МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



Одеська державна академія технічного регулювання та якості

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

1(6) 2015

ОДЕСА

ISSN 2412 – 5288

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

Випуск 1(6) 2015

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

Редакційна колегія

Голова редакційної колегії
Коломієць Леонід Володимирович (д.т.н., професор)
Заступник голови редакційної колегії
Братченко Геннадій Дмитрович (д.т.н., с.н.с.)

Андрієнко Микола Миколайович (к.т.н., професор)
Бойченко Олег Валерійович (д.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., доцент)
Гасанов Юсиф Надир огли (д.т.н., професор, Азербайджанська Республіка)
Гордієнко Тетяна Богданівна (к.т.н., с.н.с., доцент)
Дяченко Олександр Феодосійович (к.т.н., с.н.с.)
Зборовська Ірина Адамівна (к.т.н., доцент)
Квасніков Володимир Павлович (д.т.н., професор)
Клещов Геннадій Михайлович (к.т.н., доцент)
Корсун Валерій Іванович (д.т.н., професор)
Кучерук Володимир Юрійович (д.т.н., професор)
Левін Сергій Федорович (д.т.н., професор, Російська Федерація)
Лєнков 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

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

Затверджений до друку Вченою Радою Одеської державної академії технічного регулювання та якості (протокол № 11 від 28.05.2015 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

М. І. Сичов, к.х.н., Л. В. Коломієць, д.т.н., С. Д. Болдирєв
БЮВЕТИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНА СКЛАДОВА ЯКІСНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ..……. 6

О. І. Кисельова, к.п.н., Л. В. Коломієць, д.т.н.
ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ ЯК УМОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВИЩОЇ ОСВІТИ..... 10

М. В. Оленєв, к.т.н.
МЕТОД ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВИПУСКНИКІВ-МАГІСТРІВ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ..... 17

О. С. Букреева
ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СРЕДСТВ АВТОТРАНСПОРТА…….. 21

O. I. Leshchenko, PhD, A. S. Bondarenko
FEATURES OF LEGAL PROTECTION OF INVENTION AND UTILITY MODEL IN UKRAINE AND IN ADVANCED COUNTRIES ..……..……26

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення 29

Н. В. Глухова, к.т.н.
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ХЕРСТА ……..….. 30

В. В. Кузавков, к.т.н., О. Г. Янковський, к.т.н.
МЕТОДИКА ЛОКАЛІЗАЦІЇ НЕСПРАВНОГО РАДІОЕЛЕКТРОННОГО КОМПОНЕНТУ.....….. 36

В. Ю. Кучерук, д.т.н., О. В. Грабовський, к.т.н., Д. В. Мостовий
ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ…….... 42

К. Ф. Боряк, д.т.н., В. І. Возний
ВАРІАНТИ ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНИХ ВИХОРОСТРУМОВИХ ГАЛЬМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ…….....……..… 49

К. Ф. Боряк, д.т.н., Н. О. Перетяка
ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ РЕДУКТОРІВ РЕДУКТОРНО-КАРДАННОГО ПРИВОДУ ПІДВАГОНИХ ГЕНЕРАТОРІВ СТРУМУ…..…… 53

О. С. Корчевський, Л. В. Коломієць, д.т.н., О. І. Ваганов, д.т.н.
ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА……58

О. В. Банзак, к.т.н.
РАЗРАБОТКА ДЕТЕКТОРА ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ДОЗИМЕТРИИ……..…… 64

G. V. Banzak, PhD, E. A. Morozenko
ANALYSIS OF WAYS AND METHODS DEVELOPMENT OF METROLOGICAL MAINTENANCE OF CONTROL AND DIAGNOSING TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES…… 70

В. В. Хахула
МЕТОД КОРЕКЦІЇ ПОХИБОК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА…… 74

Інформаційно-вимірювальні системи і технології 77

Г. М. Клещев, к.т.н.
ИССЛЕДОВАНИЕ «НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ» ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ..... 78

А. В. Марченко, Ю. А. Гунченко, д.т.н., А. Е. Козлов, к.т.н.
ЛОКАЛИЗАЦИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ФИЛЬТРА ЧАСТИЦ…... 83

Ю. А. Максименко
РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ СКЛАДНОЮ СИСТЕМОЮ РАДІОУПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ…..... 89

В. І. Мілованов, д.т.н., В. М. Ярошенко, к.т.н., А. А. Ябс
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК ……..... 94

Л. В. Коломієць, д.т.н., О. М. Лимаренко, к.т.н., О. О. Дащенко, Н. М. Дащенко
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕЛЕСКОПІЧНОЇ СТРІЛИ АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНУ …….102

В. І. Мілованов, д.т.н., О. Д. Волошин
РОЗРОБКА ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРА ДЛЯ РОБОТИ В МАЛІЙ ХОЛОДИЛЬНІЙ МАШИНІ НА CO_2……..105

Г. В. Банзак, к.т.н., О. В. Банзак, к.т.н., О. И. Лещенко, к.т.н.
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ……111

Г. Д. Братченко, д.т.н., Г. Г. Смаглюк
МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУ ДАЛЬНІСНИХ ПОРТРЕТІВ В РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ З АНТЕННИМИ РЕШІТКАМИ…….119

Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТА АППРОКСИМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ПСП…….125

Є. В. Вавілов
СЕРІЯ СТАНДАРТІВ SQuaRE ЯК ОСНОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКИ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ…….129

Т. Б. Гордієнко, к. т. н.
ОЦІНЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ТЕХНІЧНИХ КОМІТЕТІВ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УЗАГАЛЬНЕНОГО КРИТЕРІЮ……140

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК……145

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ……146

РОЗДІЛ 1

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

УДК 349.6

М. І. Сичов[1], к.х.н., **Л. В. Коломієць**[1], д.т.н., **С. Д. Болдирєв**[2]

[1]*Одеська державна академія технічного регулювання та якості*
[2]*Комунальне підприємство «Сервісний центр», м. Одеса*

БЮВЕТИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНА СКЛАДОВА ЯКІСНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

У статті проводиться аналіз особливостей водопостачання в Україні, вимог щодо якості та безпеки води питної, стану законодавства та нормативних документів щодо забезпечення санітарно-гігієнічних норм води питної в Україні, розглянута необхідність використання бюветів, як одного з альтернативних джерел якісного водопостачання.

Ключові слова: *вода питна, джерела водопостачання, вимоги до якості і безпеки води, бюветне водопостачання, санітарно-гігієнічні норми, методи аналізу.*

Постановка проблеми полягає у розгляді видів водопостачання в Україні, забезпечення вимог чинних нормативних документів щодо якості та безпеки води питної, розгляд бюветного водопостачання, як одного з альтернативних засобів забезпечення населення якісною водою та проблем, що пов'язані з реалізацією таких проектів.

Мета статті: провести аналіз надійності системи водопостачання в Україні, положень законодавчих актів та чинних нормативних документів щодо забезпечення якості та контролю води питної, особливостей бюветного водопостачання, надання рекомендацій щодо такого виду водопостачання.

Вода – найбільш розповсюджена на Землі речовина, без якої неможливе життя на планеті, його походження та існування. Хоча вода сама по собі не має харчової цінності, проте її значення найбільш важливе, вода – найцінніший компонент біосфери Землі. Із всіх водних ресурсів цінність для людини являють прісні питні води. Їх види різні, але тільки обмежена кількість придатна для вживання безпосередньо; інші прісні води придатні для споживання після певних процедур обробки та водопідготовки [1].

Система водоспоживання в Україні в основному базується на централізованих мережах, менша кількість людей використовує колодязну, джерельну і артезіанську воду. Споріднена з природними джерелами є і вода з бюветів, що більш відповідає артезіанським джерелам. За останні двадцять років набули розповсюдження фасовані питні води, а також з централізованого постачання, що пройшли доочищення на спеціальних установках, фільтрах, а також і в домашніх умовах.

Україна по якості питних джерел централізованого водопостачання займає 95 місце з 122 країн у світі. 80 % українців споживають переважно поверхневу воду з річок, водойм і озер (із річок Дніпро і Дністер п'ють 35 млн. жителів, а 20 % – з підземних джерел) [2].

В наші водні басейни скидаються неочищені стічні води, промислові і побутові відходи, змиваються сполуки важких металів, пестициди, ядохімікати. Незважаючи на прийняті способи очистки і підготовки вод при подачі в водогони, така питна вода не відповідає як вітчизняним так і міжнародним санітарно-гігієнічним нормам якості і безпеки. В Україні від невідповідності питної води страждає кожен п'ятий житель, тоді як в цілому світі – кожний десятий [3]. До того ж прийняті у нас технології водопідготовки, що засновані на реагентних методах і хлоруванні води, застарілі станції роблять її ще більше небезпечною для споживання людьми.

За загальним станом якості і безпеки вода в західних регіонах України вважається значно чистішою, ніж у східних та південних областях. Особливо загрозлива ситуація з якістю питної води склалася в Луганській, Донецькій, Харківській, Херсонській, Миколаївській та Одеській областях. Тут із-за потужного промислового навантаження і забруднення поверхневих вод, недосконалої і невідповідної технології очистки люди часто п'ють технічну воду, в якій відхилення від встановлених норм якості і безпеки складає 80 % [2]. Це пояснює і ріст захворювань, особливо у дітей, що все частіше проявляються в невідомих видах в містах і в сільській місцевості, де переважним є неконтрольоване колодязне водопостачання. Ризики від споживання неякісної води найбільш суттєві для здоров'я та безпеки людини.

На сьогодні питання забезпечення населення України питною водою врегульовано трьома основними законами: «Водним Кодексом України»,

законом України «Про питну воду та питне водопостачання» та законом України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України на 2006-2020 роки» [4-6]. Ці закони мають головною метою забезпечення громадян України питною водою високої якості, яка залежить від її початкової якості в поверхневих та підземних джерелах. Серед основних гігієнічних вимог, що пред'являються до питної води, слід відзначити наступні:

- вода повинна мати бездоганні органолептичні і фізичні якості та хімічний склад;
- вода не повинна погіршувати смакові якості та біологічну цінність їжі;
- вода не повинна бути жорсткою;
- вода не повинна вміщувати радіоактивні і токсичні хімічні речовини та патогенні мікроорганізми.

В Україні розроблені нові державні стандарти води з джерел централізованого питного водопостачання, та не всі з них введено в дію. На сьогодні затверджено державний стандарт ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил відбирання» [7], який набув чинності з 1 січня 2009 року і замінив ГОСТ 2874-82. Розроблений проект ДСТУ «Вода питна фасована. Загальні технічні умови», який перебуває на узгодженні в МОЗ України та проекти ДСТУ «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», «Питна вода підвищеної якості. Вимоги та контроль за якістю». Розроблений технічний регламент на питну воду, який потребує наступного узгодження з органами влади. Різноманіття нормативних документів на воду питну свідчить про відсутність єдиного підходу щодо забезпечення її якості, різну наукову ідеологію щодо показників якості і безпеки цього продукту, різновідомчість і відсутність єдиного центрального органу, який несе відповідальність за питну воду незалежно від її походження [8].

Така ситуація навколо води питної примушує шукати інші шляхи водозабезпечення, окрім централізованого. Одне з них – бюветне водопостачання, яке є різновидністю артезіанських джерел з різницею щодо технічних правил і господарських відносин при експлуатації [9]. Згідно встановлених положень «…бювет – це інженерна водозабірна споруда для забезпечення споживачів необробленими (крім знезараження води методом ультрафіолетового опромінення) міжшаровими напірними (артезіанськими) або безнапірними підземними водами, до складу якої входять свердловина, розподільча колонка та спеціальне приміщення або павільйон…» [9]. Будівництво та використання бювету проводиться згідно встановленого «Порядку» та правил технічної експлуатації і технічного регламенту споруди, а вода, яка використовується споживачами, повинна відповідати вимогам, визначеним ДСанПіН 2.2.4-17-10 [10]. Бювети мають багатолітню історію і першими з них були споруди, призначені для розливу і передачі споживачам вод мінеральних, здебільш лікувального призначення, відомих як група джерел північного Кавказу (Нарзан, Кисловодськ, Єсентуки) [9]. В Україні бювети, що призначені для роздачі мінеральних вод лікувального призначення, існують в Трускавцях [11], Миргороді, в Криму (Саки, Євпаторія, Ялта, Феодосія, інші) [12]. Окрім таких бюветів спеціалізованого призначення в Україні є бюветні комплекси, що постачають питну воду населенню. Найбільшого поширення мають бювети в регіонах, де є значний дефіцит питної води, а якість водопровідної води на 80% не відповідає санітарно-гігієнічним нормам. Жителі Києва, Харкова, Донецька, Луганська порою змушені пити привозну воду з автоцистерн, тому вони вважають, що в бюветах вода якісна і корисна. Разом з тим, не всі бювети є надійними з точки зору безпечності води з них. Так, в Києві існує 172 бювети, що відбирають воду з різних водоносних горизонтів. Така вода має задовільну мінералізацію 400-800 мг/дм^3 і подається споживачам без обеззараження. Порівняно з водопровідною водою бюветна не містить залишків-іонів алюмінію, сполук хлорорганічних речовин, а вміст біологічно активних мікроелементів – сполук йоду, фтору, бору в ній більше. Для вод в Києві характерний підвищений вміст сполук заліза і мангану, ряд вод містять сполуки сірководню. Бювети міста не мають санітарно-гігієнічних паспортів, вода при подачі споживачам не має обеззараження, хоча вміст мікроорганізмів постійно контролюється.

У 2013 році санітарно-епідеміологічна служба міста закрила 34 бювета по високому вмісту у воді сполук заліза, мангану, хлоридів та збудників кишкових інфекцій [2, 13-15].

Незадовільними щодо показників мікробіологічної безпеки є і бювети у м. Харків [2]. Забір води з горизонтів не нижчих за 40 м призводить до попадання в таку бюветну воду фекальних стоків, що періодично дає прояви гепатиту А, підвищений вміст свинцю і нітратів у питній воді. Тому найбільш безпечними є ті води, які беруть з горизонтів між непроникливим глиняними пластами і на достатній глибині. Показовим у цьому відношенні є система функціонування бюветів у м. Одеса [16]. Відбір води проводиться з верхньосарматського водоносного горизонту на глибині 121-133 м, що знаходиться в товщі глин, суглинків і алевритів, тобто має суцільно водот-

ривку покрівлю. Практичній діяльності по створенню бюветних комплексів в Одесі передували багаторічні дослідження і науково-технічні розробки у напрямках, що дозволили забезпечити базу для виконання цих робіт. Серед них зокрема моніторинг підземних вод і складання їх кадастру, прогнозування ресурсів, складання еколого-гідрологічної карти водоносного горизонту, визначення тих ділянок, де вода відповідає санітарно-гігієнічним нормам для води питної, визначення зон санітарного захисту для майбутніх свердловин. Була розроблена система доочищення води і її знезараження до відповідних норм. На даний час бювети знаходяться на балансі КП «Сервісний центр», яке повністю відповідає за стан бюветів і їх функціонування. В 15 бюветних комплексах м. Одеси прийнята найбільш досконала технологія підготовки підземних вод, що включає в себе такі стадії очищення:

1) механіко-каталітична фільтрація (окиснення Fe^{2+}, Mn^{2+}, видалення мало дисперсних зважених часток) ;

2) очищення частини води методом зворотнього осмосу – видалення Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, HCO_3^{-}, мікроорганізмів;

3) змішування води, що пройшла очищення методом зворотнього осмосу, з водою, що пройшла механічне фільтрування, у співвідношенні близькому до 1:1, внаслідок чого значення загальної жорсткості, сухого залишку та Na, SO_4^{2-}, Cl^{-} зменшуються;

4) озонування води, яка відносно збалансована по мінеральному складу, що дозволяє забезпечити знезараження, дезодорацію, окиснення органічних і неорганічних речовин, дегазацію води і насичення її киснем;

5) адсорбційне очищення озонованої води на фільтрах з активованим вугіллям (внаслідок цього відділяються окиснені речовини);

6) вторинне озонування води, що пройшла стадію адсорбційного очищенням перед подачею споживачам.

