусу

Висновок

У статті розглянуто рішення наукового завдання, що полягає в практичному застосуванні раніше запропонованих методів і розробці математичної моделі провисання стрічки транспортера із застосуванням рівнянь ланцюгової лінії з урахуванням розмірів блоку або колеса, яка дозволила розробити практичні рекомендації до розрахунків механізмів з

гнучкими зв'язками при зміні кута і діаметру коліс (блоків).

Адаптивне управління натягненням стрічки на основі механізмів з лінійним переміщенням направляючого колеса ролико-винтовим приводом дозволяє понизити витрати енергії при зміні навантаження.

В ході дослідження експериментально виявлено, що раніше відомі методи, які

проводилися розрахунковим способом, мали допущення, що провисаюча ділянка описується параболою. Однак, за допомогою математичної моделі виявлено, що похибки приблизних рахунків незначні тільки в умовах незначних сил натягу і при використанні гнучких передач малої маси. Таким чином, при виході із вказаних умов, похибки натягу можуть привести до значних втрат спожитої енергії, й навіть до порушень в роботі зазначених механізмів і виходу з ладу всього механізму.

Список використаних джерел

1. Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. Теоретическая механика в примерах и задачах: учебное пособие для вузов. – Т.1. Статика и кинематика. – М.: Наука. 1990. – С. 185 - 225.
2. Заблонский К. И. Детали машин. – К.:

Вища шк. Головное изд-во, 1985. – 518 с.

3. Березкин Е. Н. Курс теоретической механики. – М.: изд-во московского университета, 1974. – 518 с.

4. Лещенко О. І., Лещенко О. О. Методика розрахунку параметрів натягу гусеничного обводу рушіїв ГТЗ для забезпечення їх високої працездатності // Зб. наук. пр. ООЛІСВ. – Одеса. – 2006. – № 11. – С. 134-139.

5. Дяченко О. Ф., Лещенко О. І. Стежачий електропривод механізму натягу гусениць рушія гусеничної машини // Зб. наук. пр. ООЛІСВ. – Одеса. – 2005. – № 10. – С. 63-67.

Надійшла до редакції 16.05.2013

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

О. І. Лещенко, к.т.н., А. Ф. Дяченко, к.т.н., В. Т. Беликов, к.т.н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАТЯЖЕНИЯ ГИБКИХ ПЕРЕДАЧ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Исследована математическая модель систем натяжения гибких передач с учетом изменения угла подъемных механизмов. Математическая модель позволяет аналитически исследовать параметры участков провисания механизмов при изменении угла подъема, а также, при использовании приводных и направляющих колес разного размера. Адаптивное управление натяжением гибкой передачи позволяет снизить расходы энергии при изменении нагрузки.

Ключевые слова: математическая модель, передачи с гибкой связью, системы управления натяжением.

O. I. Leshchenko, Ph.D., A. F. Dyachenko, Ph.D., V. T. Belikov, Ph.D.

RESEARCH OF EXACTNESS OF DETERMINATION OF DESCRIPTIONS OF PULL OF FLEXIBLE TRANSMISSIONS OF LIFTING MECHANISMS

Mathematical model of flexible gear's tensioning system considering angle change of lifting mechanisms has been investigated. The mathematical model allows analytically investigate the parameters of sagging areas in mechanisms while changing the angle of elevation, as well as while using driving and steering wheels of different sizes. Adaptive control of flexible gear's tension allows reduce energy consumption when the capacity changes.

Keywords: mathematical model, flexible gear, tension control systems.

О. В. Грабовський, Л. В. Коломісць, д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ПРИНЦИПОВІ ПИТАННЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МУЛЬТИХРОМОСОМНОГО ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Розглядається рішення одного з принципових завдань багатокритеріальної оптимізації показників якості інформаційно-обчислювальної системи. Показується, що воно може бути отримане з використанням мультихромосомного генетичного алгоритму. Рішення дозволяє знайти співвідношення параметрів елементів системи, які найкраще задовольняють заданим критеріям якості на етапах її життєвого циклу.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, показник, якість, оптимізація, генетичний алгоритм

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями. При сучасному розвитку інформаційних технологій визначальне значення для практики підтримки прийняття рішень набувають методи оцінки станів об'єктів. Як правило, при оцінці якості технічних систем до яких відносяться інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), на кожному з етапів їх життєвого циклу виділяються істотні фактори, що спричиняють найбільший вплив на цільову функцію управління, і з урахуванням цих факторів або груп параметрів проводиться оцінка ефективності функціонування об'єкта [1]. На основі прийнятих рішень далі може йти мова про оптимізацію показників якості технічної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що в основі оптимізації технічних систем лежить системний аналіз (СА). Його означення та процедура проведення є, наприклад, у [2]. Результатом СА є вибір з множини можливих варіантів побудови системи на підставі аналізу та перебору, одного варіанту, який буде вважатися оптимальним, тобто задовольняти деякому критерію (критеріям). При аналізі складних систем задача оптимізації розглядається як багатокритеріальна, а її результат – як один з кращих варіантів, що погоджує ряд суперечливих вимог до рішення, яке приймається.

Одним з напрямків СА є вивчення процесів проектування, створення, випробування та експлуатації складних технічних систем з орієнтацією цих процесів на досягнення максимального підвищення якості. У нашому випадку – на побудову оптимальних за співвідношенням показників якості технічних засобів, програмного та інформаційного

забезпечення ІВС. Згідно до загальновідомих означень, якість, як сукупність характеристик об'єкта (системи), що відносяться до його здатності задовольняти встановлені або передбачувані потреби, представляє собою багатовимірний об'єкт, для дослідження якого можуть бути корисні підходи та результати, отримані в результаті системного аналізу.

Галуззю науки, яка вивчає та реалізує методи кількісної оцінки якості об'єктів реального світу, є кваліметрія. Кваліметрія є частиною квалітології – науки про якість. Базуючись на цьому, в основу дослідження, на відміну від відомих методів дослідження ІВС з використанням генетичних алгоритмів (ГА), які мають у своєму підґрунті синергетичні методи, нами покладений саме кваліметричний підхід: в кваліметрії, при аналізі, синтезі та пошуку оптимуму якості об'єктів, можуть застосовуватися методи системного аналізу і навпаки, системний аналіз включає в себе кваліметричну оцінку показників системи.

Т.ч., процес оптимізації якості ІВС можна умовно розділити на п'ять взаємопов'язаних етапів:

- 1) побудова ієрархічної структури системи шляхом послідовного її розчленування на окремі підсистеми та елементи;
- 2) побудова графа (дерева) якості, який дає повну картину якісних і кількісних показників кожної складової та всієї системи в цілому;
- 3) розробка структурно-логічної схеми системи;
- 4) створення узагальненої моделі якості системи;
- 5) пошук оптимуму співвідношення показників якості системи.

Виходячи зі сказаного, формальною **постановкою задачі** є виявлення факту того, чи

повинна модель життєвого циклу кожної складової та системи в цілому визначатися в технічному завданні згідно до діючих стандартів. При цьому необхідно встановити, чи показники якості на кожному етапі життєвого циклу є комплексними показниками і чи ці показники складаються з відповідних показників технічних і програмних засобів та рішень.