Очищення підземних вод проходить таким чином на 40-50 %, знижуються концентрації Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, HCO_3^{-}, видаляються сполуки токсичних неорганічних речовин (*Be, Mo, Hg, As, Pb, Cd,* Cr^{3+} та інші). Висока ступінь очищення характерна і за показниками: мутність, колірність, вміст заліза (до 100%), азот амонійний (93 %), перманганатне окиснення (до 40%). Накопичення очищеної води здійснюється в буферній ємкості, звідки подається насосом на розлив споживачам. Вся технологічна схема має високу технологічну технічну досконаліть, автоматизацію і надійність в експлуатації. Контроль за бактеріологічною безпекою в бюветах проводять щотижнево, повний хімічний аналіз води здійснюється щомісячно.

Бювети, як альтернативне джерело постачання питної води високої якості, стали об'єктом уваги вчених у 80-ті роки XX-го століття, які розуміли недосконаліть централізованого водопостачання і займались вирішенням цієї проблеми. Академік В. Гончарук тоді й запропонував відкривати бювети і вже більше 30-ти років займається проблемою якісного водопостачання. Він вважає, що бювети також доможуть вирішати проблему якісного водопостачання в Україні [17].

Висновки

Україна має достатню кількість підземних вод для бюветного постачання населенню і забезпечення потреб людей майже на третину, але цей шлях не може повністю вирішити всю складність проблеми постачання якісної питної води для населення. Бюветні комплекси, як і інші водопостачальні комплекси, також потребують великих затрат, капітальних вкладень і експлуатаційних зусиль. На сьогодні утримання одного бювета в м. Одеса потребує 1,5 млн. грн. на рік з міського бюджету. Соціально важливим є питання подальшого безоплатного користування бюветами, оплата таких послуг потребує сертифікації джерел, що також проблематично. Очевидно і те, що підземні води мають свій матеріальний і якісний ресурс, вичерпуючи який ми прийдемо до погіршення цих джерел, їх знецінення, поступового заміщення складу їх вод на поверхневі і гіршої якості. Тому, не скидаючи з терезів життєвої необхідності бюветні комплекси, фасовані і доочищенні води, вартість яких буде зростати, потрібно вирішувати значущі проблеми централізованого водопостачання. В ньому є найбільш важливі моменти і дилематичні особливості. Перш за все, це боротьба за якість поверхневих вод, прийняття ряду законів про їх охорону і встановлення переліку джерел водопостачання як охороняємих об'єктів. Політика і заходи держави повинні бути надзвичайно жорсткими у цьому відношенні. По-друге, терміново потрібно прийняти основний державний стандарт щодо води питної (за винятком фасованих та мінеральних вод лікувального призначення). Надалі повинна бути створена ефективна система контролю якості і безпеки води питної, створена мережа сучасних державних регіональних контрольних лабораторій з надзвичайними повноваженнями. Повинен бути введений контроль якості води питної в сільській місцевості, паспортизація основних тут джерел водозабезпечення. І вкінець треба визначитись, яку воду треба подавати в централізовані й місцеві мережі і чи не варто прийняти техноло-

гії локальної доочистки такої води (будинки, дільниці, квартали, спеціальні підприємства і інше), розширюючи і особисті можливості споживачів для доочистки води у власних умовах. Неможливо просто піднімати все вище тарифи за воду питну, залишаючи її якість на рівні технічної, бо це вже відповідальність держави перед споживачами.

Список використаних джерел

1. Вода – жизнь, а чистая вода – основа здоровья [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http: // akva.in.ua.

2. Очистка воды и качество питьевой воды в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http: // www.alsen.com.ua.

3. Котляр А. М. Нові гігієнічні та екологічні вимоги до питної води / А. М. Котляр, В. А. Шур, І. М. Кузьмін, А. Ю. Гаєвська // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – Вип. 81. – С. 127-133.

4. Водний кодекс України. Постанова № 214/ 95-ВР від 06.06.95 // ВВР. – 1995. – №24. – С. 190.

5. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10.01.2002, № 2918 – III [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http: // kodeksy.com.ua.

6. Закон України «Про загальнодержавну цільову програму «Питна вода України» на 2011-2020 роки» від 03.03.2005 № 2455-IV, редакція діє з 13.11.2011. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http: //search.liga zakon ua.

7. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. ДСТУ 4808:2007. – Чинний від 2009.01.01. – Київ: Держспоживстандарт України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.leonorm/ com.ua/NL_DOC/UA-/200701/Nak_144.htm/.

8. Романко С. М. Забезпечення якості питної води в Україні / С. М. Романко // Актуальні проблеми вдосконалення чинного законодавства України. Збірник наукових статей. – Івано-Франківськ, 2010. – Вип. XXIII. – С. 171-177.

9. Что такое бювет? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: // bigmeden.ru.

10. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 24.04.2013р. № 167 «Про затвердження Порядку будівництва та експлуатації бюветів, які входять до складу нецентралізованих систем постачання питної води» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http: //zakon.rada.gov.ua/go/z0773-13.

11. Бювет минеральных вод №1, Трускавец [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.doroga.ua.

12. Минеральные воды Крыма. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://yalita.com.

13. Питьевые негазированные воды (бутилированные и бюветы). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://market.tut.ua.

14. Где в столице попить водицы? В каких бюветах вода безопасна? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kiev.vgorode.ua.

15. Вода из бюветов безопасна, но не все бювети прошли паспортизацию. Эксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: //www.unian.net.

16. Локальные объекты питьевого водоснабжения бюветы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www. rotor.odessa.ua.

17. Академик НАН Украины Владислав Гончарук: «Мы предложили новые стандарты на питьевую воду, принципиально отличающиеся от принятых в мире» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gazeta.zn.ua.

Надійшла до редакції 10.02.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Недоступ В. І., Фізико-хімічний інститут ім. О. В. Богатського НАН України, м. Одеса.

М. И. Сычев, к.х.н., **Л. И. Коломиец,** д.т.н., **С. Д. Болдырев**

БЮВЕТЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ КАЧЕСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В статье проводится анализ особенностей водоснабжения в Украине, требований к качеству и безопасности воды питьевой, состояния законодательства и нормативних документов относительно обеспечения санитарно-гигиенических норм для воды питьевой в Украине, рассмотрена необходимость использования бюветов, как одного из альтернативних источников качественного водоснабжения.

Ключевые слова: *вода питьевая, источники водоснабжения, требования к качеству и безопасности воды, бюветное водоснабжение, санитарно-гигиенические нормы, методы анализа.*

M. I. Sychev, PhD, **L. V. Kolomiets,** DSc, **S. D. Boldirev**

PUMP ROOM AS AN ALTERNATIVE COMPONENT WATER QUALITY

The paper analyzes the characteristics of water supply in Ukraine, requirements for quality and safety of drinking water, state laws and regulations to ensure sanitary standards in drinking water Ukraine, considered the need for a pump room, as one of the alternative sources of water quality.

Keywords: *drinking water, water source, quality requirements and water safety, well-room water, hygiene regulations, methods of analysis.*

УДК 006.015.5:378.317

О. І. Кисельова, к.п.н., **Л. В. Коломієць,** д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ ЯК УМОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВИЩОЇ ОСВІТИ

У статті досліджено питання впровадження системи управління якістю вищої освіти у роботу ВНЗ з метою підвищення ефективності управління навчальним процесом та контролю якості освітніх послуг. Розкрито роль тестування у системі вимірювання знань студентів; класифікації тестів; фактори впровадження тестування в систему вищої освіти, критерії добору змісту тестового матеріалу. Експериментально досліджено результативність методики реалізації тестового контролю у процесі перевірки знань у студентів технічних ВНЗ.

Ключові слова: *система управління якістю вищої освіти, тестовий контроль, тест, тестові завдання, якість навчання, вимірювання знань.*

Міжнародна наукова спільнота висуває до українських фахівців з вищою освітою вимоги, які потребують вдосконалення системи вітчизняної вищої освіти відповідно до вимог сучасного інформаційного суспільства та світових тенденцій розвитку ВНЗ. У зв'язку з цим набуває особливої актуальності впровадження системи управляння якістю (СУЯ) в систему вищої освіти, основні завдання якої – підвищення ефективності управляння навчальним процесом та контроль якості освітніх послуг.

Проведений аналіз зарубіжного досвіду доводить, що впровадження у роботу виші СУЯ є провідною ознакою конкурентоспроможності навчального закладу. Загальновідомо, що у зарубіжних навчальних закладах наявність сертифікованої системи управління якістю слугує основним критерієм для абітурієнтів при виборі ВНЗ, адже це свідчить про те, що освітня послуга не тільки контролюється внутрішньою системою управління та зовнішнім сертифікаційним органом, але й постійно вдосконалюється, як це передбачає міжнародний стандарт ISO/ДСТУ 9001:2008, згідно з яким вона впроваджується [3, 4].

Питання підвищення якості вищої осовіти шляхом впровадження тестового контролю в останні десятиліття набули особливої актуальності і розглядаються зарубіжними дослідниками (В. Аванесов, Ж. Байрамова, Р. Берк, Д. Вілфорд, Е. Гаффарова, К. Інкегамп, Дж. Равен та ін.) та вітчизняними ученими (В. Беспалько, І. Булах, І. Зварич, М. Кларін, О. Колгатін, І. Логвінов, В. Луговий, Т.Лукіна, О. Майоров, Є. Михайлич, О. Павленко, Т. Сікорський, О. Татур, М. Челішкова, В. Черепанов, І. Цатурова, Г. Цехмістрова, О. Якубовський та ін.).

Мета дослідження: визначити роль тестового контролю у системі управління якістю вищої освіти та проаналізувати його ефективність порівняно з іншими формами контролю знань.

Розгляд складного поняття «якість освіти» вимагає аналізу його складових. Якість – комплексна характеристика, загалом під «якістю» розуміється сукупність властивостей предмета задовольняти певним потребам. Р. Х. Джураєв визначає якість освіти, як «комплекс характеристик професійної свідомості, що визначають здатність фахівця успішно здійснювати професійну діяльність відповідно до вимог економіки на су-

часному етапі розвитку». Проте, у вчених немає єдиної точки зору щодо цього поняття: багато авторів визначають якість освіти як якість функціонування системи освіти, а деякі трактують його як досягнення учнями/студентами заданого (нормативного) рівня навчання (підготовленості) [12].

Управління якістю освіти – це управління якістю відносно всіх об'єктів і процесів в освіті; управління відношенням всіх складових освіти щодо адекватності доктрини освіти, соціального інституту освіти, освітніх систем і соціальних норм якості імперативу і логіці суспільного розвитку в соціоприродному, міжнародному, національно-етнічному, соціально-економічному вимірах. Також управління якістю освіти має вузьке, прикладне значення – це управління якістю підготовки фахівців – для професійних ланок освіти [3, 10].

Неможна говорити про якість освіти, тим більше про систему управляння якістю не дослідивши питання контролю знань у ВНЗ, адже саме контроль знань, насамперед, визначає ефективність, якість, конкурентоспроможність та гнучкість системи управляння якості освіти. Цьому питанню й присвячено наше дослідження. Традиційно, з метою контролю якості освітніх послуг у ВНЗ здійснюється поточний та рубіжний контроль, під час якого визначається рівень навчальних (науково-практичних) досягнень студентів (тестовий або традиційний контроль: усний або письмовий іспит, залік тощо).

Світовою практикою в галузі освіти доведено, що реалізація сучасних навчальних технологій неможлива без процедури тестування, оскільки тестування є найбільш ефективною формою створення оперативного та надійного зворотного зв'язку в організації та управлінні навчальним процесом; дає можливість об'єктивно оцінити рівень знань, вмінь, навичок та якості знань студентів, максимально зменшити фактор суб'єктивності; організувати самостійну роботу студентів. Тестування менше, порівняно із традиційними формами контролю знань, навантажує психологічно як студентів, так і викладачів [5: 58].

Загалом тестовий контроль або тестування – це сукупність процедурних етапів планування, складання і випробування тестів, обробки та інтерпретації результатів проведення тестового контролю; процес використання та проведення тесту [1: 27]. Тест – інструмент оцінювання, використання якого повинно точно указувати галузь і рівень знань або незнань студентів [6: 149].

Основним призначенням тестування у ВНЗ є: вимірювання підготовленості майбутнього фахівця до професійної діяльності та зрушень у формуванні готовності до її здійснення; відстеження динаміки навчальних досягнень студентів і моніторинг ефективності навчально-виховного процесу; встановлення рейтингу успішності студентів; самоаналіз засвоєних знань, умінь і навичок (ЗУН) тощо [8, 9].

Виходячи з цього, провідними функціями тестування слід вважати: діагностичну, контрольну (функцію контролю), навчальну, організаційну та виховну. Розкриваючи роль тестування в процесі контролю якості навчання, неможливо оминути доволі важливе питання: на який рівень сформованості знань і вмінь повинні бути зорієнтовані ті чи інші тести, щоб під час контролю визначити у студентів потрібний рівень якості і зіставити його з вимогами (еталоном). До того ж, знання вказаних рівнів вкрай потрібно при конструюванні і складанні тестових завдань, тестів за формою і змістом, коли в межах конкретного виду контролю встановлюється конкретний відсоток питань або завдань того чи іншого рівня складності. А орієнтиром рівня складності як раз і виступають рівні сформованості знань і вмінь [9].

Можна виокремити як позитивні, так і негативні фактори впровадження тестування в системі вищої освіти (рис. 1), з урахуванням розповсюдженої в останні роки трирівневої системи сформованості знань (рис. 2), що значною мірою впливає на діяльність науково-педагогічних працівників і на їх ставлення до тестування. Отже, ефективність впровадження тестування в систему вищої освіти відповідно до рівнів сформованості знань, визначається змістом тесту, що трактується як, оптимальне відображення навчального матеріалу в системі тестових завдань. Слова "оптимальне відображення" припускають необхідність добору такого контрольного матеріалу, відповіді на який з високою імовірністю (більше 95%) свідчили б про рівень підготовленості кожного студента.

Оптимальне відображення припускає також можливість вибору придатної форми (їх чотири): 1) завдання з вибором одного чи декількох правильних відповідей з числа запропонованих; 2) завдання відкритої форми, де відповідь дописується, у відведеному для цього місці; 3) завдання на встановлення відповідності; 4) завдання на встановлення правильної послідовності дій [1: 65].

Також добирається необхідне число завдань, яке у традиційному тесті звичайно буває не менше тридцяти. Банк завдань адаптивного тесту містить більше число завдань.

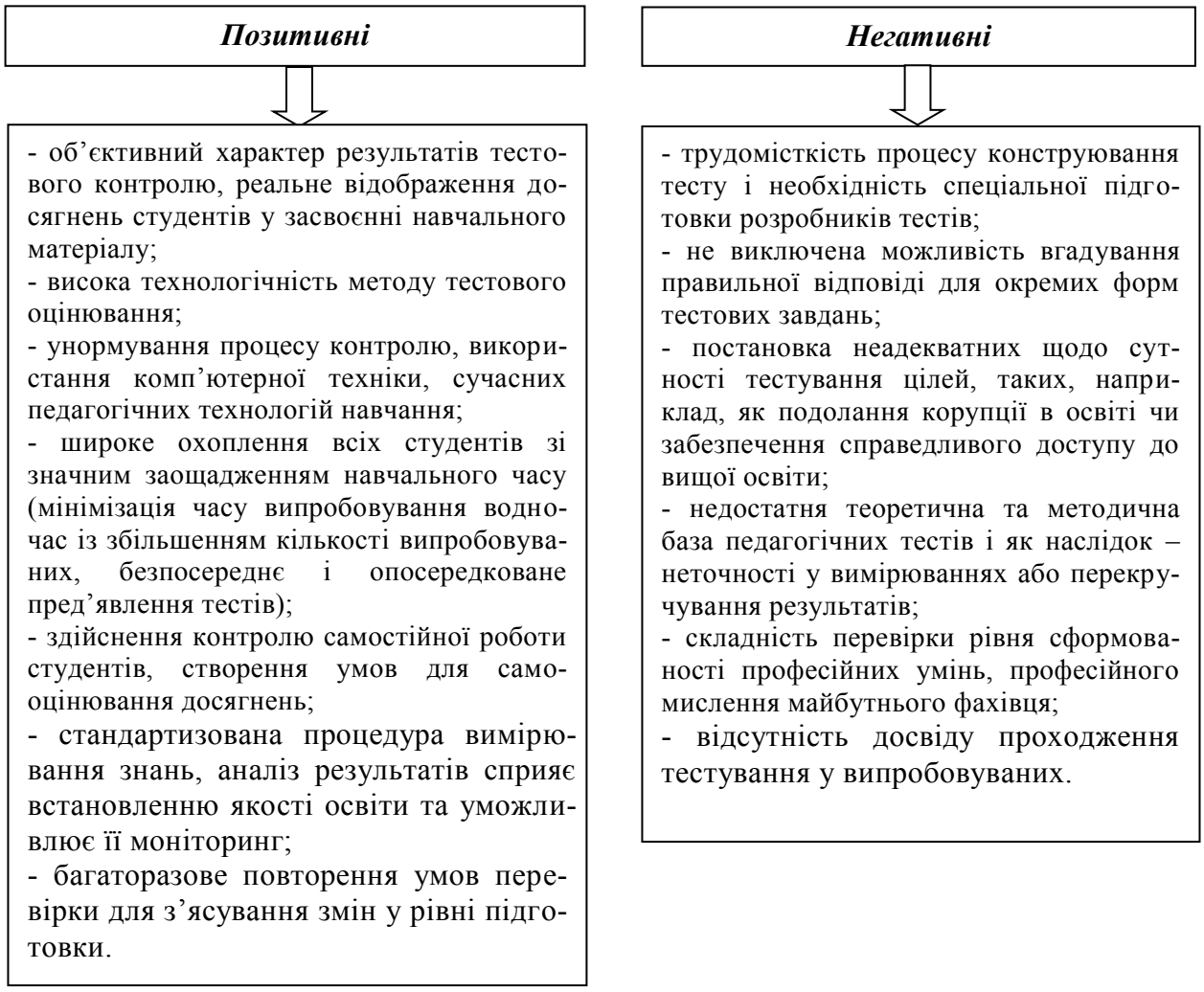


Рисунок 1 – Позитивні і негативні фактори впровадження тестування в систему вищої освіти

При тестуванні перевіряється не весь програмний матеріал, а лише та частина навчальної програми, що входить до змісту. Це знання, що підлягають обов'язковій перевірці в кожній системі навчання. Деякі елементи знань, що перевіряються, (переважно з окремих тем) використовуються тільки в поточному контролі, інші елементи, що охоплюють знання кількох тем і використовуються в рубіжному контролі наприклад, залік наприкінці семестру. У підсумковому контролі використовуються завдання, відповіді на які вимагають знання всіх тем передбачених навчальною програмою за період вивчення дисципліни. При цьому, виникає ряд таких досить суперечливих питань, як визначення мінімального "прохідного" відсотка правильного виконання числа завдань, визначення оцінки в залежності від відсотка правильних відповідей. Саме тому ми об'єднали різні критерії добору змісту тестового матеріалу, дотримання яких дозволяє визначити об'єктивний рівень знань з певної дисципліни (рис. 3). Також необхідно відзначити, що існує багато різних класифікацій тестів за формою, типом і видами завдань. Найбільш популярні з них представлені на схемі 4.

Засновуючись на теоретичних даних, започаткували експериментальне дослідження, яке проводилось в три етапи у чотирьох групах студентів 2-3 курсів коледжу Одеської державної академії технічного регулювання та якості. На початку експерименту було обрано експериментальну (ЕГ) і контрольну групи (КГ) з загальною кількістю учасників 80 студентів (по 40 осіб у ЕГ та КГ). Ми припустили, що дані про перевірку знань за допомогою вирішення задач та відповідей на теоретичні запитання (традиційна форма) в КГ та відповідей на тестовий контроль (експериментальна) ЕГ будуть різнитися.

СИСТЕМА СФОРМОВАНОСТІ ЗНАНЬ

Ознайомчо-орієнтовний рівень (ООР)

студенти отримують орієнтовне уявлення про поняття, що вивчають, можуть повторити формулювання визначень, законів; вміють виконувати типові завдання шляхом підстановки числових значень, вміють виконувати прості розрахунки, типові дії та вимірювання.

Понятійно-аналітичний рівень (ПАР)

студенти мають чітке уявлення і поняття про об'єкт, що вивчається; здатні здійснити смислове виділення, пояснення, проводити аналіз, перенесення раніш засвоєних знань в нетипові, нестандартні умови.

Ознайомчо-орієнтовний рівень (ООР)

студенти отримують орієнтовне уявлення про поняття, що вивчають, можуть повторити формулювання визначень, законів; вміють виконувати типові завдання шляхом підстановки числових значень, вміють виконувати прості розрахунки, типові дії та вимірювання.

Продуктивно-синтетичний рівень (ПСР)

студенти мають повне поняття про об'єкт, що вивчається, здатні здійснювати синтез, генерувати нові уявлення, переносити раніш засвоєні знання в нетипові, нестандартні ситуації, самостійно засвоювати нові знання та навички, застосовувати їх на практиці в нетипових умовах.

Рисунок 2 – Трирівнева система сформованості знань

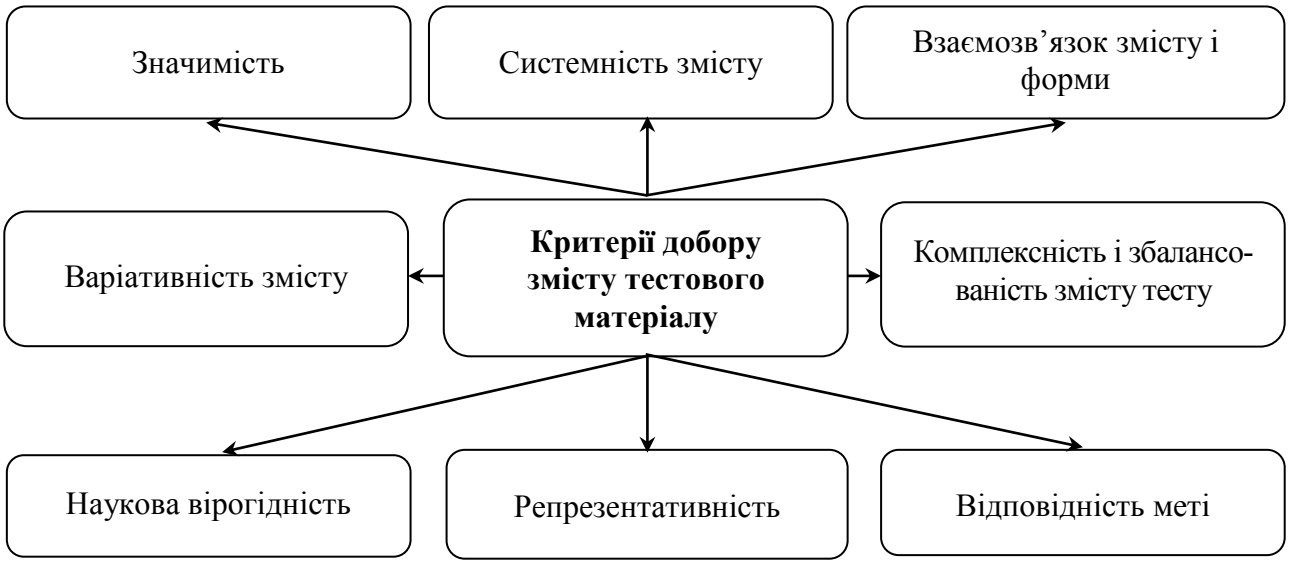


Рисунок 3 – Критерії добору змісту тестового матеріалу

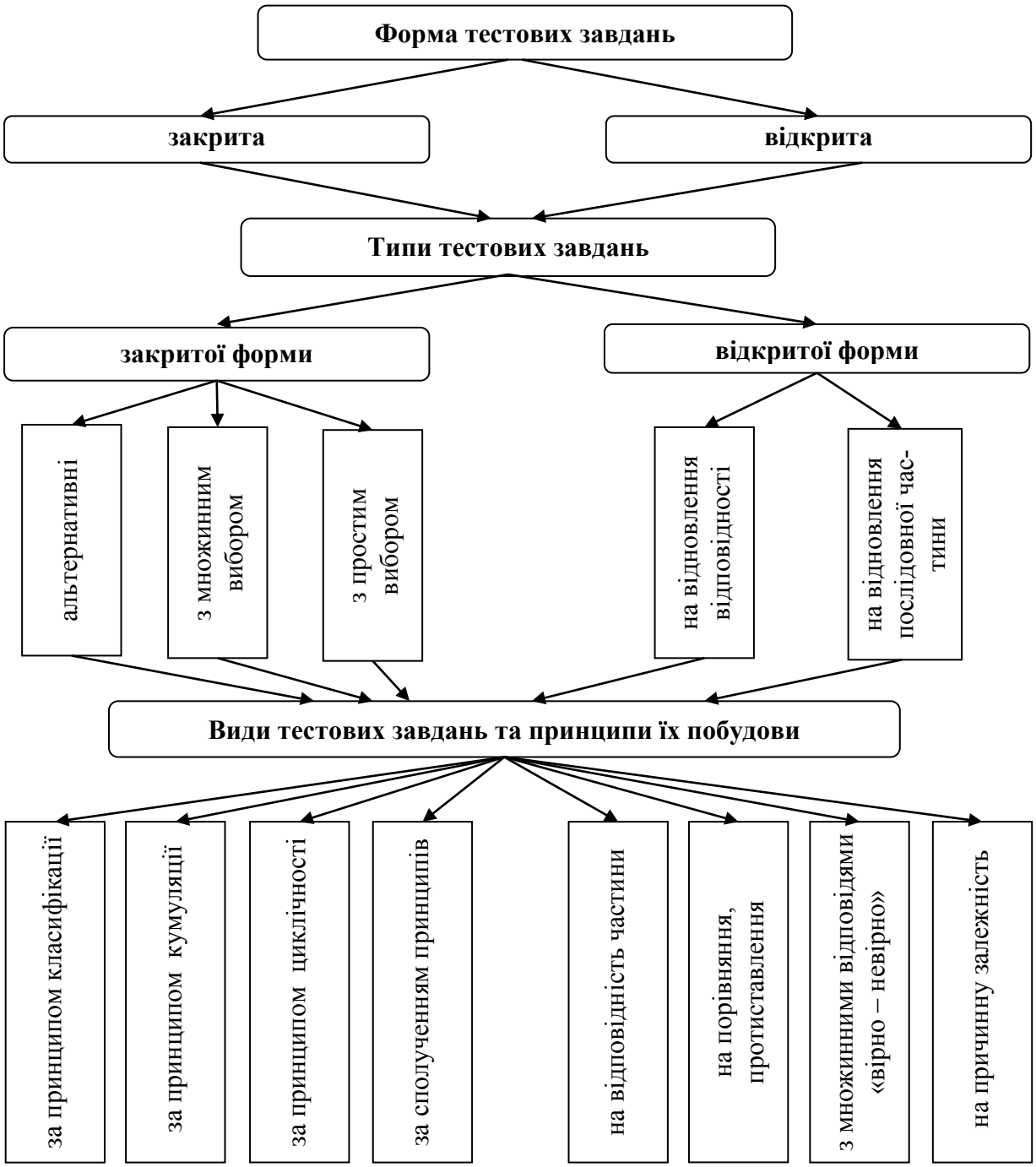


Рисунок 4 – Класифікація тестових завдань

Метою 1 етапу експерименту було дослідження знань, вмінь та навичок студентів отриманих раніше, на 1 – 2 курсах навчання при вивченні курсу «Температурні та теплофізичні вимірювання». Експеримент проходив у формі виконання контрольних робіт студентами та проведення тестового контролю з метою з'ясування рівня залишкових знань отриманих раніше при вивченні дисципліни «Температурні та теплофізичні вимірювання» на 1 – 2 курсах навчання. Високий рівень знань не виявлено в жодного студента ЕГ та КГ, достатній – у 20% ЕГ і 22% КГ. Середній рівень знань зафіксовано у 20% ЕГ та у 18% КГ, низький рівень – по 60% у двох групах. Підсумовуючи завершення 1 етапу, ми відзначили, що результати експерименту не залежали від форми контролю знань студентів ОДАТРЯ.

2 етап експерименту проходив наступним чином: студенти відповідно до навчальної і робочої програми дисципліни «Температурні та теплофізичні вимірювання» вивчали протягом семестру наступні теми: «Використання термометрів», «Термометрія випромінення», «Основні закони випромінення», «Термометри випромінення», «Методи та апаратура для калібру-

вання і повірки термометрів випромінення», «Використання термометрів випромінення», «Вимірювання теплофізичних величин», «Основні терміни та визначення методів та засобів теплових величин», «Вимірювання кількості теплової енергії», «Вимірювання енергії згоряння», «Вимірювання теплового потоку». Проводились практичні та семінарські заняття, лабораторні заняття, лабораторний метрологічний практикум, а також тести.

Наприкінці вивчення курсу «Температурні та теплофізичні вимірювання» був проведений контрольний зріз знань у вигляді тестування та самостійної роботи (3 етап експерименту) результати якого представлено в таблиці.

Як засвідчують дані таблиці, ми спостерігаємо істотну різницю між високим рівнем знань на порівняльному етапі експерименту 34% в ЕГ і 26% в КГ; достатнім 36% в ЕГ і 24% КГ; середнім (20 % ЕГ і 30% КГ) і низьким (30 % ЕГ і 20 % КГ).

Таблиця 1 – Результати обробки даних порівняльного етапу експерименту (у %)

Етапи експерименту	Група	Форми контролю	Рівні знань			
			високий	достатній	середній	низький
Констатувальний етап	ЕГ	Експериментальна (тест)	-	20	20	60
	КГ	Традиційна (задачі, опитування)	-	22	18	60
Порівняльний етап	ЕГ	Експериментальна (тест)	34	36	20	10
	КГ	Традиційна (задачі, опитування)	26	24	30	20

Висновки. Отримані дані дають підстави стверджувати, що результат контролю знань дійсно залежить від форми контролю. І оскільки традиційні запитання й задачі не підлягали таким жорстким критеріям відбору (значимість, системність, наукова вірогідність тощо), на відміну від тестів, то можна припустити що вимірювання знань студентів технічного ВНЗ за допомогою тестів більш точно й повно розкриває якість отриманих знань студентів, проте це припущення потребує подальших досліджень.

Отже, дослідження довели, що тестовий контроль на сьогодні є одним з найбільш потужних, надійних й об'єктивних методів контролю за навчальними досягненнями студентів.