Виклад основного матеріалу. На основі розгляду структури ІВС як програмно-апаратної системи, доцільним є формулювання вимог до складу генетичної моделі оцінки якості в цілому і видів забезпечення – зокрема на етапах життєвого циклу: проектуванні, виробництві, експлуатації. Виходячи з цього, необхідно піддати аналізу методи оптимізації якості з урахуванням нечіткої інформації з метою обґрунтування необхідності розробки вдосконаленого методу, орієнтованого на генетичні алгоритми. З цієї точки зору виникає необхідність розгляду критеріїв оптимізації та формулювання пропозицій з комплексної оцінки якості ІВС з урахуванням видів забезпечення і етапів життєвого циклу, а також пропозицій щодо використання структури показників якості та керованих параметрів, які необхідно враховувати при розробці мультихромосомної генетичної моделі оцінки якості ІВС.

У неформальній формі завдання можна трактувати в такий спосіб: *потрібно знайти співвідношення параметрів елементів системи, які щонайкраще задовольняють заданим критеріям якості на всіх етапах життєвого циклу.*

Послідовне виконання пунктів процесу оптимізації приводить до побудови дерева властивостей (рис. 1).

Аналіз приведенного рисунка показує, що листи дерева будуть простими або квазіпростими показниками якості, які характеризують елементи системи; вузли – комплексні показники якості, які характеризують частини системи (підсистеми) та

систему в цілому; а гілки визначають взаємозв'язки між показниками. У якості критеріїв, що визначають якість системи, можуть бути як комплексні показники якості (КПЯ), так і прості або квазіпрості показники (ППЯ). При цьому тут розуміється, що такі показники характеризують лише співвідношення програмно-технічних компонентів системи без урахування економічної складової.

З метою формування цільової функції (ЦФ), розглянемо рис. 2.

Слідуючи з приведенного рисунка та з врахуванням того, що $K_i = \{L_i \cup K_{i+1}^{k_{i+1}}\}$, де K_i – множина показників властивостей i -го ярусу ($i = 1, 2, 3, \dots$), K_{i+1} – множина показників властивостей $i+1$ -го ярусу, k_{i+1} – мірність множини $i+1$ -го ярусу ($k \in \mathbb{N}^+$), L_i – множина ППЯ i -го ярусу ($L_i \subset K_i$), будь-який КПЯ можна представити як суму множин ППЯ поточного ярусу та множин КПЯ наступного ярусу дерева властивостей. Як видно, значення показників будуть векторною оцінкою можливого рішення $f(x) = (f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n))$, таким чином:

$$\text{ЦФ}_1 = f(z_{\text{ППЯ}_1}, z_{\text{ППЯ}_2});$$

$$\text{ЦФ}_2 = f(z_{\text{ППЯ}_3}, z_{\text{ППЯ}_4});$$

$$\begin{aligned} \text{ЦФ}_3 &= f(\text{ЦФ}_1, \text{ЦФ}_2, z_{\text{ППЯ}_5}) = \\ &= (z_{\text{ППЯ}_1}, z_{\text{ППЯ}_2}, z_{\text{ППЯ}_3}, z_{\text{ППЯ}_4}, z_{\text{ППЯ}_5}), \end{aligned}$$

де $\text{ЦФ}_1, \text{ЦФ}_2, \text{ЦФ}_3$ – цільові функції, які відповідно визначають значення $\text{КПЯ}_1, \text{КПЯ}_2, \text{КПЯ}_3; (z_{\text{ППЯ}_1}, \dots, z_{\text{ППЯ}_5})$ – значення $\text{ППЯ}_1, \text{ППЯ}_2, \text{ППЯ}_3, \text{ППЯ}_4$ та ППЯ_5 відповідно.

Узагальнюючи наведені вище вирази на дерево властивостей, запишемо:

$$\begin{aligned} \text{ЦФ}_{rj} &= f(\text{ЦФ}_{1j+1}, \text{ЦФ}_{2j+1}, \dots, \text{ЦФ}_{ij+1}, \dots, \text{ЦФ}_{nj+1}, z_{\text{ППЯ}_{1rj}}, z_{\text{ППЯ}_{2rj}}, \dots, z_{\text{ППЯ}_{arj}}, \dots, z_{\text{ППЯ}_{mrj}}) = \\ &= f(z_{\text{ППЯ}_{1rj}}, z_{\text{ППЯ}_{2rj}}, \dots, z_{\text{ППЯ}_{brj}}, \dots, z_{\text{ППЯ}_{vrj}}), \end{aligned} \quad (1)$$

де: ЦФ_{rj} – цільова функція КПЯ відповідного вузла r ярусу j дерева властивостей ($j = 0, 1, 2, \dots, k-1$); ЦФ_{ij+1} – цільова функція КПЯ вузла i ($i = 1, 2, \dots, n$) ярусу $j+1$ дерева властивостей (параметр функції ЦФ_{rj});

$z_{\text{ППЯ}_{arj}}$ – значення, що ППЯ_{arj} є параметром функції ЦФ_{rj} ($a = 1, 2, \dots, m$); $z_{\text{ППЯ}_{brj}}$ – значення, що ППЯ_{brj} є параметром функції ЦФ_{rj} або функції ЦФ_{ij+1} ; ($b = 1, 2, \dots, v$).