Результати отримані у ході експериментального дослідження довели необхідність подальшої розробки, дослідження та впровадження у практику технічних ВНЗ системи тестування, як умови забезпечення ефективного впровадження СУЯ вищої освіти. Доведено, що педагогічне тестування об’єктивно виявляє якість навчальних досягнень студентів, забезпечуючи вдосконалення організаційно-управлінської діяльності та менеджменту якості вищої освіти, за умов: систематичного застосування тестування в освітній практиці як методу навчання, фактора особистісного розвитку студентів на всіх етапах навчання та забезпечення плідного впровадження СУЯ вищої освіти. Використання тестування як засобу контролю за навчальним процесом з дисциплін технічних ВНЗ сприяє активізації навчально-пізнавальної діяльності і професійному самовдосконаленню суб’єктів освіти.

Проте, студенти й викладачі не мають чіткого уявлення про дидактичні можливості та кваліметричний потенціал тестування, і, як наслідок, застосування тестів у сучасній вищій школі є малоефективним. Для оцінки ефективності запропонованої технології контролю можна віднести три групи показників, взаємопов’язаних між собою.

До першої групи належать показники, що ілюструють кінцеві результати впровадження контрольно-оцінної системи до навчального процесу: збільшення динаміки позитивних змін якості професійних знань студентів, упровадження інноваційних методів навчання, зростання особистісних досягнень студентів і викладачів у науковій діяльності.

До другої групи належать показники, що характеризують очікувані позитивні зміни в процесі управління якістю навчання у ВНЗ: збільшення обсягу інформації про навчальні досягнення студентів, скорочення часу й економія морально-психологічних ресурсів викладачів на проведення контролю й оцінювання знань, індивідуалізований підхід до студентів, ріст оперативності в ухваленні управлінських рішень у навчальному процесі, зменшення витрат, підвищення ефективності використання технічних засобів, якісні зміни в роботі викладачів.

Третю групу становлять показники, що характеризують раціональність організаційної структури навчального процесу з використанням контрольно-оцінної системи на основі тестування: збалансованість у розподілі пропорцій контролю і самоконтролю, підсумкового і поточного контролю, адаптивність контрольно-діагностичної системи, що виявляється у можли-

вості її модифікації відповідно до запитів суспільства і специфіки вищого навчального закладу.

Список використаних джерел

1. Аванесов В.С. Теория и методика педагогических измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступу: http://testolog.narod.ru/ Theory12. html.

2. Булах І. Є. Створюємо якісний тест: навчальний посібник / І. Є. Булах, М. Р. Мруга. – К. : Майстер-клас, 2006. – 160 с.

3. Гаффарова Е. Создание системы менеджмента качества в вузе / Е. Гаффарова // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 12. – С. 12-16.

4. Ильинский И. Качество – ядро образовательного процесса / И. Ильинский // Стандарты и качество. – 2002. – № 4. – С. 22-24.

5. Комишан А. І., Худаковський К. І. Технологія тестового контролю успішності засвоєння змісту навчання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://library.uipa.kharkov.ua/library/ Left_menu/Zbirnuk.

6. Короткий тестологічний словник-довідник / Упорядник Л. Т. Коваленко. – К. : Грамота, 2008. – 160 с. (Серія «Словник») [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.znannya.org/?view=testology.

7. Лукіна Т. О. Педагогічна діагностика: завдання, методи, інструменти: навчально-методичні матеріали до модуля / Т. О. Лукіна. – К. : Проект "Рівний доступ до якісної освіти в Україні", 2007. – 59 с.

8. Майоров А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования / А. Н. Майоров. – М. : Интеллект-Центр, 2002. – 296 с.

9. Опарина Н. М., Полина Г. Н., Файззулин Р. М., Шрамкова И. Г. Адаптивное тестирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www. gumer.info/bibliotek_ Buks/Pedagog/testing/index.php.

10. Оцінка знань студентів та якості підготовки фахівців (методичні та методологічні аспекти): [Навч. посібник] / А. Й. Ягодзінський, А. О. Муромцева, Л. В. Іванова та ін. / Одеський держ. економічний ун-т. – К., 2007. – 216 с.

11. Поддубный А. В., Панина И. К., Ащепкова Л. Я. Методические основы разработки и использования педагогических тестов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// www. dvgu. ru/umu/pedtest/Main.htm.

12. Спиридонов Э. Разработка модели системы качества вуза / Э. Спиридонов, Е. Савина // Стандарты и качество. – 2002. – № 4. – С. 46-47.

О. И. Киселева, к.п.н., **Л. В. Коломиец,** д.т.н.

ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАК УСЛОВИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

В статье исследованы вопросы внедрения системы управления качеством высшего образования в работу вузов с целью повышения эффективности управления учебным процессом и контроля качества образовательных услуг. Раскрыта роль тестирования в системе измерения знаний студентов; классификации тестов; факторы внедрения тестирования в систему высшего образования, критерии отбора содержания тестового материала. Экспериментально исследованы результативность методики реализации тестового контроля в процессе проверки знаний у студентов технических вузов.

Ключевые слова: *система управления качеством высшего образования, тестовый контроль, тест, тестовые задания, качество обучения, измерения знаний.*

O. I. Kiseleva, PhD, **L. V. Kolomiets**, DSc

TEST CONTROL AS CONDITION OF EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF HIGHER EDUCATION

The article deals with the problems of implementation of quality management system of higher education into the work of higher educational institutions with the aim of improvement of the effectiveness of management of educational process and quality control of educational services. The role of testing in the system of students' knowledge measurement, classification of tests, factors of implementation of testing into higher education system, selection criteria of test material content have been revealed. The effectiveness of the methodology of test control realization in the process of verification of students' knowledge at technical higher educational establishments.

Keywords: *quality management system of higher education, test control, test, test assignments, quality of education, measurement of knowledge.*

УДК 681.23

М. В. Оленєв, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

МЕТОД ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВИПУСКНИКІВ-МАГІСТРІВ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Запропоновано метод зіставлення рівнів підготовки магістрів у різних закладах однакового профілю шляхом монотонного графоаналітичного зведення сукупності їх оцінок під час випуску до єдиного інтегрального показника якості кожного із закладів. Застосування методу показано на прикладі деяких політехнічних університетів.

Ключові слова: *експертне узгоджене ранжирування важливості дисциплін, багатофакторна модель порівняння, інтегральний показник якості випускника.*

Постановка проблеми

Конкурентні умови сучасного науково-технічного прогресу, розширення міжнародних науково-технічних зв'язків, а також актуальність удосконалення підготовки в країні випускників вищих навчальних закладів (ВНЗ) з повною вищою освітою, – всі ці фактори потребують порівняння кількісних оцінок якості освіти кадрів, перш за все, технічного профілю. Це вимагає визначення і застосування спеціальних чисельних показників якості: під час прийняття відповідних обґрунтованих рішень відносно результатів порівняння ВНЗ щодо якості їх основної продукції. При цьому необхідні відповідні наукові методи і ефективні методики для об'єктивного порівняння альтернативних варіантів конкуруючих ВНЗ, навіть у випадку, коли окремі суттєві показники їх якості є суперечливими.

Зрозуміло, що завдання об'єктивного порівняння якості магістрів технічного профілю за інтегральним показником, який завжди характеризується множиною окремих показників або параметрів якості, або оцінок засвоєння випускниками кожної конкретної дисципліни, відноситься, як правило, до класу погано визначених багатокритеріальних задач, тому що ці показники не завжди піддаються точному обчисленню, залежать від множини випадкових і невизначених факторів. Саме тому за традицією ці ВНЗ суб'єктивно порівнюють за дуже обмеженою сукупністю важливих окремих показників якості.

Метод, що пропонується, реалізується на основі моделі для кількісної оцінки якості підготовки магістра за сукупністю середніх у ВНЗ нормованих оцінок із дипломів магістрів по кожній із 16-ті дисциплін. Метод є інструментом багатофакторного порівняння різних ВНЗ, з метою урахування цього порівняння під час узагальнення результатів аналізу сукупності умов для прийняття остаточного рішення щодо вибору найбільш прийнятного (конкурентоздатного) варіанту або ВНЗ для підготовки спеціалістів із альтернативних з метою подальшого розповсюдження його досвіду.

Відомо, що під час цього порівняння важко обминати проблему визначення деякого інтегрального (узагальненого) показника якості випускника, а, отже, неможливо уникнути прийомів зведення багатокритеріальної задачі порівняння до однокритеріальної.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Відомі чисельні публікації, аналітичні методи, моделі та методики, що дають можливість приймати узгоджене рішення під час порівняння деяких об'єктів, результатів або варіантів за множиною показників їх якості, тобто методи розв'язання багатокритеріальної задач [1-3].

Недоліком цих відомих засобів є занадто велика складність їх практичного застосування або велика суб'єктивність процесу одержання інтегральної оцінки якості кожного варіанта із сукупності альтернативних.

Постановка завдання

Метою статті є розробка більш простого графоаналітичного метода на основі нормування показників-оцінок засвоєння дисциплін і моделі монотонного графічного перетворення сукупності великої множини цих оцінок, які всебічно характеризують середньостатистичного випускника магістратури ВНЗ, що дозволяє одержувати кількісні експрес-оцінки інтегральної якості роботи кожного із ВНЗ для порівняння його з іншими. Ця інтегральна порівняльна оцінка необхідна для планування і підготовки рішень, з метою цілеспрямованого удосконалення вищої освіти.

Деякий інтегральний показник якості підготовки магістра можливо характеризувати декількома *групами окремих показників якості*, тобто середніх у ВНЗ оцінок з наступних дисциплін,

наприклад: I – спеціальні дисципліни; II – інженерні системотехнічні дисципліни; III – фундаментальні дисципліни; IV – соціально-економічні дисципліни. Підкреслимо ще раз, що порівняння типового випускника магістратури кожного із ВНЗ з типовим випускником магістратури будь-якого альтернативного ВНЗ здійснюється с метою прийняття рішення з урахуванням існуючих і перспективних важливих для практики науково-технічних завдань.

Виклад основного матеріалу

Метод містить декілька етапів одержання інтегральної оцінки альтернатив, що порівнюються, у вигляді наступного переліку дій його користувача. Тому розглянемо метод на конкретному прикладі підготовки магістрів за спеціальністю «автомобілі та автомобільне господарство».

Етап 1. Окремі середні у ВНЗ *показники-оцінки якості магістра змістовно об'єднують в чотири групи* у наступному виді.

I – *оцінки за спеціальні дисципліни*, а саме:

1) автомобільний транспорт, p;

2) технічна експлуатація автомобіля, Д;

3) технологія виробництва та ремонту автомобілів, C;

4) технічне діагностування автомобілів, f.

II – *оцінки за інженерні системотехнічні дисципліни*, а саме:

5) проектування і експлуатація технологічного устаткування, a;

6) сучасні методи автоматизованого проектування, T;

7) математичне моделювання технічних систем, q.

8) управління експлуатацією технічних систем, γ;

III – *оцінки за фундаментальні дисципліни*, а саме:

9) методологія та організація наукових досліджень, ζ;

10) методологія викладання у вищої школі, d;

11) інтелектуальна власність і патентознавство, ρ;

12) педагогіка і психологія вищої школи, ξ.

IV – *оцінки за соціально-економічні дисципліни*, а саме:

13) цивільний захист, δ;

14) охорона праці в галузі, β;

15) менеджмент і маркетинг інноваційної діяльності, w;

16) сертифікація промислової продукції, h.

Етап 2. *Формують еталонну сукупність показників якості магістра*, тобто сукупності якого еталонного випускника магістратури. Вона складається з показників найбільш високого рівню в сукупності величин показників, що порівнюються. Нехай сукупність оцінок цього еталонного магістра має вигляд:

1) $p_в$; Д$_в$; $C_в$; $f_в$; 2) $a_в$; $T_в$; $q_в$; $\gamma_в$; 3) $\zeta_в$; $d_в$; $\rho_в$; $\xi_в$; 4) $\delta_в$; $\beta_в$; $w_в$; $h_в$.

Етап 3. *Здійснюють далі нормування цих показників якості* магістра величиною, яка дорівнює модулю радіуса-вектору (p) кількісного значення конкретного середнього за ВНЗ показника-оцінки магістра і відповідного показника-оцінки еталонного магістра. Цей модуль дорівнює

$$p = \sqrt{p_1^2 + p_в^2}\,, \qquad (1)$$

де p_1 – перший показник-оцінка якості випускника;

$p_в$ – аналогічний показник якості еталонного випускника.

Така операція спрощує процес нормування оцінок магістрів конкурентних ВНЗ. Результати нормування 1-го,…,16-го показників якості магістра кожного i-го ВНЗ $(i = 1,...,k)$ представляють у вигляді:

$$X_1^{(i)} = \frac{p_{(i)}}{\sqrt{\left[p_{(i)}\right]^2 + \left[p_в\right]^2}}; ...; X_{16}^{(i)} = \frac{h_{(i)}}{\sqrt{\left[h_{(i)}\right]^2 + \left[h_в\right]^2}}\,. \qquad (2)$$

Етап 4. *Ранжирують ці параметри*. Параметри $X_1^{(i)} ... X_{16}^{(i)} (i = 1,...k)$ доцільно узгоджено ранжирувати за їх важливістю шляхом експертного опитування. Цей прийом потребує пояснення.

Метод узгодженого ранжирування, коли враховуються переваги кожного експерта, доцільно пояснити на конкретному прикладі.

Нехай необхідно ранжирувати, тобто розставити за рівнем зменшення їх важливості наступну послідовність з чотирьох показників-оцінок якості (параметрів), наприклад, X_1, X_2, X_3, X_4.

За умов, що, наприклад, три досвідчених експерти розставили ці параметри за рівнем зменшення їх важливості, так що матриця Н результатів початкового ранжирування може бути представленою таким чином, що кожний її рядок відповідає переважним вимогам одного з експертів, а кожний стовбець матриці відповідає номеру місця, яке відображує степінь його важливості параметру на думку експерту за мірою її зменшення. При цьому матриця Н$^{(+)}$ номерів місць

позитивних переваг експертів містить за стовбцями лише відповідні номери місць, які експерти віддали для відповідних параметрів. Матрицю $H^{(-)}$ негативних переважних поглядів експертів будують таким чином, що великі величини номерів розташовуються на місцях елементів матриці, які є менш важливими (за поглядом експертів) параметрами, тобто маємо:

$$H^{(+)} = \begin{Vmatrix} 4 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \\ 3 & 2 & 1 & 4 \end{Vmatrix}; \quad H^{(-)} = \begin{Vmatrix} 1 & 4 & 3 & 2 \\ 3 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 4 & 1 \end{Vmatrix}. \quad (3)$$

Після підсумовування елементів стовбців матриці $H^{(+)}$, а також елементів стовбців матриці $H^{(-)}$, побудуємо вектори позитивних $P^{(+)}$ і негативних $P^{(-)}$ переваг експертів у вигляді:

$$P^{(+)} = (9 \quad 4 \quad 6 \quad 11); \quad P^{(-)} = (6 \quad 11 \quad 9 \quad 4). \quad (4)$$

Далі одержимо різницю векторів (4), тобто отримаємо вектор ΔP різницевих переваг експертів. Його елементи дозволяють розставити елементи послідовності параметрів, що ранжируються, з урахуванням абсолютних величин і знака елементів цього вектора різницевих переваг. Це дозволяє розв'язати задачу узгодженого ранжирування параметрів за рівнем зменшування їх важливості

$$\Delta P = P^{(+)} - P^{(-)} = (+3 \quad -7 \quad -3 \quad +7). \quad (5)$$

Найбільша величина позитивного четвертого елемента вектора (5) означає, що параметр з номером 4 необхідно розташувати за рівнем його важливості на останнє місце.

Після повторення операцій (3, 4, 5), але вже з трьом'я параметрами, отримаємо, що на передостанньому місці за важливістю після узгодження переваг експертів виявляється третій параметр. Далі на друге місце за важливістю необхідно поставити перший параметр, тому що найменше чисельне значення має другий елемент останнього вектора різницевих переваг.