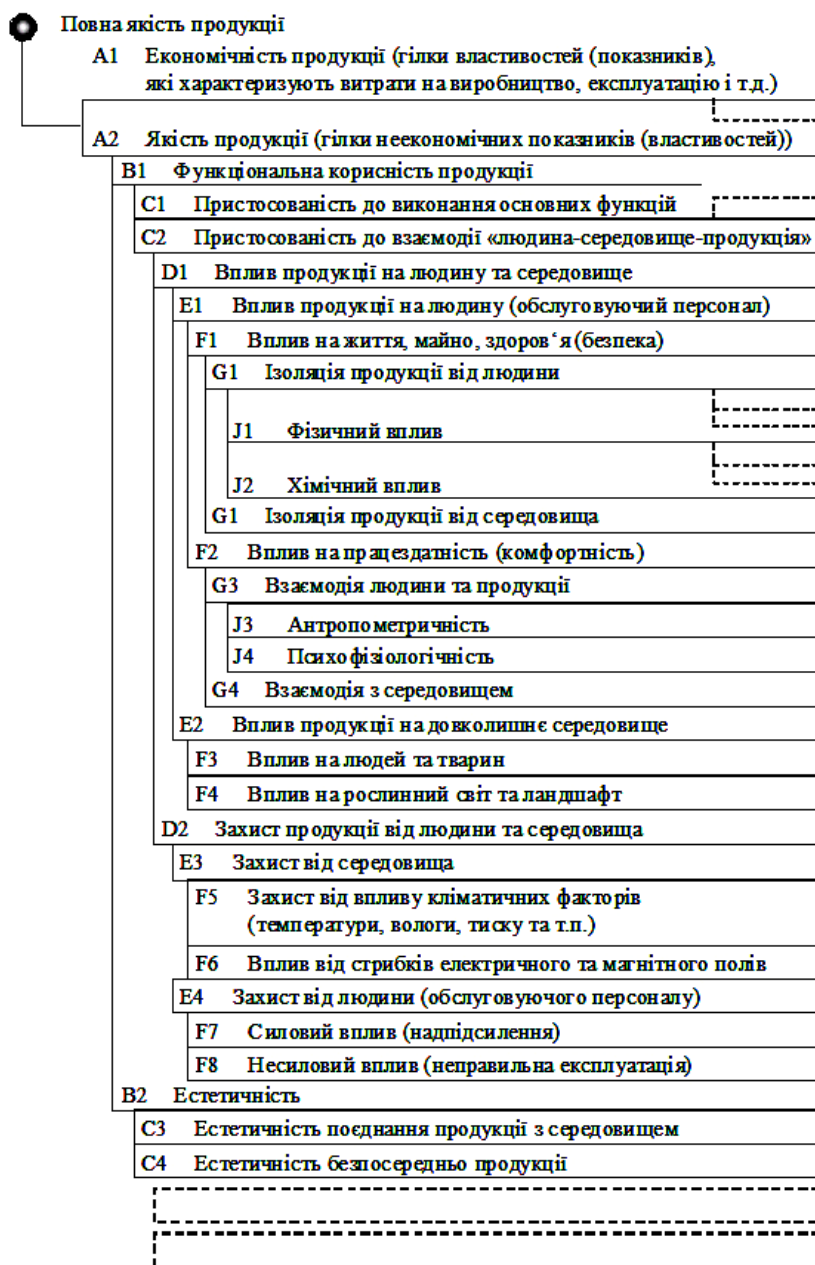


Рисунок 1 – Узагальнене дерево властивостей деякої умовної системи

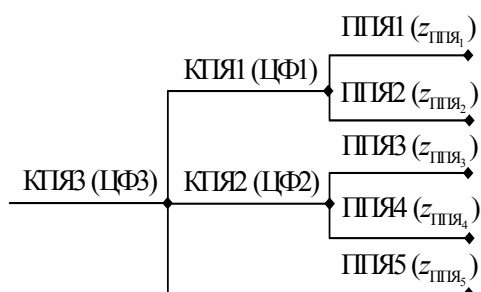


Рисунок 2 – Фрагмент ярусів дерева властивостей

Т.ч., як видно, у процесі моделювання, шляхом послідовного проходження по листах, гілках

та ярусах дерева властивостей, на основі узагальнення коду ППЯ у вигляді $Z_k Y_k X_k \dots B_k A_k A_0$, для кожного з обраних критеріїв по формулі (1) можемо синтезувати вирази для визначення ЦФ. Далі можемо синтезувати особини з використанням мультихромосомного генетичного алгоритму.

Наступна фаза роботи ГА – це формування популяції та циклічне, до виникнення заданої умови виходу із циклу, виконання стандартних ГО по відомих методиках, які достатньо докладно викладені у численній науковій літературі.

Розрахунки значень ЦФ критеріїв є однією з

найбільш важливих задач, розв'язуваних у процесі оптимізації системи. Розглянемо фрагмент дерева властивостей, представлений на рис. 3.

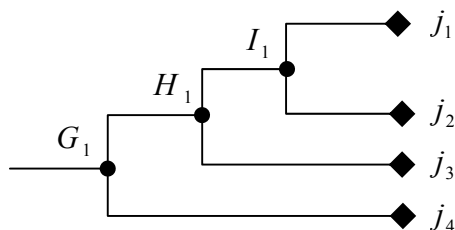


Рисунок 3 – Фрагмент дерева властивостей

$$I_1 = f(J_1, J_2); H_1 = f(I_1, J_3) = f(J_1, J_2, J_3); G_1 = f(H_1, J_4) = f(I_1, J_3, J_4) = f(J_1, J_2, J_3, J_4),$$

де ППЯ J_1, J_2, J_3, J_4 будуть параметрами векторних оцінок.

Вигляд векторних оцінок, які розраховані

Нехай критеріями якості будуть вузли I_1, H_1, G_1 та ППЯ J_3 і J_4 . Тоді, відповідно до вище наведеної методики формування ЦФ, можемо записати:

для критеріїв I_1 та H_1 , приведений на рис. 4, а та 4, б – відповідно.

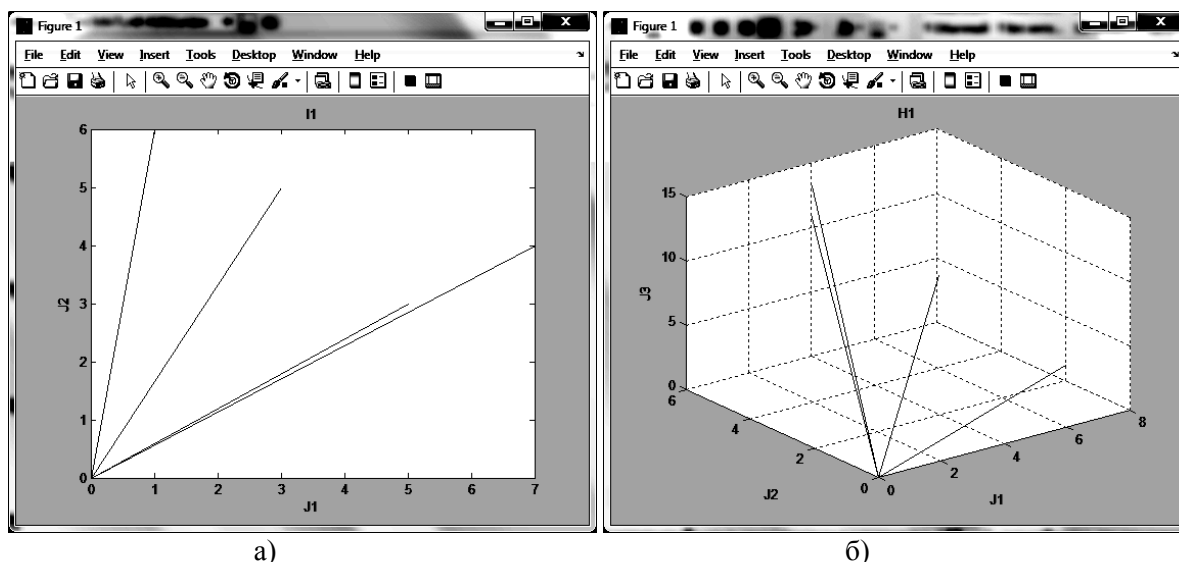


Рисунок 4 – Вигляд векторних оцінок, які розраховані для критеріїв I_1 (а) та H_1 (б)

Визначення функцій приналежності деякої величини нечіткій множини в багатомірних областях визначення, що є декартовим добутком X деякого числа n складових їхніх областей $(X_1, \dots, X_n)$, дане в [3]. Відповідно до теорії нечітких множин, синтезуємо означення для випадку функції бажаності Харрінгтона d , тобто покажемо приналежність векторної оцінки показника якості метричній шкалі Харрінгтона.

Означення 1. Класичним n -арним відношенням R , яке задане на області визначення $Z_{\text{ППЯ}} = Z_1 \times Z_2 \times \dots \times Z_n$, називатимемо впорядковану множину кортежів з n елементів, тобто:

$$R = \left\{ \left((z_1, \dots, z_n), \mu_R(z_1, \dots, z_n) = d \right) \mid (z_1, \dots, z_n) \in Z_{\text{ППЯ}} \right\}$$

де: ППЯ – інтегральний показник якості, який характеризує співвідношення економічної та технічної компонент системи; Z_i – можливі значення i -го ППЯ; $(z_1, \dots, z_n)$ – кортеж, ступінь приналежності якого відношенню R дорівнює:

$$\mu_R(z_1, \dots, z_n);$$

$$d = \mu_R(z_1, \dots, z_n) = 1, \text{ якщо } (z_1, \dots, z_n) \in R;$$

$$d = \mu_R(z_1, \dots, z_n) = 0, \text{ якщо } (z_1, \dots, z_n) \notin R.$$

Функція приналежності класичного відношення відображає область визначення $Z_{\text{ППЯ}}$ на дискретну множину $\{0, 1\}$, тобто:

$$d = \mu_R : Z_1 \times \dots \times Z_n \rightarrow \{0, 1\}.$$

Означення 2. Нечітким n -арним відношенням R , яке задане на області визначення $Z_{\Pi\Lambda} = Z_1 \times Z_2 \times \dots \times Z_n$, називатимемо впорядковану множину кортежів з n елементів, тобто:

$$R = \left\{ \left((z_1, \dots, z_n), \mu_R(z_1, \dots, z_n) = d \right) \mid (z_1, \dots, z_n) \in Z_{\Pi\Lambda} \right\},$$

де: Z_i – можливі значення i -го ППЯ; $(z_1, \dots, z_n)$ – кортеж, ступінь приналежності якого відношенню R дорівнює $\mu_R(z_1, \dots, z_n)$.

Функція приналежності нечіткого відношення відображає область визначення $Z_{\Pi\Lambda}$ на безперервний інтервал $[0,1]$:

$$d = \mu_R(z_1, \dots, z_n) : Z_1 \times \dots \times Z_n \rightarrow [0,1].$$

У загальному випадку функція бажаності Харрінгтона d відношення R являє собою гіперповерхню в $(n+1)$ мірному просторі, де n – кількість ППЯ і/або квазіпростих показників якості формуючого критерію на підставі дерева властивостей (див. рисунки).

Для критеріїв, які мають фізичний смисл (ФК), розрахунок значення ЦФ може бути проведений з використанням аналітичного виразу, який визначає сам ФК. При цьому його параметрами будуть $z_{\Pi\Lambda_i}^{FK_j}$ відповідного етапу життєвого циклу ІВС.

Складемо алгоритм розрахунків значення ЦФ і функції Харрінгтона для ФК:

Крок 1. Вибірка з хромосоми двійкового коду гена, який відповідний i -му ППЯ j -го ФК.

Крок 2. Зворотне перетворення довжин кодових послідовностей генів.

Крок 3. Переклад із заданою точністю двійкового коду гена в десяткове значення. Отримане число буде відповідати значенню ППЯ, кодованому відповідно до додаткової метричної шкали, яка може бути введена за особливими (необхідними) встановленими критеріями.

Крок 4. Переклад кодованого значення ППЯ з додаткової метричної шкали в код шкали Харрінгтона шляхом зсуву отриманого десяткового значення на величину $z'_{\min}$ вліво.

Крок 5. Зворотне перетворення значення ППЯ кодованого у відповідності зі шкалою Харрінгтона зі значення z'_i в z_i , тобто одержання поточного фізичного значення параметра $z_{\Pi\Lambda_i}^{FK_j}$.

Крок 6. Розрахунки значення ФК (довжини вектора – див. рис. 4) з використанням відповідного аналітичного виразу $f_{FK_j} = f(z_{\Pi\Lambda_1}^{FK_j}, \dots, z_{\Pi\Lambda_n}^{FK_j})$, де n – кількість

параметрів (ППЯ), які відносяться до даного критерію.

Крок 7. Розрахунок функції бажаності Харрінгтона d для отриманого значення ФК. Залежно від постановки завдання (визначення припустимих значень ФК – довжин векторів) можливі два варіанти розв'язку.

Варіант 1. Задане чітке обмеження у вигляді лінгвістичного значення з чіткими границями, наприклад: значення ЦФ критерію I_1 (рис. 3)

$\text{ЦФ}_{I_1} = f(J_1, J_2)$ не повинне перевищувати $z_{\max}$ ($z_{I_1} \leq z_{\max}$). У цьому випадку при визначенні d_{I_1} будемо використовувати бінарне відношення $R = \left\{ (z_{I_1}, z_{I_2}), \mu_R(z_{I_1}, z_{I_2}) = d_{I_1} \right\}$, де $d_{I_1} = \{0,1\}$.

Представлення d_{I_1} у вигляді дискретної тривимірної функції приналежності, змодельоване в LabVIEW, приведене на рис. 5.

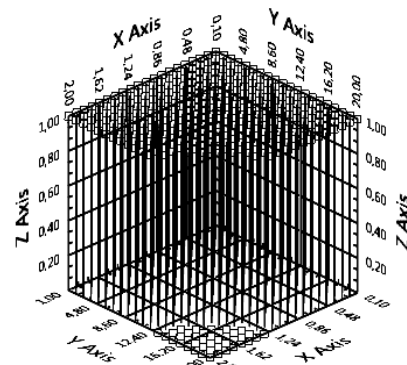


Рисунок 5 – Розраховане представлення d_{I_1} у вигляді дискретної тривимірної функції приналежності, де вісь Z відповідає функції бажаності Харрінгтона d ФК I_1 ; вісь X – значенням параметра J_1 ; вісь Y – значенням параметра J_2

Варіант 2. Задане нечітке обмеження у вигляді лінгвістичного значення з нечіткими границями. У цьому випадку при визначенні d використовуватимемо нечітке відношення, а замість дискретної множини $d = \{0,1\}$ розглядатимемо безперервний інтервал $d = [0,1]$.

Наприклад: значення ЦФ критерію I_1 (рис. 3)

$\text{ЦФ}_{I_1} = f(J_1, J_2)$ повинне бути мінімальним і не повинне перевищувати $z_{\max}$. При визначенні d_{I_1}

використовуватимемо нечітке відношення (2). Представлення d_{I_1} у вигляді безперервної тривимірної функції приналежності, змодельоване в LabVIEW, приведене на рис. 6.

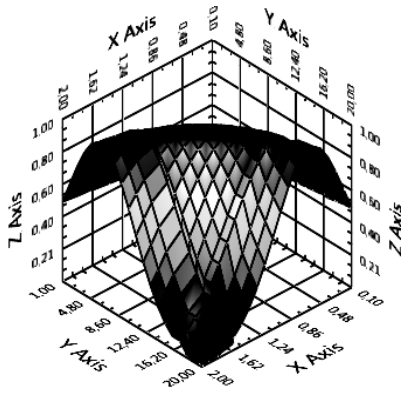


Рисунок 6 – Представлення d_{I_1} у вигляді безперервної тривимірної функції приналежності. Вісь Z відповідає функції бажаності Харрінгтона d ФК I_1 ; вісь X – значенням параметра J_1 ; вісь Y – значенням параметра J_2

Як видно, обидва варіанти розв'язку дають значення довжини вектора d , який розташований на $(n+1)$ осі просторових координат ФК.

Складемо алгоритм для ЦФ критеріїв, які мають логічний смисл (ЛК). Аналітичний вираз подібний до виразу для розрахунків ЦФ ФК, у випадку ЛК відсутній, хоча його векторна оцінка може бути побудована за значеннями простих і квазіпростих ПЯ, як це показано на рис. 4. Тому метою алгоритму є визначення значення функції Харрінгтона.

Кроки 1...4 алгоритму визначення для ЛК збігаються з відповідними кроками алгоритму розрахунків для ФК.

Крок 5. По відомому коду метричної шкали Харрінгтона – розрахунок значення функції бажаності d_i для ППЯ які є критеріями і які на підставі дерева властивостей формують ЛК.

Крок 6. Згідно крокам 5...7 алгоритму для ФК, обчислення значення функції Харрінгтона для КПЯ які є фізичними критеріями і які на підставі дерева властивостей у якості квазіпростих ПЯ формують ЛК.

Крок 7. Розрахунок значення функції бажаності Харрінгтона для ЛК проводиться на підставі дерева властивостей з урахуванням значення функції Харрінгтона d_i простих і квазіпростих ПЯ, які формують ЛК [4]:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}, \quad (3)$$

де D – узагальнена функція бажаності

Харрінгтона (функція бажаності ЛК що розглядається), n – кількість ПЯ, які формують ЛК.