Таким є узгоджений погляд експертів. Узгодження декількох поглядів, особливо у випадку їх великої кількості, природно, дозволяє отримати більш зважений результат. Його корисність прямо пропорційна не тільки рівню кваліфікації експертів, але також їх кількості в процесі розв'язання задачі об'єктивного ранжирування множини параметрів.

Будемо припускати, що після обробки усіх результатів і розставлення в кожній групі показників-оцінок якості випускників за важливістю у даному випадку дисциплін у ВНЗ, а також після розставлення самих груп показників-оцінок якості груп дисциплін за їх важливістю, одержаною є послідовність ранжируваних показників якості магістрів не тільки *i*-го ВНЗ, але і еталонного ВНЗ, окремо, у вигляді:

$$X^{(e)} = \left\{ X_1^{(e)}, X_2^{(e)}, \ldots, X_{15}^{(e)}, X_{16}^{(e)} \right\}.$$

Нехай встановлено, що узгоджена експертами важливість конкретної групи дисциплін, тобто групи показників-оцінок є тим вищою, чим менше номер групи.

Етап 5. Далі *здійснюється графічне монотонне перетворення показників-оцінок*. Спочатку визначають узагальнені оцінки усередині кожної групи оцінок магістра з дисциплін. Для цього наносять величини параметрів на сторони відповідних квадратів. Кожній групі із чотирьох параметрів ставиться у відповідність квадрат (рис. 1), по сторонах якого нанесені шкали ранжируваних параметрів-оцінок від мінімального значення (нуля) до максимального (одиниці). На горизонтальних сторонах квадрату наносять шкали справа наліво, на вертикальних – знизу уверх. На кожній шкалі (стороні квадрату) відкладається значення відповідного показника *i*-го ($i = 1, \ldots, k$) та еталонного (індекс « *e* ») підрозділу. При цьому *значення найбільш важливих показників* із групи відкладаються *на лівій та верхній сторонах* квадрату.

Етап 6. *Попарно об'єднують параметри і одержують комплексні оцінки групи* з чотирьох параметрів. Для цього значення показників, що взяті на протилежних сторонах квадрату, з'єднуються прямими лініями. Із точки перетину ліній опускається перпендикуляр на діагональ квадрату, що проведена із його правого нижнього кута у лівий верхній. Діагональ розбивається на сто рівних відрізків.Точка перетину перпендикуляра з діагоналлю дає комплексну, узагальнену, оцінку *l*-й групи (*l = I, II, III, IV*) показників-оцінок якості магістра $Y^{(l_i)}$ та *l*-й групи показників еталонного підрозділу $Y^{(l_e)}$. Такий підхід дозволяє одержати значення узагальненої оцінки кожної із чотирьох груп у відсотках. При цьому відрахування чисельних значень здійснюється на діагоналі квадрату від правого нижнього кута, який приймається за початок відрахування, до перетину перпендикуляра з діагоналлю квадрату (рис. 1).

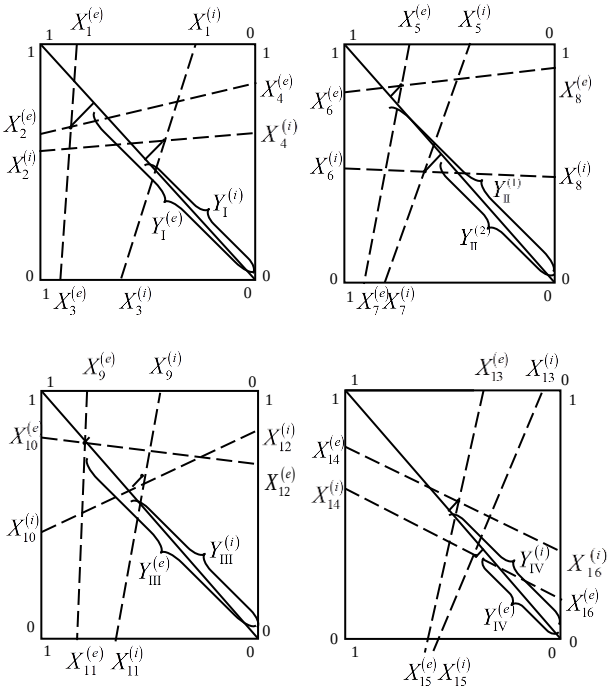


Рисунок 1 – Графіки порівняння магістрів ВНЗ за параметрами кожної з чотирьох груп оцінок з окремих груп дисциплін навчання за спеціальністю

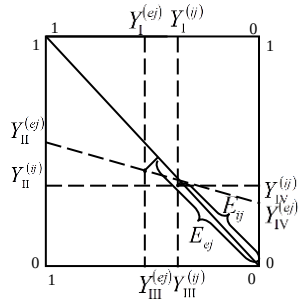


Рисунок 2 – Графік для обчислення інтегральних показників якості підготовки магістрів конкретного ВНЗ в порівнянні з магістрами еталонного ВНЗ, які порівнюються за потенціалом підготовки за допомогою 16-ти усереднених часткових параметрів-оцінок типового магістра кожного ВНЗ

Етап 7. *Будують графік для обчислення інтегрального показника якості магістра (типового для і-го ВНЗ*) (рис. 2). Це здійснюється для урахування величин узагальнених показників-оцінок кожної з чотирьох груп, з метою одержання чисельного значення інтегрального показника якості випускника кожного з *k* ВНЗ, які порівнюються, можливо казати, за потенціалами якості підготовки випускників з повною вищою освітою.

За критерієм максимуму інтегрального показника якості випускника кращим виявляється той ВНЗ із *k* ВНЗ, для якого інтегральний показник $E_i(i=1,\ldots,k)$ є більш високим, тобто той, що має більш високий рівень потенціалу якісної підготовки магістрів.

Практичне застосування результатів графічного обчислення інтегральних показників якості магістрів забезпечує, таким чином, отримання результатів більш об'єктивного порівняння ВНЗ за потенціалом підготовки кращих для країни професіоналів у даному разі технічного профілю.

Метод порівняння ВНЗ за сукупністю їх суттєвих показників якості підготовки магістрів сприяє підвищенню ефективності реалізації процесу удосконалення освіти під час інтенсивної конкуренції випускників ВНЗ на внутрішньому і зовнішньому ринці труда.

Висновки

Метод на основі використання багатофакторної моделі порівняння підрозділів, забезпечує однозначне рішення задачі за множиною критеріїв і одержання об'єктивної оцінки інтегральної характеристики ВНЗ.

Спосіб ранжирування ВНЗ за їх готовністю до конкуренції в умовах ринкової економіки за допомогою комп'ютера дозволяє здійснювати рішення цієї задачі неодноразово по мірі зміни окремих параметрів-оцінок кожного з ВНЗ за результатами щорічних випусків магістрів.

Список використаних джерел

1. Озерной В. М. Принципы построения и использования многокритериальных моделей задач принятия решений / В. М. Озерной // Сборник трудов Института проблем управления. – М., 1974. – Вып. 5. – С. 3 – 15.

2. Озерной В. М. Методология решения многокритериальных задач / В. М. Озерной, М. Г. Гафт // Сборник «Многокритериальные задачи принятия решений». – М.: Машиностроение, 1978. – С. 14 – 17.

3. Гафт М. Г. Принятие решений при многих критериях / М. Г. Гафт. – М.: Знание. Серия «Математика, кибернетика», 1979. – № 7. – 67 с.

Надійшла до редакції 10.04.2015

Рецензент: д.т.н., доцент Дем'янчук Б.О., Військова академія, м. Одеса.

Н. В. Оленев, к.т.н.

МЕТОД СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКОВ-МАГИСТРОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Предлагается метод количественного сравнения уровня подготовки выпускников-магистров одинаковой специальности на основе использования модели для определения графоаналитической оценки их интегрального показателя по совокупности существенных показателей оценок, которые выставлены в приложениях к диплому магистра и усреднены в целом за ВУЗ. Метод является инструментом многофакторного сравнивания потенциальных возможностей ВУЗов с целью учета и коррекции их результатов работы в процессе целенаправленного совершенствования в стране высшего образования.

Ключевые слова: *обобщенный показатель качества подготовки магистров, методика экспертного согласованного ранжирования параметров, многофакторная модель сравнения ВУЗов.*

N. V. Olenev, PhD

THE METHOD OF COMPARATIVE EVOLUTION OF THE QUALITY OF GRADUATES OF MASTERS IN HIGHER EDUCATION

It is offered method for the quantitative comparison of the level training of graduate-master to alike profession on base of the use to models for determination graphic-analytical estimations their integral factor on the basis of essential factors estimation, which are exposed in exhibits to diploma of the master and are averaged for higher education as a whole. The method is an instrument multivariate comparisons potential possibilities higher education institutions for the reason account and correction their results in process of the goal-directed improvement of the higher education in country.

Keywords: *generalized factor quality of training master, methods of the expert coordinated ranking parameters, multifactor model of the comparison of high school.*

УДК 005:006.1

О. С. Букреева

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СРЕДСТВ АВТОТРАНСПОРТА

Разработана общая классификация объектов системы нормативно-технического обеспечения полного жизненного цикла средств автотранспорта. В качестве атрибутов представлены ее иерархия, характеристики времени и функциональная принадлежность. Представлена типология нормативов по уровню новизны, по видам регулируемых функций и по их месту в жизненном цикле.

Ключевые слова: *объект стандартизации, нормативно-техническое обеспечение, средства автотранспорта, системная классификация, атрибуты системы, жизненный цикл.*

Эффективность использования любой системы значительно зависит от полноты и качества классификации ее объектов. Система нормативно-технического обеспечения (НТО) полного жизненного цикла (ЖЦ) средств автотранспорта (САТ) состоит из множества различных элементов и представляет собой комплекс информационных и вещественных средств, который устанавливает правила, общие принципы и характеристики, относящиеся к ЖЦ САТ и результатам его осуществления. Структурная модель данной системы, рассмотренная в [1], отражает ее иерархию и многомерность, но не решает задачи общей классификации ее объектов. Разнообразие задач, решаемых нормативами в ЖЦ САТ, требует создания достаточно общей, но конструктивной системы сжатия информации и нормирования характеристик их объектов, в том числе, по уровням иерархии, новизны, виду реализуемых функций и их месте в ЖЦ САТ.

Анализ публикаций. В Украине принята классификация нормативных документов в соответствии с ДСТУ 1.01:2003 [2]. В этом стандарте под объектами стандартизации понимают продукцию, процессы, услуги, материалы, их составляющие, оборудование, системы, их совместимость, правила, процедуры, функции, методы или деятельность. И, в зависимости от объекта стандартизации, различают виды нормативных документов: стандарты, кодексы установившейся практики, технические условия. Указанный стандарт классифицирует другие стандарты в зависимости от специфики их объектов (основополагающие, на продукцию, процессы, услуги, на методы, их совместимость, общих технических условий) и по уровню субъектов (национальные, организаций).

Проблемой классификации объектов стандартизации занимались ученые. В работе Безрукова А. И. и Каца А. М. [3] рассмотрены особенности построения классификации объектов стандартизации и статистические методы оценки ее качества, проведен обзор существующих методов классифицирования и дан их сравнительный анализ. Статья Жилиной М. А. и Гусятникова В. Н. [4] посвящена проблемам применения математических методов обработки данных для создания и оптимизации объединенных классификаций объектов стандартизации для групп однородной продукции. Гинзбург М. Д. в работе [5] проанализировал основные понятия касательно нормативных документов и предложил классификацию нормативных документов, используемых для технического регулирования в соответствии с принципиальными положениями государственной политики в сфере технического регулирования [6] с целью реформирования национальной системы стандартизации на основе международной и европейской практики.

Однако, указанная проблема не была рассмотрена в контексте общности объектов НТО полного ЖЦ САТ.

Целью данной статьи является разработка общей классификации объектов системы нормативно-технического обеспечения полного жизненного цикла средств автотранспорта.

Основной материал. Для решения поставленной задачи в соответствии с системным подходом и методом [7] целесообразно представить систему НТО полного ЖЦ САТ согласно третьему понятию системы [8]. В соответствии с ним необходимо выполнить структуризацию главных атрибутов исследуемых объектов, относящихся к их иерархии, функциям и процессам. Это позволяет отобразить связанность главных атрибутов, определить вид системы и ее объектов. Тогда, разрабатываемая классификация требует отображения таких атрибутов: иерархия системы, характеристики времени и функциональная принадлежность.

Иерархия системы НТО связана с ее масштабным фактором, материальной основой которого является исследуемый объект. Для его отображения можно использовать общую структуру и классификацию уровней техносферы [8].

Укрупненно иерархическую классификацию объектов НТО полного ЖЦ САТ можно представить в виде, приведенном в табл. 1, используя в том числе географические факторы. Здесь и в дальнейшем будем присваивать каждому классификационному показателю условное числовое значение, равное единице.

По отношению к автотранспорту высшим иерархическим уровнем – надсистемой являются глобальные межконтинентальные транспортные системы, в которые входят международные и государственные транспортные системы. Их частью является государственная система автомобильного транспорта и система объединений и предприятия. На низших иерархических уровнях рассмотрены единичный объект автотранспорта и его составляющие.

Приведенная классификация объектов системы НТО позволяет по значению уровня иерархии определить ее масштабные показатели (наличие и применение нормативов, уровень их субъектов), используемые для расчетов технико-экономической эффективности.

Таблица 1 – Иерархическая классификация объектов НТО

Иерархический уровень K_u	Объекты автомобильного транспорта – проявленные технические объекты
1	Глобальные межконтинентальные транспортные системы
2	Международные транспортные системы
3	Государственные транспортные системы
4	Государственные автотранспортные системы
5	Региональные автотранспортные системы
6	Автотранспортные системы объединений

Иерархический уровень $K_и$	Объекты автомобильного транспорта – проявленные технические объекты
7	Автотранспортная система предприятия
8	Единичный объект автотранспорта (автотранспортное средство)
9	Системы механизмов, агрегатов объекта автотранспорта
10	Кинематические группы, узлы, блоки объекта автотранспорта
11	Детали (звенья) объекта автотранспорта
12	Элементы деталей (звеньев)

В качестве определяющих характеристик для нормативов целесообразно использовать степень их соответствия развитию научно-технического прогресса, т.е. уровень новизны. Произведем интегральную оценку этого уровня. Качественную форму представим на основе дихотомии «старый-новый», детализированная структура которой вытекает из особенностей развития структур изохронного и полихронного циклов для систем общего вида [9]. Присвоим нормативам класс их новизны, считая архаичные нормативы не имеющими практического применения. С учетом особенностей развития нормализации и на основании экспертных оценок детализированную градацию характеристик развития содержания стандартов представим в табл. 2.

Низший уровень новизны норматива соответствует оценке его принципа применения и содержания требований как архаический. Это необходимо для того, чтобы учесть наличие исторически существовавших в различные эпохи нормативно-технических требований для объектов многих видов продукции, работ и услуг. Этим объектам присвоен нулевой уровень новизны. Архаичный принцип применения имеют нормативы, созданные и применяемые частным лицом до развития системы стандартизации (Ар-Ар). Первый уровень новизны (Ар-У) могут иметь нормативы того же принципа применения, но с более новым содержанием.

Стандарт предприятия и отраслевой стандарт имеют устаревший принцип применения, так как находят свое проявление в узкой сфере, однако, могут иметь как устаревшее (У-У), так и актуальное (У-А) содержание. Национальные нормативы являются наиболее актуальными по принципу применения, так как имеют масштаб государства и устанавливают основополагающие принципы деятельности, но также могут иметь устаревшее (А-У) и актуальное (А-А) содержание.

Для обеспечения наиболее полной степени соответствия развитию научно-технического прогресса существуют международные нормы и требования, имеющие опережающий принцип применения и актуальное (О-А) или опережающее (О-О) содержание.

Таблица 2 – Классификация нормативов по уровню новизны

Качественная оценка		Класс по уровню новизны $K_н$	
принципа применения	содержания	символьное обозначение	количественная оценка
Опережающий	Опережающее	О-О	7
Опережающий	Актуальное	О-А	6
Актуальный	Актуальное	А-А	5
Актуальный	Устаревшее	А-У	4
Устаревший	Актуальное	У-А	3
Устаревший	Устаревшее	У-У	2
Архаичный	Устаревшее	Ар-У	1
Архаичный	Архаичное	Ар-Ар	0

Т. о., для успешного функционирования системы НТО полного ЖЦ в сфере производства и эксплуатации средств автотранспорта необходимо, чтобы соответствующие нормативы имели 5-ый и выше уровень новизны в соответствии с основными методами стандартизации [10].

По функциональной принадлежности нормативы можно классифицировать в соответствии с типом функции, которую он регулирует, как показано в табл. 3 [8]. Данная классификация позволяет учесть отличия нормативов для различных стадий ЖЦ.

Таблица 3 – Классификация нормативов по видам регулируемых функцій

Класс норматива $К_ф$	Регулируемая им функция
1	Основная
2	Управленческая
3	Вспомогательная

Нормативно-технические акты устанавливают требования к различным показателям качества средств автотранспорта на каждом этапе их жизненного цикла. В соответствии с этим и согласно ISO 9004-1-94 укрупненно их можно классифицировать как показано в табл. 4. При этом под исследовательскими нормативами будем понимать нормативы на стадии научных и маркетинговых исследований; под проектными – на стадии проектирования; под производственными – на стадиях разработки производственных процессов, материально-технического снабжения, производства продукции, контроля и испытаний, упаковки и хранения; под эксплуатационными – на стадиях монтажа и ввода в действие, технической помощи и обслуживания, послепродажной деятельности; под модернизационными – на стадиях модернизации и утилизации.

Таблица 4 – Классификация нормативов по их месту в жизненном цикле

Класс норматива $К_к$	Регулируемый показатель
1	Исследовательские
2	Проектные
3	Производственные
4	Эксплуатационные
5	Модернизационные

Исходя из приведенного структуру ($С_к$) классов системной классификации объектов НТО можно представить в виде:

$$С_к = \{К_и, К_н, К_ф, К_к\}. \quad (1)$$

Приведенная классификация не исчерпывает возможных классификационных признаков. Она является одной из наиболее общих и допускает дальнейшую детализацию:

$$\begin{aligned} К_и &= \{К_и^1, К_и^2, ..., К_и^l\}; \\ К_н &= \{К_н^1, К_н^2, ..., К_н^m\}; \\ К_ф &= \{К_ф^1, К_ф^2, ..., К_ф^n\}; \\ К_н &= \{К_к^1, К_к^2, ..., К_к^p\}. \end{aligned} \quad (2)$$

где *l, m, n, p* – количество элементов классификационных множеств, относящихся к $К_и, К_н, К_ф, К_к$ соответственно [7].

Т. о., исследуя объект НТО полного ЖЦ САТ, получим совокупность численных значений, определяющих его основные характеристики в данной системе.

Из изложенного следует, что системная классификация объектов системы НТО полного ЖЦ в наиболее общем случае представляет собой многомерную классификацию, отражающую представления нормативов как системы в надсистеме, а также возможные в результате их применения уровни эффективности. Рассмотренные классификационные признаки могут быть детерминированы и конкретизированы на ранних стадиях жизненного цикла САТ в процессе его нормирования.

Выводы. Созданная общая классификация объектов системы НТО полного ЖЦ САТ позволяет прогнозировать их роль в экономике и промышленности, их уровень конкурентоспособности, связь с технологиями производства и другие важные характеристики этих объектов. Она также позволяет выделять указанные объекты по интегральным и дифференциальным показателям: масштабный фактор, уровень новизны, виды регулируемых функций, этап жизненного цикла.

Данная классификация отражает различные потребности ее субъектов с точки зрения управления качеством внедрения и использования нормативных документов на ремонтных и производственных предприятиях данной отрасли промышленности. Она может быть использована в процессе производства и воспроизводства данной системы с целью обеспечения ее наивысшего научно- технического уровня, а также надежности и безопасной эксплуатации САТ.

Дальнейшие исследования возможны в конкретизации данной классификации в контексте типов САТ.

Список использованных источников

1. Букреева О. С. Нормативно-техническое регулирование этапов жизненного цикла изделий автомобильной промышленности / О. С. Букре-

ева, Н. Э. Тернюк // Автомобильный транспорт. – 2013. – № 33. – С. 23-28.

2. Національна стандартизація. Основні положення: ДСТУ 1.0:2003. – [Чинний від 01.07.2003]. – К. Держспоживстандарт України, 2003. – V, 10 с. – (Державний стандарт України).

3. Безруков А. И. Использование математических методов для оценки качества классификации объектов стандартизации / А. И. Безруков, М. А. Жилина, А. М. Кац // Вестник СГТУ. – 2011. – № 3 (57). – С. 182-188.

4. Безруков А. И. Использование математических методов для систематизации классификаций объектов стандартизации / А. И. Безруков, М. А. Жилина, В. Н. Гусятников // Вестник СГТУ. – 2013. – № 4 (73). – С. 151-155.

5. Гінзбург М. Д. Спроба класифікації українських нормативних документів / М. Д. Гінзбург // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – № 2. – С. 13-19.

6. Держспоживстандарт інформує. Технічне регулювання в Україні: проблеми 2004 року // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2004. – № 2. – С. 7-8.

7. Дмитрук И. А. Системная классификация строительных и машиностроительных инноваций для применения при расчетах экономических, энергетических и экологических показателей эффективности / И. А. Дмитрук, Р. Й. Когут, А. Н. Печеник, В. Г. Сальников, Н. Э. Тернюк // Комунальне господарство міст. – 2012. – № 106. – С. 133-139.

8. Тернюк Н. Э. Системно-процессное моделирование технических систем в CALS–технологиях / Н. Э. Тернюк, Ю. В. Дудукалов, В. В. Федченко, Н. Н. Гладкая. // Сборник НАКУ "ХАИ" "Открытые инфомационные и компьютерные интегрированные технологии". – 2011. – № 49. – С. 124-133.

9. Тернюк М. Е. Оцінка інноваційного рівня продукції / Тернюк М. Е. Копійченко Ю. В., Дмитрук І. А., Бахнова Є. Л. // Сборник научных трудов 11-й Международной конференции "Физические и информационные технологии". – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2005. – С. 341-343.

10. Салухіна Н. Г. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг: Підручник / Н. Г. Салухіна, О. М. Язвінська. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 336 с.

Поступила в редакцию 08.04.2015

Рецензент: д.т.н., профессор Подригало М. А., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков.

О. С. Букрєєва

ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ СИСТЕМИ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВНОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЗАСОБІВ АВТОТРАНСПОРТУ

Розроблено загальну класифікацію об'єктів системи нормативно-технічного забезпечення повного життєвого циклу засобів автотранспорту. У якості атрибутів представлено її ієрархію, характеристики часу та функціональна приналежність. Наведено типологію нормативів за рівнем новизни, за функціями, що вони їх регулюють, та місцем у життєвому циклі.

Ключові слова: *об'єкт стандартизації, нормативно-технічне забезпечення, засоби автотранспорту, системна класифікація, атрибути системи, життєвий цикл.*

O. S. Bukryeyeva

GENERAL CLASSIFICATION OF OBJECTS OF NORMATIVE AND TECHNICAL SUPPORT FULL LIFE CYCLE OF MOTOR VEHICLES

A general classification of objects of legal and technical support the full life cycle of motor vehicles is developed. As attributes are presented its hierarchy, time characteristics and functional accessory. There is typology of standards in terms of innovation, types of regulated functions and according to their place in the life cycle.

Keywords: *object standardization, normative and technical support, means vehicles, system classification, system attributes, life cycle.*

УДК 531:535

O. I. Leshchenko, PhD, **A. S. Bondarenko**

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

FEATURES OF LEGAL PROTECTION OF INVENTION AND UTILITY MODEL IN UKRAINE AND IN ADVANCED COUNTRIES

The article discusses the features of service inventors under the law protection of their intellectual property. Comparative analysis of the provision of such services and the process of acquiring the legislative powers of the invention and utility model in Ukraine and in the advanced countries of the world are performed. Conditions of patentability of the invention and utility model in Ukraine and in the advanced countries as a new and suitable for industrial applications are analyzed.

Keywords: *invention, utility model, patent.*

Introduction

The strategy of providing services and protection of intellectual property is important for the protection and determine the correct choice of what that protect and select the appropriate method of protection. When patenting various objects - from pharmaceutical formulation to the methods and means of treatment – a large number of inventors have to choose – a patent for intention or for utility model. The paper analyzes the features of service inventors under the law protection of their intellectual property in Ukraine and some of the advanced countries of the world.

Basic part

According to the Law of Ukraine "On the Protection of Rights to Inventions and Utility Models" the object of an invention are a product and a process or method as well as novel use of a known product or process. The legal protection do not extend to such technology objects like a plant varieties and animal breeds, processes of the reproduction of plants and animals that are biological in its basis and do not belong to non-biological and microbiological processes, topographies of integrated circuits and results of art constructing [1].

A utility model is a statutory monopoly granted for a limited time in exchange for an inventor providing sufficient teaching of his or her invention to permit a person of ordinary skill in the relevant art to perform the invention. The rights conferred by utility model laws are very similar to those granted by patent laws, but are more suited to what might be considered as "incremental inventions". Terms such as "petty patent", "innovation patent", "minor patent", and "small patent" may also be considered to fall within the definition of "utility model". In Ukraine, utility models are patentable provided that they have the "world novelty" and if they are "industrial applicability" [2].

What is about the utility model of advanced countries? The famous professor John Richards thought that in a world where obtaining value for money has become even more important than in the past, it might be useful to look for alternatives to the traditional way of doing things. For some types of invention, use of a petty patent or utility model as a means of protection may be a useful alternative to patent protection in many countries. Obtaining protection this way is often much less expensive than proceeding through the traditional patent route and, as noted below, in several countries has an advantage in its own right. Such protection can be obtained either by direct filing or by use of the Patent Cooperation Treaty.1 In many cases, as noted in the tables at the end of this paper, protection may be obtained without the need for substantive examination and often a lower standard of inventiveness is required for valid protection than is the case for patents [3].

In Japan, the statute itself spelled out the difference in that to be patentable something had to be a "highly advanced creation of technical ideas", whereas for protection as a utility model all that is required is "creation of a technical idea utilizing natural laws". Thus, the determining factor as to whether something was capable of protection by a patent or rather than by a utility model was whether the idea was "highly advanced". The Japanese Patent Office therefore examined utility model applications looking for a measure of inventiveness, but a lower one than was required for patents [6]. This led to the possibility that if one failed to convince the examiner that a sufficient degree of inventiveness had been demonstrated to permit patent protection, the application might, in cases where the subject matter was appropriate, be converted into one for a utility model. This feature was copied in other systems where different degrees of inventiveness were required for patent and utility model protection. One of the raisons existence of the German Law, namely the fact that utility models did

not have to show technical advance, became moot with the adoption of the European Patent Convention in 1978 [4, 5].

In harmonizing its patent law with those of the rest of Europe, Germany gave up its requirement for technical advance. This harmonization also required Germany to give up a feature that was regarded as being important by many in the German profession and industry, namely the six-month grace period in respect of publications by an inventor. However, no European harmonization existed for utility models and Germany was therefore permitted to retain a grace period for this form of protection. The existence of this grace period gave utility model protection in Germany a new lease on life and lead to a broadening of the concept of what could be protected by utility models from articles having a defined shape or structure. Thus, today the only form of invention which is not protectable by a utility model in Germany is one that is a process or method. Even this limitation was cut back in 2005 when the German Supreme Court held that use claims, including second medical use claims, were permitted in utility model applications.

In Germany there are additional differences between a patent for intention or for utility model, namely the grace period and that for utility models prior to public use outside Germany does not constitute a bar to protection. Furthermore, in Germany procedures for enforcement of a patent for intention or for utility model differ. In the case of an infringement action, the defendant can plead that the utility model is invalid and the courts can in effect amend the scope of protection in the light of the art cited by the defendant. Countries where there is a lesser distinction between requirements for patent protection and for utility model protection have tended to result in few utility model applications being filed. It is however, noticeable from the statistics compiled by WIPO, that in all countries, utility models, unlike patents in most countries, are much more utilized by local residents than by foreigners. One reason for this is that costs for utility models tend to be less than those for patent applications. In many countries no substantive examination is carried out for utility model applications. Dispensing with examination seems to be an increasing trend, although Korea at one point abolished this requirement but has now re-introduced it. This lack of examination also has the potential advantage of accelerating the grant of an enforceable intellectual property right. One consequence of a lack of examination, however, is a feeling that protection should not be granted for the full term normally granted for patents and so utility model protection is generally for a shorter period than that granted for a normal patent. In many countries, but not for example, China, it is possible to convert a patent application into a utility model application at any time during pendency of the patent application. In France, failure to request examination of a patent application will automatically convert the application into one for a utility certificate. In general, it is not possible to secure protection for the same invention by both patent and utility model rights (Germany is an exception). Many countries, including Japan, Korea (if examination has not already been carried out), France and China require that a report on the novelty of the model must be carried out before an infringement action can proceed. In Germany, this is not obligatory but can be requested by the right holder or a third party. As noted above, however, in Germany issues of the valid scope of protection can be considered by the court hearing the infringement action.

There are differences between the patent for intention or for utility model. Firstly, the patentability of the patent for intention is an inventive step (non-obvious), and among the patentability, there is not the subject of invention. There is only the condition of novelty and industrial applicability condition. Secondly, for an invention patent is issued for 20 years and a utility model – 10 years. The next is that the application for an invention patent conducted a formal examination and it spend a lot of time for consuming qualifying examination (test conditions of patentability) and the application for utility model is made only formal examination. Because patent for utility model in Ukraine can be obtained quickly (3 - 5 months), and the patent – in terms of 12 - 20 months from the date of the request for substantive examination. Patent protects inventions and utility models in all areas of human activity, as well as industrial design – design or appearance of industrial products. Received a patent for invention or utility model, you get: in the first place – the commercial benefit. To obtain a patent the holder acquires exclusive rights to use its facilities as well as the right to authorize or prohibit the others from using an object protected by a patent. You can also documented consolidate its authorship, its primacy in a certain area. The invention differs from utility models only the presence of inventive step (non-obvious). If the result of intellectual activity has inventive step, and the applicant has applied for the issuance of a patent for an invention, the patent will be denied. However, according to the Article 18 it provides institute conversion application and the applicant, who has applied for a patent for the invention of dubious inventive step can until a decision to refuse to grant this application to convert an application for award patent a utility model [6].

Conclusions

In conclusion, the patent for intention or for utility are objects of the same law – the Law of Ukraine "On Protection of Rights to Inventions and Utility Models". The patent for intention or for utility model – are the result of human intellectual activity in a particular field of technology. In the old version of the law (until 2000) the difference between invention and utility model was higher. In Ukraine, the mechanism of legal protection of utility model is similar to the mechanism for the legal protection of the invention and it is just a patent, but it is simple, cheap and quick. This legal protection of utility models have a significant role for small business, which owns a strategic role in the development innovations according to marketing needs. The patent of invention and utility models are the product of intellectual property and its protection is one of the issues of the quality of public services. This provision of the right to possession of the property, and after that to protect this right by the law.

With regard to the comparison of regulation to protect the right under the intellectual property with other countries, such as France, Japan and Germany, the Ukraine should settle the claims and the differences between invention and utility model.