Недоліком виразу (3) є те, що всі d_i рівноважні. Оскільки значення D згідно (3) є середнім геометричним, то для урахування ваг цей вираз можливо представити у вигляді середнього геометричного зваженого:

$$D = \sum_{i=1}^n w_i \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}, \text{ де } w_i \text{ – ваговий коефіцієнт } i\text{-го}$$

ПЯ. Детальний аналіз визначення вагових коефіцієнтів був проведений в [5], де показано, що їх значення лежать в діапазоні $0 < w_i \leq 1$, а крок визначення складає 0,1. Причому найбільш вагомим коефіцієнтам присвоюється значення 1.

Розглянемо фрагмент дерева властивостей (рис. 3). Нехай вузол H_1 є логічним критерієм з нечітко заданими умовами. Тоді, відповідно до (3), $D = d_{H_1} = \sqrt{d_{I_1} \cdot d_{J_3}}$, де d_{J_3} – функція бажаності Харрінгтона критерію J_3 (простий показник), d_{I_1} – функція бажаності Харрінгтона критерію I_1 (квазіпростий показник). Представлення d_{H_1} у вигляді безперервної тривимірної функції приналежності, змодельоване у середовищі LabVIEW, приведене на рис. 7.

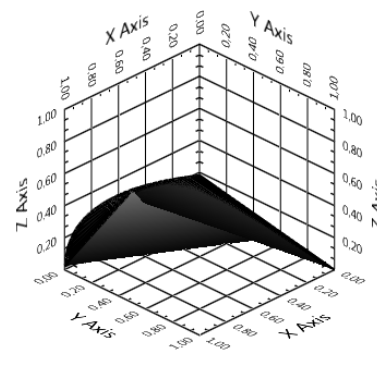


Рисунок 7 – Представлення d_{H_1} у вигляді безперервної тривимірної функції приналежності, де вісь Z відповідає функції бажаності Харрінгтона d_{H_1} ЛК H_1 ; вісь X – функції бажаності Харрінгтона d_{I_1} ФК критерію I_1 ; вісь Y – функції бажаності Харрінгтона d_{J_3} критерію J_3

Значення функції приналежності критеріїв визначаються як їхні цільові функції, в процесі парето-оптимізації. Теоретичне обґрунтування зв'язку парето-оптимальних розв'язків і векторів дані в [6]. Там же виведена рівність $P(Y) = f(P_f(X))$, де $P(Y)$ – множина парето-оптимальних векторів, $f(P_f(X))$ – множина парето-оптимальних розв'язків, та доведено, що знаючи множину парето-оптимальних розв'язків, можна знайти відповідну множину парето-оптимальних векторів і навпаки, маючи множину парето-оптимальних векторів можна побудувати відповідну множину парето-оптимальних розв'язків.

На підставі наведеного, можемо зробити висновок про те, що множину парето-оптимальних векторів можна розглядати як множину недомінуємих по відношенню ($\geq$) елементів множини можливих векторів Y .

Прийmemo Y за множину особин у популяції (множина багатомірних результуючих векторів критеріїв якості) $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$, де y_a – результуючий вектор a -ї особини, N – кількість особин у популяції. Використаємо в якості основи алгоритм побудови множини парето-оптимальних векторів (особин) з [6]. Після модифікації він матиме наступний вигляд:

Крок 1. Поклавши $P(Y) = Y$, $a = 1$, $b = 2$, утворюємо поточну множину парето-оптимальних векторів, яка на поточному кроці співпадає з множиною Y .

Крок 2. Реалізуємо перевірку виконання нерівності $y_a \geq y_b$ за кожним критерієм окремо, тобто зіставляємо довжини векторів відповідних критеріїв. Якщо нерівність неправильна, то здійснюємо перехід до кроку 5.

Крок 3. Видаляємо з поточної множини $P(Y)$ вектор y_b , оскільки він не є парето-оптимальним.

Крок 4. Перевіряємо виконання нерівності $b < N$. Якщо вона є істинною, то $b = b + 1$ і відбувається повернення до кроку 2. Якщо нерівність не є істинною, то відбувається перехід до кроку 7.

Крок 5. Перевіряємо нерівність $y_b \geq y_a$ за кожним критерієм окремо, тобто зіставляємо довжини векторів відповідних критеріїв. Якщо нерівність не є істинною, то відбувається повернення до кроку 4.

Крок 6. Видалення з поточної множини векторів $P(Y)$ вектора y_a .

Крок 7. Перевіряємо виконання нерівності

$a \leq N - 1$. Якщо вона є істинною, то $a = a + 1$, а потім $b = a + 1$ та повернення до кроку 2. Якщо нерівність не є істинною, то відбувається закінчення обчислень.

У якості ознаки закінчення роботи генетичного алгоритму, як слідує з [6], найбільш часто використовують таке поняття, як «неполіпшення пристосованості популяції». У нашому випадку це означає *повторюваність парето-оптимальних векторів (особин) протягом декількох поколінь*.

Процес парето-оптимізації проводиться для кожної популяції, починаючи з початкової. Отримані парето-оптимальні особини використовуються для формування нової популяції в ГА, як основний генетичний матеріал. Аналіз ефективності різних методів відбору батьківських пар при багатокритеріальній оптимізації приведений у [7]. Варто відзначити, що в якості найбільш ефективних механізмів відбору у [7] відзначені *елітний, витиснення та ранговий*.

Висновки. Завдання багатокритеріальної оптимізації показників якості ІВС може бути розв'язане на основі мультихромосомного генетичного алгоритму, що дозволить знайти співвідношення параметрів елементів системи, які щонайкраще задовольняють заданим критеріям якості на всіх етапах життєвого циклу.

Список використаних джерел

1. Колесникова, Е. В. Методы оценки качества технических систем [Текст] / Е. В. Колесникова, Г. В. Кострова, И. В. Прокопович // Труды Одесского политехнического университета. – О. : ОНПУ. – 2007. – №1(27). – С. 128-130 : [Електронний ресурс] / Портал : ОНПУ. – Режим доступу \www/ URL: <http://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1312992391.pdf>. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
2. Кириллов, В. И. Квалиметрия и системный анализ : навч. посібник / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 440 с. : ил. – (Высшее образование). – ISBN 978-985-475-353-9 (Новое знание) ; ISBN 978-5-16-004689-1 (ИНФРА-М).
3. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с. : ил. – (Адаптивные и интеллектуальные системы). – ISBN 978-5-94774-353-1 (русс.), ISBN 3-7908-1385-0 (англ.).
4. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий : монография /

Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 269 с. – ISBN відсутній.

5. Федорченко, С. Г. Обобщенная функция полезности и ее приложения : монографія / С. Г. Федорченко, Ю. А. Долгов, А. В. Кирсанова [та ін.] / Під ред. С. Г. Федорченко. – Тирасполь : Придністровський ун-т, 2011. – 196 с. – ISBN978-9975-4062-3-9.

6. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход : монографія. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с. – ISBN 5-9221-0274-5.

7. Батищев, Д. И. Оптимизация многоэкстремальных функций с помощью генетических алгоритмов / Д. И. Батищев, С. А. Исаев // Межвуз. сборник: Воронеж, ВГТУ. – 1997. – № 3. – С. 4-17.

Надійшла до редакції 21.05.2013

Рецензент: д.т.н., доцент Скопа А. А., Одеський національний економічний університет, м. Одеса.