References

1. Law of Ukraine «On the Protection of Rights to Inventions and Utility Models» 05.12.2012.

2. Intellectual property: Acad. Course: textbook for students. Higher teach. P68 facilities / O.P. Orlyuk, G.O. Androshuk, etc. – publishing house “In jure”, 2007. – 696 pages.

3. The article about “UTILITY MODEL PROTECTION THROUGHOUT THE WORLD” – John Richards.

4. Decision X-ZB 7/03 of October 5, 2005. Following changes to implement the EU’s Biotechnology Directive, however, biotechnology inventions cannot be protected by a utility model.

5. European Patent Convention 1978.

6. Japanese Utility Model Law Article 3(2) parallels Article 29(2) of the Patent Law.

Надійшла до редакції 10.07.2015

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

О. І. Лещенко, к.т.н., **А. С. Бондаренко**

ОСОБЛИВОСТІ ПРАВОВОГО ЗАХИСТУ ВИНАХОДУ І КОРИСНОЇ МОДЕЛІ В УКРАЇНІ ТА В ПЕРЕДОВИХ КРАЇНАХ СВІТУ

У статті розглядаються особливості надання послуг винахідникам щодо захисту своєї інтелектуальної власності. Проведено порівняльний аналіз надання таких послуг і процесу придбання законодавчих повноважень для винаходу і корисної моделі в Україні і в передових країнах світу. Аналізуються умови патентоспроможності винаходу і корисної моделі в Україні і в передових країнах з погляду новизни та придатності для промислового застосування.

***Ключові слова*:** *винахід, корисна модель, патент.*

О. И. Лещенко, к.т.н., **А. С. Бондаренко**

ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОЙ ЗАЩИТЫ ИЗОБРЕТЕНИЯ И ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ В УКРАИНЕ И В ПЕРЕДОВЫХ СТРАНАХ МИРА

В статье рассматриваются особенности оказания услуг изобретателям по защите своей интеллектуальной собственности. Проведен сравнительный анализ предоставления таких услуг и процесса приобретения законодательных полномочий для изобретения и полезной модели в Украине и в передовых странах мира. Анализируются условия патентоспособности изобретения и полезной модели в Украине и в передовых странах с точки зрения новизны и пригодности для промышленного применения.

Ключевые слова: *изобретение, полезная модель, патент.*

РОЗДІЛ 2

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення

УДК 556.11.012; 628.1.03

Н.В. Глухова, к.т.н.

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ХЕРСТА

У роботі запропонований метод оцінки біологічних та квантових властивостей води, який ґрунтується на цифровій обробці зображень газорозрядного випромінювання зразків в електромагнітному полі. Розроблений метод передбачає аналіз зміни яскравості пікселів зображень як функції просторової координати. Зафіксована в результаті реєстрації розповсюдження розрядів на поверхні рентгенівської плівки картина світіння та її профілі яскравості аналізуються як самоподібні (фрактальні) випадкові послідовності, геометрія розподілу яких у просторі параметризується на базі оцінки показника Херста.

Ключові слова: *якість води, газорозрядне випромінювання, цифрова обробка зображень, показник Херста.*

Вступ. Дослідження властивостей води, зокрема якості питної води, необхідно проводити, спираючись не тільки на результати стандартного аналізу фізико-хімічних параметрів, але й з урахуванням біологічних властивостей води та водних розчинів. Останні досягнення в галузі теоретичної та експериментальної фізики підтверджують важливість дослідження властивостей води з точки зору впливу її структурних особливостей на процеси метаболізму у живих організмах.

При виконанні експериментальних досліджень води, розташованої у ємностях нанорозмірів, було з'ясовано, що ключові позиції у процесі формування біологічних ознак води займають такі її властивості, які не можуть бути описані відомими класичними електростатичними моделями, а потребують залучення принципово нових підходів та методів.

Зокрема велике значення при вивченні цього питання надається сучасним досягненням квантової електродинаміки, оскільки було доведено, що біологічні властивості води на макро- та мікро- рівнях мають принципові відміни [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження біологічних властивостей води в рамках теорії квантової електродинаміки призвело до формування нових моделей побудови структури води як сукупності когерентних доменів [2]. У рамках вивчення рідкого стану водного середовища з точки зору квантової електродинаміки доведено, що вода являє собою сукупність когерентних доменів [3]. Конкретний розмір когерентного домену обумовлений довжиною хвилі квантового переходу з основного стану у збуджений. Енергетично основний та збуджений стани когерентних доменів відрізняються. Значення різниці в енергіях напряму зв'язано з довжиною хвилі фотону м'якого рентгенівського випромінювання. Необхідно враховувати, що кожний когерентний домен оточений полем, яке існує за його межами. Зв'язки між різними доменами утворюються саме завдяки існуванню полів, які, торкаючись одне одного нібито «склеюють» окремі домени у конгломерати.

Для дистильованої води характерно, що когерентні домени утворюють конгломерати, але не формують спільної когерентності між собою. Відсутність спільної когерентності не дозволяє дистильованій воді суттєво реагувати на зовнішні впливи.

На основі вивчення моделей кластеризації рідкої води встановлено, що утворення когерентних станів води з фрактальною структурою покращує біоенергетичні властивості питної води. Вживання людиною когерентної води підвищує зв'язаність у фрактальний стан біологічних рідин в організмі та фізіологічно відновлює функції серцево-судинної системи.

Стандартні класичні методи фізико-хімічного аналізу стану водного середовища мають певні обмеження щодо дослідження біологічних властивостей води. Недоліком розглянутих методів оцінки біологічних властивостей води є недостатня достовірність, обмежена область використання, потреба у складному лабораторному устаткуванні, що вимагає обслуговування висококваліфікованим персоналом.

Метою досліджень є розробка методу дослідження біологічних та квантових властивостей води, який заснований на цифровій обробці зображень газорозрядного випромінювання зразків води. Метод повинен забезпечити виділення специфічних (паспортних) параметрів зображень

світіння, які проявляються у певній геометрії розповсюдження газового розряду, зафіксованій на сенсорній поверхні рентгенівської плівки. Кількісні характеристики зміни яскравості пікселів уздовж обраних напрямків (профілів зображень) при цьому аналізуються як самоподібні (фрактальні) послідовності, що містять як детерміновану, так і випадкову компоненту.

Матеріали та методи досліджень властивостей води способом газорозрядного випромінювання. Для отримання експериментальних даних при оцінці біологічних та квантових властивостей води використовується метод, при якому дослідний зразок води підлягає імпульсному впливу електромагнітного поля [4]. За рахунок дії на зразок води у вигляді краплі, розташованої на фотоматеріалі, електромагнітного поля розвивається газорозрядне світіння, що фіксується у вигляді зображення, яке проявляється навколо зразка та в зоні контакту з фотоматеріалом (ефект Кірліан).

Після оцифровки зареєстрованої на рентгенівській плівці картини світіння зображення складається з окремих точок (пікселів) певної яскравості та представляє собою напівтонове растрове зображення. Специфічні ознаки кожного досліджуваного рідиннофазного об'єкту проявляються у вигляді нерівномірності розподілу пікселів певної яскравості, що в цілому характеризує геометричні параметри окремих розрядів. Кожний фрагмент зображення формується внаслідок впливу на фотоматеріал з діелектричними властивостями (рентгенівську плівку) локальних електронних лавин, причиною виникнення яких виступає достатня за рівнем напруженість зовнішнього електричного полю. Завдяки наявності фонових або імітованих досліджуваним рідиннофазним об'єктом заряджених часток – носіїв заряду – фіксується певна яскравість окремих точок або фрагментів зображення.

Для розповсюдження електронних лавин уздовж поверхні діелектрику (рентгенівської плівки) необхідне перевищення напруженості електричного поля певного критичного значення, при якому електрони на інтервалі вільного пробігу здатні накопичити енергію, яка виявляється достатньою для ударної іонізації часток газу [5]. Зафіксована на сенсорній поверхні картина газорозрядного випромінювання містить розрядні канали, які залишаються завдяки розповсюдженню електронних лавин. На поверхні розділу двох середовищ з різними характеристиками (повітря та фотоматеріал) утворюються ковзні електричні розряди.

У роботі [5] детально розглянуто питання математичного моделювання процесів розвитку розрядів при методі газорозрядної візуалізації. Встановлено, що фізичні процеси, які протікають під час експериментальної реалізації методу, зокрема залежності імпульсів розрядного струму та світіння узгоджуються з таундсенівською (лавинною) моделлю розряду. При цьому підкреслюється, що найважливішим фактором, який впливає на розвиток та характеристики електронних лавин на поверхні фотоматеріалу, виявляється емісія електронів катодом, у якості якого у такий спосіб реєстрації виступає безпосередньо досліджуваний об'єкт, тобто крапля води. Оскільки для отримання зображень газорозрядного випромінювання необхідна достатньо висока напруженість прикладеного зовнішнього електричного поля, то вважається, що в процесі формування лавин також певну роль відіграє автоелектронна емісія.

Авторами роботи [5] проведено математичне моделювання процесів розвитку одиничного акту лавинного розряду, при цьому аналіз проводився у двовимірному просторовому наближенні з урахуванням того, що задача є вісьосиметричною. Прийнято, що вісь z направлено перпендикулярно поверхням плоско паралельних електродів, катод розташований у точці з координатою $z = 0$, анод у точці $z = d$.

Математичне моделювання базувалося на використанні самоузгодженої системи рівнянь:

$$dn_e / dt + dn_e V_e / dz = \alpha n_e V_e + D d^2 n_e / dz^2 - \xi n_e n_i; \quad (1)$$

$$dn_i / dt + dn_i V_i / dz = \alpha n_e V_e - \xi n_e n_i; \quad (2)$$

$$dE / dz = e / \varepsilon_0 (n_i - n_e); \quad (3)$$

$$\sigma = e / d \int_0^t \int_0^d (n_e \nu_e + n_i \nu_i) dt dz, \quad (4)$$

де вирази (1) та (2) – рівняння неперервності для електронів та іонів; (3) – рівняння Пуассона; (4) – рівняння для опису процесу накопичення зарядів на діелектричних поверхнях електродів, що обумовлено існуванням електронного та іонного струмів; n_e, n_i – концентрації електронів та іонів у функціях від z та t; $V_e(z,t) = V_0 + \mu_e E(z,t)$ – дрейфова швидкість електронів; $V_i(z,t) = \mu_i E(z,t)$ – дрейфова швидкість іонів; V_0, μ_e, μ_i – емпіричні константи; α, D, ξ – відповідно коефіцієнти лавинного розповсюдження, дифузії, рекомбінації, числові значення яких визначаються напруженістю електричного поля $E(z,t)$; $\sigma(z,t)$ – щільність поверхневого заряду на діелектриках, які обмежують зазор; ε_0 – абсолютна діелектрична проникність; e – заряд електрону.

Рівняння, що визначають граничні умови емісії зарядів поверхнею досліджуваного об'єкту:

$$\partial n_e / \partial t\Big|_{(Z=0)} = n_0 + \gamma_I n_i(0,t) + \gamma_F n_e(0,t) + \gamma_A E(0,t); \quad (5)$$

$$\partial n_i / \partial t\Big|_{(Z=0)} = 0, \quad (6)$$

де $\gamma_I, \gamma_F, \gamma_A$ – відповідно коефіцієнти іонно-електронної емісії, фотоелектронної емісії та автоелектронної емісії; n_0 – концентрація фонових часток.

З розглянутої моделі формування газового розряду становиться очевидно, що ключовим моментом формування картини світіння виявляється емісія вільних носіїв заряду, зокрема електронів, з поверхні досліджуваного зразка води.

Вивчення процесів формування вільних та квазівільних електронів у воді напряму перекликається з дослідженнями у галузі біології та медицини, які зосереджено на аналізі окислювально-відновлювальних реакцій у живих клітинах. У той час, коли класична біологія та біохімія зосереджують зусилля на вивченні властивостей окремих біомолекул, зрозуміло, що без наявності води функціонування живих організмів взагалі неможливо. Яка ж роль покладається на воду при протіканні біохімічних процесів?

Фундаментального значення у цьому контексті набуває роль води як джерела та постачальника вільних електронів, без яких усі процеси окислювально-відновлювальних реакцій зупиняться назавжди. При взаємодії двох біомолекул та при наявності ізольованих молекул води не існує джерела вільних електронів, оскільки вони щільно зв'язані з відповідними молекулами енергетичними зв'язками.

З точки зору класичних електростатичних моделей води, окремі молекули не можуть виступати джерелом вільних носіїв заряду при відсутності суттєвого зовнішнього енергетичного впливу, необхідного для відокремлення електронів від їх молекул. Відповідь на питання щодо джерела постачання електронів, потрібних для біохімічних взаємодій, надають останні досягнення в галузі квантової теорії поля (КТП).

З точки зору КТП вільні носії заряду з'являються під час структурних перебудов рідкої фази води, зокрема при утворенні особливих областей, у яких існують певним чином організовані молекулярні сукупності. Згідно з термінологією КТП такі сукупності мають назву когерентних доменів [2, 3]. Між когерентними доменами реалізується статична взаємодія, при цьому водні когерентні домени можуть охоплювати області до 0,1 мкм. Міжмолекулярна взаємодія у когерентних доменах забезпечується участю мільйонів молекул. Таким чином, структура води у рідкому стані передбачає існування областей з різними характеристиками.

Області води у когерентному стані міжмолекулярної взаємодії з точки зору КТП виступають постачальниками вільних електронів при окислювально-відновлювальних реакціях в живих організмах. В клітинах молекули води мають декілька різних електронних енергетичних рівнів – відповідно «звичайного» молекулярного стану та збуджених областей існування доменів у когерентному стані. Напруженість на границях областей загальної води та когерентних областей є причиною утворення умов для енергетичної передачі у біологічних системах та довготривалого електронного збудження, яке ще достатньо давно було зафіксовано експериментально. Впорядковані послідовні структури води у складі живих організмів виконують важливі біологічні функції.

Теоретично доказано, що вода у некогерентному стані (еталоном такого типу води виступає дистильована) не здатна виступати джерелом електронів, а тому формує незначний відгук на зовнішні впливи. Таким чином, реакція зразка води на зовнішній вплив у вигляді електромагнітного поля, є підставою для непрямого експериментального визначення ступеня когерентності та біологічної активності води.

Метод аналізу зображень газорозрядного випромінювання на базі використання показника Херста. Відомо, що багато природних явищ та об'єктів можна розглядати як фрактальні процеси або структури, які включають стохастичну складову. Часто реалізація спостережень різноманітних природних явищ та результатів експериментальних досліджень характеризується фрактальною геометрією. Взагалі термін фрактальність [6] застосовується для визначення самоподібності, коли на різних масштабах часовий або просторовий ряд здатний зберігати притаманні йому специфічні особливості структури.

З метою аналізу самоподібності в геометричних особливостях розповсюдження газового розряду при реєстрації на фотоматеріалі використовується профіль яскравості пікселів зображення, побудований уздовж діагоналі. Оскільки на формування розрядів впливають різноманітні фактори випадкової природи, то конкретні реалізації даного стохастичного процесу, який фіксується у вигляді зміни яскравості окремих пікселів зображення як функція просторової координати, можна розглядати як дискретну послідовність випадкових величин:

$$X = \{x_i, i = 1,2,...\},$$

де x_i – випадкові величини з заданим законом розподілу.

Оскільки в основі отримання зображень газорозрядного випромінювання лежить конкретний фізичний процес, що характеризується обмеженою енергією та тривалістю, то будемо вважати, що усі протікаючи при цьому випадкові процеси характеризуються обмеженою коваріацією $B(x_i, x_{i+\tau}) < \infty, \forall\tau$ та дисперсією $\sigma_x^2 = B(x_i, x_i) < \infty$.