О. В. Грабовский, Л. В. Коломиец, д.т.н.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИХРОМОСОМНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Рассматривается решение одной из принципиальных задач многокритериальной оптимизации показателей качества информационно-вычислительной системы. Показывается, что оно может быть получено с использованием мультихромосомного генетического алгоритма. Решение позволяет найти соотношения параметров элементов системы, которые в наилучшей степени удовлетворяют заданным критериям качества на этапах её жизненного цикла.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, показатель, качество, оптимизация, генетический алгоритм.

O. V. Grabovskiy, L. V. Kolomiets, DSc

PROBLEMS SOLUTION OF QUALITY INDICATORS MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF INFORMATION-MEASURING SYSTEM BASED ON THE MULTI-CHROMOSOME GENETIC ALGORITHM

The solution of the fundamental problems of multi-objective optimization metrics for the data-processing system. It is shown that the solution is obtained through the use of multi-chromosome genetic algorithm. The solution allows you to find the relation of parameters of the system that is well suited to the criteria of quality throughout the life cycle.

Keywords: information-measuring system, the rate, quality, optimization, genetic algorithm.

В. І. Солодка¹, О. І. Лещенко², к.т.н., М. О. Патлаєнко¹¹Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, м. Одеса²Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ТРАНСФОРМАЦІЯ СІТКОВИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

У статті розглядається структура зміни сітки тривимірного об'єкта при впливі різних трансформацій з можливістю збереження параметрів еквідистантної сітки. Проводиться дослідження та опис тривимірного об'єкта за допомогою програми VRMesh, який дозволяє візуалізувати об'єкт, аналізувати його характеристики та проводити різноманітні трансформації.

Ключові слова: тривимірний об'єкт, афінні перетворення, трансформація об'єкта.

У цій статті показано, зміна структури сітки об'єкту при дії різних трансформацій з можливістю збереження параметрів еквідистантної сітки. У разі трансформації об'єкту сітка може змінювати свої параметри і властивості, у разі математичних – афінних перетворень, які передбачають під собою поворот, кручення, обертання, масштабування і так далі. Трансформація, сітками може бути, згущування і розрядка вершин об'єкту, що веде до нерівномірного кроку дискретизації сітки або області в сітковій структурі. Усі перетворення, можливо, виконувати довільно або з точно заданими параметрами.

Рішення задачі трансформації зводиться до знаходження коефіцієнтів системи рівнянь – афінних перетворень. Властивості афінних перетворень показують, що пряма переходить в пряму; якщо розмірність простору $n \geq 2$, те будь-яке перетворення простору, який переводить прямі в прямі, є афінним. Це визначення

використовується в аксіоматичній побудові афінній геометрії; афінні перетворення утворюють групу відносно композиції; будь-які три точки, що не лежать на одній прямій і їх образи відповідно, однозначно задають афінне перетворення площини.

Сформульована властивість очевидна для діаметрів сфери (рис. 1, а). Нехай АВ, CD, EF – три взаємно перпендикулярних діаметру сфери. Виконаємо стискування простору з коефіцієнтом $0 < \lambda_1 \leq 1$ до площини, що проходить через прямі CD і EF. При цьому відрізок АВ перетвориться в діаметр А'В' еліпсоїда, а діаметри CD і EF залишаться без змін (рис. 1, б). Якщо виконати друге стискування з коефіцієнтом $0 < \lambda_2 \leq 1$ до площини (рис. 1, в), що проходить через діаметри А'В' і CD, то діаметр EF перетвориться в діаметр Е''Ф'', а діаметри А'В' і CD залишаться без змін. В результаті отримаємо три взаємно перпендикулярних діаметру А'В', CD і Е''Ф'' еліпсоїда [2].

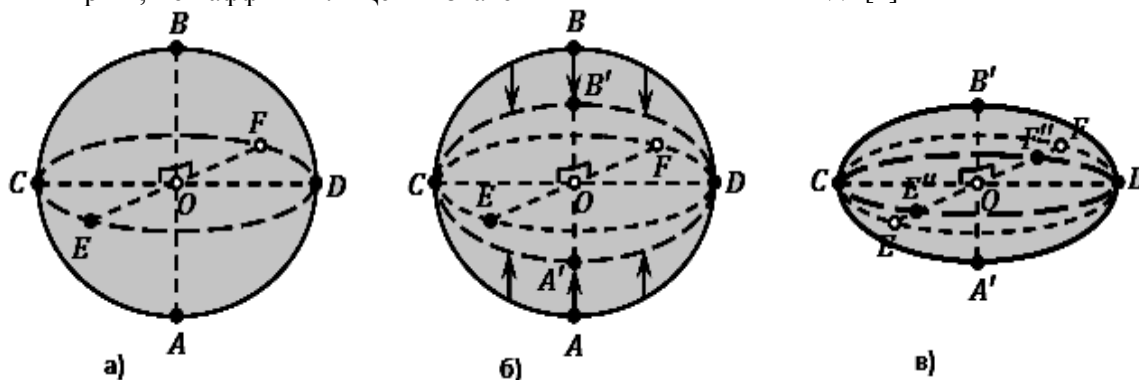


Рисунок 1 – Деформація сфери

Відомо, що сіткові об'єкти будуються за допомогою прямих і ітераційних методів. При аналізі існуючих методів були відображені недоліки – ресурсоемкість, повільна швидкість роботи і менша надійність, які дали можливість

розробити новий метод побудови об'єкту на еквідистантній сітці [1].

Метод побудови об'єкту на еквідистантою сітці відноситься як до прямого, так і до ітераційного методів, і полягає в тому, що сітка

будується в результаті ітераційного методу на основі деякого об'єкту [4]. Метод використовується для отримання т. н. "шаблонів" сітки, який у відмінності від шаблонів з постійним кроком має перевагу при маніпуляції з об'єктом, можна обмежити число вершин згори для регулювання числа елементів шаблону і знизу для зменшення навантаження на обчислювальну техніку при мінімальній візуалізації об'єкту, внаслідок чого при розтягуванні, стискуванні, зрушення, вигину, кручення не вимагається робити повторних математичних операцій над об'єктом.

Основними перевагами еквідистантного методу є менші ресурсоємні витрати, висока точність відображення об'єкту, а так само отримання шаблону, а саме об'єкт у вигляді простих фігур (куля, паралелепіпед, циліндр), може бути побудоване на порядок швидше за об'єкт, описаний за допомогою ітераційного і прямого методів.

Для побудови шаблону сфери, необхідно зробити наступні етапи: отримання одновимірної структури що описує коло; побудова триангуляції поверхні, а саме, розбиття сфери на сітку, у вузли, яких вписуються трикутники (рис. 2).

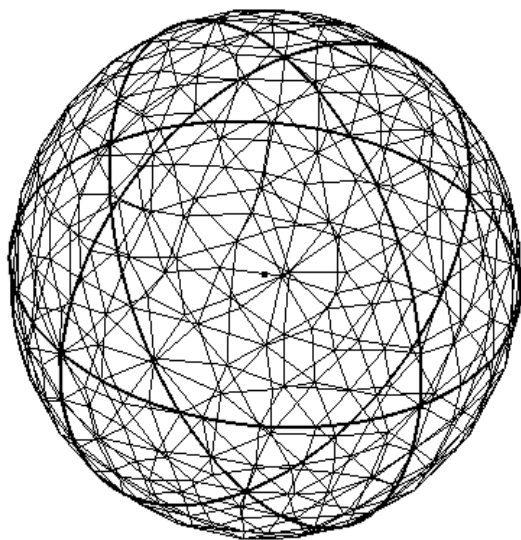


Рисунок 2 – Сфера побудована за допомогою еквідистантної сітки

Цей метод можна використати в телебаченні, медицині, комп'ютерній графіці і комп'ютерній інженерії.

Вихідний досліджуваний тривимірний об'єкт – сфера з параметрами: вершин 9802 і трикутників 19600. Початкові координати сфери є $(x_1, x_2, \dots, x_n)(y_1, y_2, \dots, y_n)(z_1, z_2, \dots, z_n)$.

Вихідний об'єкт був побудований за допомогою програми VRMesh (рис. 3), яка дозволяє візуалізувати досліджуваний об'єкт, аналізувати його характеристики, виконувати різноманітні трансформації й зміни параметрів вершин, здійснювати різні математичні операції над об'єктом і будь-якою його областю, візуалізовувати отриманий об'єкт, а також проміжні стадії трансформації вигляду вершин трикутників [3].

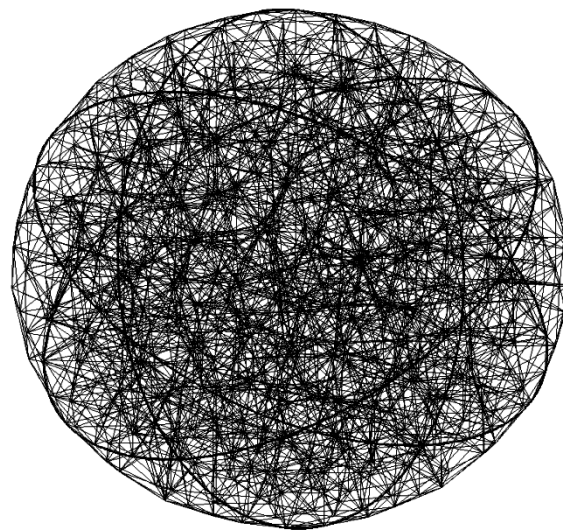


Рисунок 3 – Вихідний тривимірний об'єкт

При дії різних афінних перетворень: розтягування, стискування, кручення і так далі на об'єкт параметри еквідистантної сітки мінятимуться. Якщо область об'єкту мало деталізована, то крок дискретизації сітки збільшується, а у разі збільшення деталізації об'єкту крок сітки зменшується (рис. 4).

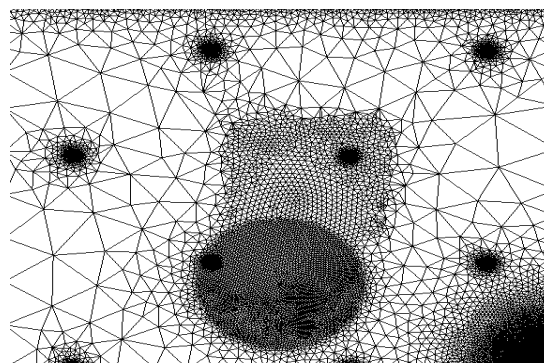


Рисунок 4 – Метод розбиття сітки з еквідистантним кроком дискретизації

Для деформації сфери використовується хвилеподібний алгоритм з коефіцієнтом згладжування $k = 50$. До хвилеподібних відноситься деформуюча геометрія типу "Хвиля"

і "Брижі". Вони використовуються для створення хвилеподібного ефекту на поверхні об'єкту, що деформується.

На рис. 5.1 – 5.6 використовується поетапне спотворення сфери типу "Брижі". Якщо на початкових трьох етапах зміни вершин змінюються лінійно, то на завершуючих етапах вершини починають поводитися хаотично, тобто

нелінійно, що і показує трансформацію об'єкту з еквідистантною сіткою.

Кінцевий етап візуалізації об'єкту з деформації типу "Брижі" (рис. 6) перетворений в полігональний вид і чітко видно масштаби спотворення окремих компонентів усього об'єкту і залежність від деформуючої дії на нього.

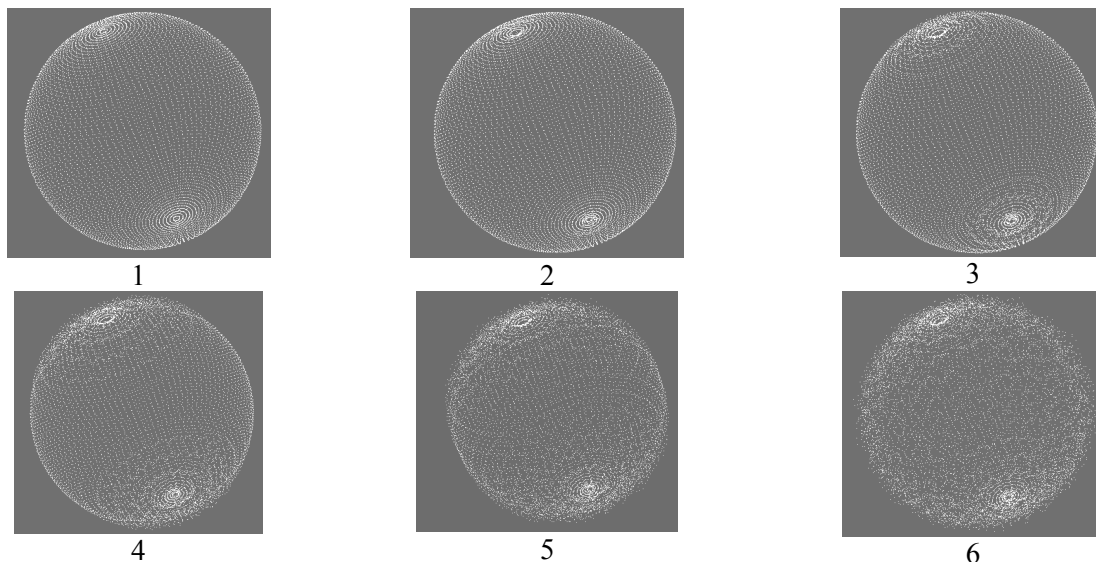


Рисунок 5 – Етапи деформації сфери

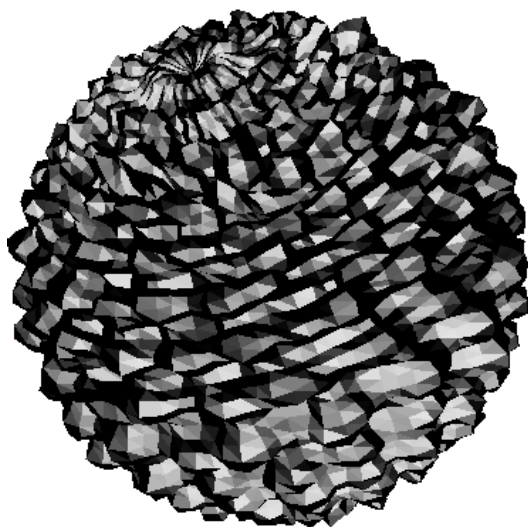


Рисунок 6 – Сфера після деформації типу "Брижі"

У висновку відмітимо, що зміна структури сітки досліджуваного об'єкту, – сфери під дією різних деформацій за допомогою афінних перетворень, – дійсно змінює параметри еквідистантної сітки.

Список використаних джерел

1. Шайдуров В.В. Многосеточные методы конечных элементов. – М: Наука, 1989. – 288 с.
2. Терстон У.П. Математика трехмерных многообразий [электронный ресурс] //В мире науки. – 1984. – № 9. – <http://www.astronet.ru/db/msg/1195055> – 09.2010.
3. Compact Representations of Simplicial Meshes In Two and Three Dimensions D.K. Blandford, G. Blelloch, D. Cardoze, C. Kadow // Proc. of 12th Intern. Meshing Roundtable, Sandia National Laboratories, sept. 2003. P.135 – 146.
4. Ошаровская Е.В. Методы построение сеток в трехмерных областях. / Е.В. Ошаровская, Н.А. Патлаенко, В.И. Солодка // "Східно-Європейський журнал передових технологій". – 2011. – № 5/4(53).

Надійшла до редакції 16.05.2013

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

В. И. Солодка, О. И. Лещенко, к.т.н., Н. А. Патлаенко

ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕТОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

В статье рассматривается структура изменения сетки трехмерного объекта при воздействии различных трансформаций с возможностью сохранения параметров эквидистантной сетки. Проводится исследование и описание трехмерного объекта с помощью программы VRMesh, которое позволяет визуализировать объект, анализировать его характеристики и проводить всевозможные трансформации.

Ключевые слова: *трехмерный объект, аффинные преобразование, трансформация объекта.*

V. I. Solodka, O. I. Leschenko, PhD, M. O. Patlaenko

TRANSFORMATION OF THE GRID OBJECTS USING MATHEMATICAL TRANSFORMATIONS

The article considers the changes in the structure of the grid three-dimensional object under the influence of various transformations with the possibility to save the parameters of the equidistant grid. The study and description of a three-dimensional object by using the VRMesh, which allows to render the object, that allows to visualize an object, analyse his descriptions and conduct various transformations.

Keywords: *three-dimensional object, affine transformation, the transformation of the object.*

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Айвазова К. Б.	27	Коломієць Л. В.	14, 93
Андрусь О. В.	77	Кучерук В. Ю.	50, 77
Беліков В. Т.	88	Лещенко О. І.	88, 101
Боряк К. Ф.	66	Ліпін А. П.	22
Величко О. М.	14, 42	Манзарук М. О.	66
Волков С. Л.	27	Молчанюк М. Д.	77
Гордієнко Т. Б.	14	Новіков В. В.	63
Грабовський О. В.	93	Новіков В. М.	6
Гурін Р. В.	42	Павлович В. І.	81
Гуцалюк М. О.	66	Патлаєнко М. О.	101
Дем'янчук Б. О.	59	Романенко І. М.	6
Дудатьєв І. А.	50	Скачков В. В.	81
Дяченко О. Ф.	88	Скопа О. О.	27
Єфимчиков О. М.	81	Солодка В. І.	101
Задорожний А. В.	22	Суліма Л. О.	37
Ігнатенко О. Г.	77	Фомина С. В.	6
Казакова Н. Ф.	32	Хижняк Ж. О.	59
Карпенко С. Р.	42	Щербина Ю. В.	32
Ковалішин С. С.	81		

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

АЙВАЗОВА <i>Кіра Борисівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студентка</i>
АНДРУСЬ <i>Ольга Володимирівна</i>	<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, студентка</i>
БЕЛІКОВ <i>Віктор Трифонович</i>	<i>Військова академія, м. Одеса, науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук, доцент</i>
БОРЯК <i>Костянтин Федорович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент</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>
ВОЛКОВ <i>Сергій Леонідович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук</i>
ГОРДІЄНКО <i>Тетяна Богданівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник</i>
ГРАБОВСЬКИЙ <i>Олег Вікторович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри якості та безпеки життя людини</i>
ГУРІН <i>Роман Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, інженер</i>
ГУЦАЛЮК <i>Марина Олександрівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, викладач-асистент</i>
ДЕМ'ЯНЧУК <i>Борис Олександрович</i>	<i>Військова академія, м. Одеса, завідувач кафедри технічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент</i>
ДУДАТЬЄВ <i>Ігор Андрійович</i>	<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, аспірант</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>
ЄФИМЧИКОВ <i>Олександр Миколайович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший науковий співробітник, кандидат технічних наук, доцент</i>
ЗАДОРЖНИЙ <i>Андрій Віталійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, декан факультету технічного регулювання та якості, кандидат технічних наук, доцент</i>

ІГНАТЕНКО <i>Олександр Григорович</i>	<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, старший викладач кафедри метрології та промислової автоматики</i>
КАЗАКОВА <i>Надія Феліксівна</i>	<i>Одеський національний економічний університет, м. Одеса, доцент кафедри інформаційних систем в економіці, кандидат технічних наук, доцент</i>
КАРПЕНКО <i>Станіслав Романович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, інженер</i>
КОВАЛІШИН <i>Сергій Семенович</i>	<i>Військова академія, м. Одеса, начальник науково-дослідної лабораторії</i>
КОЛОМІЄЦЬ <i>Леонід Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, ректор, доктор технічних наук, професор</i>
КУЧЕРУК <i>Володимир Юрійович</i>	<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, завідувач кафедри метрології та промислової автоматики, доктор технічних наук, професор</i>
ЛЕЩЕНКО <i>Олег Іванович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук</i>
ЛІПІН <i>Андрій Павлович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат технічних наук, доцент</i>
МАНЗАРУК <i>Марія Олександрівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, викладач-асистент кафедри метрології та метрологічного забезпечення, аспірант</i>
МОЛЧАНЮК <i>Марина Дмитрівна</i>	<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, студентка</i>
НОВІКОВ <i>Володимир Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, доцент кафедри технічного регулювання та споживчої політики ВСП «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики ОДАТРЯ», м. Київ, кандидат технічних наук</i>
НОВІКОВ <i>Володимир Миколайович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, директор ВСП «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики ОДАТРЯ», м. Київ, доктор фізико-математичних наук, професор</i>
ПАВЛОВИЧ <i>Владислав Ігорович</i>	<i>Одеський Національний політехнічний університет, м. Одеса, студент</i>
ПАТЛАЕНКО <i>Микола Олександрович</i>	<i>Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, м. Одеса, викладач</i>
РОМАНЕНКО <i>Ірина Михайлівна</i>	<i>ДП «Миколаївський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», м. Миколаїв, директор</i>

СКАЧКОВ <i>Валерій Вікторович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, професор кафедри інформаційно-вимірвальних технологій, доктор технічних наук, професор</i>
СКОПА <i>Олександр Олександрович</i>	<i>Одеський національний економічний університет, м. Одеса, завідувач кафедри інформаційних систем в економіці, доктор технічних наук, доцент</i>
СОЛОДКА <i>Валентина Іванівна</i>	<i>Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, м. Одеса, викладач-асистент кафедри метрології, стандартизації та сертифікації, аспірант</i>
СУЛІМА <i>Лілія Олександрівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший науковий співробітник</i>
ФОМИНА <i>Світлана Володимирівна</i>	<i>ДП «Миколаївський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», м. Миколаїв; Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
ХИЖНЯК <i>Жанна Олексіївна</i>	<i>Військова академія, м. Одеса, молодший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії.</i>
ЩЕРБИНА <i>Юрій Володимирович</i>	<i>Одеський національний економічний університет, м. Одеса, доцент кафедри інформаційних систем в економіці, кандидат технічних наук, доцент</i>

Наукове видання

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

Випуск 1(2)2013

Редактори

Братченко Г. Д., Попович В. І.

Комп'ютерна верстка

Попович В. І., Захарченко К. В.

Адреса редакції: 65020, м. Одеса, вул. Ковальська 15, ОДАТРЯ,
Тел.: (048)728-07-11 – довідки;
E-mail: odatrya.nd@gmail.com

*Надруковано з готового оригінал макету
в видавництві - друкарні «ВМВ»*

*Підписано до друку 14.06.2013
Формат 60*88/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 8,5
Тираж 100 прим.
65053, м. Одеса, пр-т Добровольського 84-а.
www.vmv.odessa.ua*