Властивістю самоподібності буде володіти такий випадковий процес, для якого справедливо, що агрегований процес m-го порядку

$$X^{(m)} = \left[x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, ..., x_n^{(m)} \right] = \left\{ \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} x_{(k-1)_{m+i}}, k = 1, 2, ... \right\}$$

буде мати кореляційну функцію $r^{(m)}(k)$, яка збігається з кореляційною функцією вихідного випадкового процесу $r(k)$ для будь-яких значень m.

Виконання розглянутої умови забезпечує те, що дисперсія агрегованого процесу $X^{(m)}$ убуває згідно залежності $D(X^{(m)}) \sim m^{-\beta}, 0 < \beta < 1, m \to \infty$. Останній вираз означає, що варіація агрегованих процесів зменшується повільніше, ніж величина, зворотна до розміру вибірки.

На основі цього робиться висновок, що для самоподібних (фрактальних) процесів характерно існування довгострокової залежності, яка призводить до розбіжності кореляційних функцій таких процесів, коли $\sum_k R(k) \to \infty, R(k) \sim k^{-\beta}$.

Властивості самоподібності реальних процесів, які містять випадкову складову, можна охарактеризувати більшим або меншим ступенем. Для кількісної оцінки ступеня самоподібності слугує показник Херста [7], який оцінюється наступним чином.

Розраховується експериментальна оцінка вибіркової дисперсії, що характеризує розкид випадкових значень яскравості пікселів:

$$S_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \left(x_i - \bar{x} \right)^2,$$

де $\bar{x}$ – середнє арифметичне ряду значень яскравості. Мінливість випадкового процесу обчислюється як $R_N = \max_{1<j<N} D_j - \min_{1<j<N} D_j$.

Для самоподібних процесів різної природи виявляється справедливим співвідношення:

$$\left(\frac{R_N}{S_N} \right) \approx (aN)^H \text{ або } \log\left(\frac{R_N}{S_N} \right) \approx H \log(aN),$$

де H – параметр (показник) Херста, а – константа, значення якої приблизно дорівнює 0,5.

Показник Херста – міра, яка зазвичай використовується для аналізу часових рядів, але може бути використана для дослідження величин, які є функціями не часової, а просторової координати. У випадку цифрової обробки зображень газорозрядного випромінювання було проаналізовано зміни яскравості світіння у залежності від координати. Значення показника Херста зменшується у тому випадку, коли інтервал між двома однаковими парами значеннями у просторовому ряду зростає.

Результати та обговорення. У табл. 1 представлено результати оцінки показника Херста для профілів яскравості пікселів зображень газорозрядного випромінювання декількох типів води. Взагалі показник Херста приймає значення з діапазону від 0 до 1. За його допомогою можна розрізнити випадкові процеси з незалежними приростками (H=0,5); зі статистично залежними значеннями, у яких виявляється так звана персистентна (підтримуюча) поведінка для H>0,5; зі статистично залежними значеннями ряду, що характеризуються антиперсистентною поведінкою при значеннях H<0,5. Було строго доведено, що для випадкового процесу з незалежними приростами та обмеженою дисперсією показник Херста складає 0,5. В цілому параметр Херста характеризує відношення ваги тренду (тобто детермінованих факторів або вкладів) до рівня шумів (стохастичної складової процесу або ряду).

З аналізу числових значень параметра Херста (табл. 1) видно, що зображення газорозрядного випромінювання так званої «нормальної» некогерентної дистильованої води характеризуються значеннями показника Херста, які приналежать діапазону 0,7-0,72. Штучно очищені та/або активовані води відповідно володіють значеннями показника з інтервалу 0,74-0,76. Найбільші значення показника Херста, а, відповідно, й більш високий ступень когерентності, спостерігається для води з природних джерел, для зразків яких показник Херста досягає величини 0,76-0,8.

Природна вода внаслідок контактів з оточуючим середовищем, зокрема з геологічними структурами, мінералізується та піддається впливу надслабких телуричних та вихрових полів. Результатом комплексного впливу є формування особливих рідких кристалів, за геометричними ознаками аналогічними тетраметрам. Кристали, у свою чергу, поєднуються в кластери, що представлені у вигляді когерентних доменів.

Таблиця 1 – Значення показника Херста для зображень газорозрядного випромінювання води різних типів

Тип води	Зразок	Діапазон значень показника Херста
Дистильована		0,7-0,72
Штучно очищена/активована	Прозора	0,74-0,76
	Ековод	0,74-0,75
	Горянка	0,75-0,76
Штучно активована	Nikken	0,75-0,77
З природних джерел	Б.М. Розчулення	0,76-0,79
	Блакитне озеро Курган	0,79-0,8
	Казанської Богородиці Дєвєєво	0,78-0,8
	оз. Байкал	0,79-0,8

Херстом було висунуто припущення, що здвиг значень показника від 0,5 у бік зростання обумовлено існуванням для природних процесів пам'яті [8]. Останні наукові досягнення при дослідженні властивостей води у рамках теорії квантової електродинаміки дозволили встановити явище «пам'яті» води, що проявляється як можливість до накопичення та передачі інформації у біологічних системах [9]. При цьому здатність води щодо фіксації та передачі інформації безпосередньо зв'язана зі ступенем когерентності води, тобто з утворенням у її структурі областей існування доменів, які формують між собою спільну когерентність.

У тому випадку, коли домен знаходиться у низькому енергетичному стані, усі молекули в структурі води міцно зв'язані між собою. Таким чином, молекули води у некогерентному стані не можуть виступати донорами електронів, що значно ускладнює усі відновлювально-окислювальні реакції у живих організмах. У когерентному стані домени оточені хмарами квазівільних електронів, які легко звільнюються. Під час активного вимірювального експерименту, коли досліджуваний зразок води піддається впливу зовнішнього електромагнітного полю, ключову роль в процесі формування картини газового розряду відіграють процеси іонно-електронної емісії, фотоелектронної емісії та автоелектронної емісії, що, безумовно, передбачає наявність вільних носів заряду – електронів.

Аналізуючи фізико-хімічні процеси під час газорозрядного випромінювання води можна провести паралель з формуванням блискавки, тому що саме це явище з точки зору квантової електродинаміки слугує доказом екстрагування з крапель води великої кількості електронів [10].

При цьому важливим виявляється наявність у структурі води когерентних областей. Оскільки електрони у складі когерентних доменів перебувають у квазівільному стані, то при обертанні доменів відбувається втрата певної кількості електронів. Це процес, який у термінології квантової електродинаміки отримав назву квантового тунелювання електронів. У роботі [10] підкреслюється, що єдиним джерелом електронів під час формування блискавки виступають електрони.

Висновки. У роботі розглянуто підхід щодо дослідження біологічних та квантових властивостей води методом, що передбачає реєстрацію та обробку зображень газорозрядного випромінювання зразків в електромагнітному полі. Запропоновано для кількісної оцінки специфічних ознак зареєстрованих на рентгенівській фотоплівці картин світіння використання параметризації зображень у вигляді оцінки показника Херста.

Проводячи сумісний аналіз теоретичних припущень, висунутих Херстом, та результатів експериментальних досліджень квантових властивостей міжклітинної води, можна стверджувати, що значення показника Херста, отримані шляхом оцінки просторових рядів даних яскравості газорозрядного випромінювання води, знаходяться у кореляційному зв'язку зі ступенем когерентності води. Останній висновок повністю підтверджується також результатами експериментальних досліджень та розрахунків параметрів газорозрядного випромінювання різних типів води, представлених у табл. 1.

Список використаних джерел

1. Reiter, G. F. Anomalous Ground State of the Electrons in Nanoconfined Water [Text] / G. F. Reiter, Aniruddha Deb, Y. Sakurai, M. Itou, V. G. Krishnan, S. J. Paddison // Physical review letters. - №7. – 2013.

2. Arani, R. Qed coherence and the thermodynamics of water [Text] / R. Arani, I. Bono, E. Del Giudice, G. Preparata // Condensed matter physics; statistical physics; atomic, molecular and optical physics. – 1995. – Vol. 9. – P. 510–532.

3. Bono, I. Emergence of the Coherent Structure of Liquid Water [Text] / I. Bono, E. D. Giudice, L. Gamberale, M. Henry // Water. – 2012. – Vol. 4, Issue 4. – P. 510-532. doi: 10.3390/w4030510.

4. Спосіб експрес-оцінки стану рідиннофазного об'єкта. Пат. на кор. модель 86701 Україна: МПК G-1N 21/17 [Текст] / Глухова Н. В., Пісоцька Л. А., Горова А. І. – заявл. 25.06.2013; опубл. 10.01.2014.

5. Коротков К. Г. Основы ГРВ биоэлектрографии / К. Г. Коротков. – СПб.: СПбГИТМО, 2001. – 360 с.

6. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.

7. Clegg R. G. A practical guide to measuring the Hurst parameter / R. G. Clegg // Computing science technical report. – 2005. – №CS-TR-916. – P. 125-138.

8. Калуш Ю. А. Показатель Херста и его скрытые свойства / Ю. А. Калуш, В. М. Логинов // Сиб. журн. индустр. Матем. – 2002. – том 5, №4. – С. 29-37.

9. L. Montagnier, J. Aissa, E. Del Giudice, C. Lavallee, A.Tedeschi, and G. Vitiello. DNA waves and water // 2011 J. Phys.: Conf. Ser. 306 012007, doi:10.1088/1742-6596/306/1/012007.

10. Э. Дел Гуидиче. Когерентная квантово-электродинамическая организация биохимических процессов / Э. Дел Гуидиче // Журнал формирующихся направлений науки. – 2014. – №4(2). – С. 92 – 99.

Надійшла до редакції

Рецензент: д.т.н., професор Корсун В. І., ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ

Н. В. Глухова, к.т.н.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДЫ НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ХЕРСТА

В работе предложен метод оценки биологических и квантовых свойств воды, который основан на цифровой обработке изображений газоразрядного излучения образцов в электромагнитном поле. Разработанный метод предусматривает анализ изменений яркости пикселей изображений как функции пространственной координаты. Зафиксированная в результате регистрации распространения разрядов по поверхности рентгеновской пленки картина свечения и профили ее яркости анализируются как самоподобные (фрактальные) случайные последовательности, геометрия распределения которых в пространстве параметризируется на базе оценки показателя Херста.

Ключевые слова: *качество воды, газоразрядное излучение, цифровая обработка изображений, показатель Херста.*

N. V. Glukhova, PhD

INVESTIGATION OF WATER PROPERTIES ON THE BASIS OF USE OF HURST INDEX

The paper proposes method for assessing of biological and quantum properties of water, which is based on digital image processing of gas-discharge radiation patterns in the electromagnetic field. The developed method envisages the analysis of brightness changes of image pixels as a function of spatial coordinates. Recorded as a result of registration of discharge propagation along the surface of X-ray film luminescence image and its brightness profiles are analyzed as self-similar (fractal) random sequences, the geometry of the distribution in space is parameterized on the basis of assessment of the Hurst index.

Keywords: *water quality, gas-discharge radiation, digital image processing, Hurst index.*

УДК 681.35

В. В. Кузавков[1], к.т.н., **О. Г. Янковський**[2], к. т. н.

[1]*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, м. Київ*
[2]*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса*

МЕТОДИКА ЛОКАЛІЗАЦІЇ НЕСПРАВНОГО РАДІОЕЛЕКТРОННОГО КОМПОНЕНТУ

Розглядається технологія застосування методу власного випромінювання для відзначення несправного радіоелектронного компоненту (РЕК) в складі цифрового блока сучасного радіоелектронного обладнання за допомогою автономної автоматизованої системи діагностування (АА СД). А саме: фізичні основи методу власного випромінювання та умови прояву діагностичного параметру; методику та алгоритм побудови перевірної тестової послідовності для локалізації несправного РЕК; функціональну схему блока видачі діагностичної інформації зі складу АА СД в режимі локалізації несправного РЕК.

Ключові слова: *діагностична інформація, метод власного випромінювання, радіоелектронний компонент.*

Вступ. Сучасні об’єкти радіоелектронного озброєння (РЕО) представляють собою складні технічні системи, і є об’єднанням блоків різного фізичного виконання та призначення. Своєчасне виявлення та усунення причин відмов цифрових блоків на місці експлуатації РЕО призводить до підвищення кількісних характеристик надійності та зниженню витрат на експлуатацію. Це визначає необхідність проведення якісного діагностування цих об’єктів. Діагностування цифрових блоків покладається на системи технічного діагностування. Якісне виконання цієї важливої задачі залежить від методів діагностування, адекватності діагностичної моделі об’єкту контролю та методики проведення діагностування на основі використання спеціальних програмно-апаратних комплексів та систем [1, 2].

Аналіз стану проблеми. Розвиток мікроелектроніки та інформаційних технологій потребує від конструкторів та виробників сучасних автономних автоматизованих систем діагностування (АА СД) розробки нових методів отримання та обробки діагностичної інформації (ДІ) для визначення технічного стану та локалізації несправного радіоелектронного компонента цифрових блоків [1]. Автономна автоматизована СД блоків РЕО є складовою частиною системи технічного діагностування. Це сукупність засобів, об’єкту діагностування та виконавців, які необхідні для проведення діагностування за правилами, встановленими технічною документацією. Системи діагностування розробляються на стадії проектування, забезпечуються на стадії виробництва, підтримуються на стадії експлуатації РЕО. Однак цей підхід не завжди виконується. Аналіз показав, що існуючим системам технічного діагностування, які побудовані на основі існуючих методів (методик), властиві суттєві недоліки. Тому такі системи є малоефективними та не відповідають сучасним вимогам [3, 4].

При експлуатації існуючих та створенні нових зразків РЕО чітко визначились наступні протиріччя:

– між реальними технічними можливостями РЕО та низьким рівнем їх реалізації через недостатню ефективність АА СД;

– між рівнем вимог, які пред’являються до АА СД, і неможливістю їх задовольнити, використовуючи існуючий методологічний апарат отримання та обробки діагностичної інформації;

– між обмеженою ціною АА СД та високими вимогами до її характеристик.

Системи діагностування СД в існуючих РЕО не в змозі забезпечити пред’явлені до них вимоги. Як наслідок це призвело до створення та функціонування на сьогодні складної, не економічної, багатоконтурної системи технічного обслуговування і ремонту (СТОіР) РЕО, що обумовлює значні втрати часу на контроль технічного стану і локалізацію несправностей в цифрових блоках.

Проведений аналіз дозволив обгрунтувати ефективний напрямок розвитку та доказати принципову можливість побудови високоефективних АА СД на основі використання нових технологій отримання та обробки діагностичної інформації [1].

Мета статті. Проведені наукові дослідження в галузі діагностування цифрових блоків РЕО, дозволили розробити нові методи отримання і

обробки діагностичної інформації [5]. Метою статті є розгляд технології застосування методу власного випромінювання для відзначення несправного радіоелектронного компоненту в складі цифрового блока на місці експлуатації зразку РЕО.

Основна частина. Перевірна тестова послідовність (умови функціонування РЕК в цифровому пристрої) є імпульсною (детермінованою), тому необхідно визначити умови прояву діагностичних параметрів (ДП) при такому виді впливу [6]. Інакше кажучи, необхідно визначити час «виходу» РЕК на сталий режим при детермінованому впливі.

Нехай РЕК масою *m*, з питомою теплоємністю *C* і коефіцієнтом теплопровідності λ має в початковий момент температуру T_0 (температура навколишнього середовища), починає рівномірно по об'єму нагріватися під дією прямокутних імпульсів тестової послідовності тривалістю τ_i, з періодом T_n. Потужність, що виділяється в РЕК під час дії електричного імпульсу, дорівнює P_i, тепловідвід у навколишнє середовище здійснюється через тепловий опір R_T [7].

У такому режимі (рис. 1) стан РЕК визначається двома характерними температурами – перед початком імпульсу та безпосередньо після його закінчення.

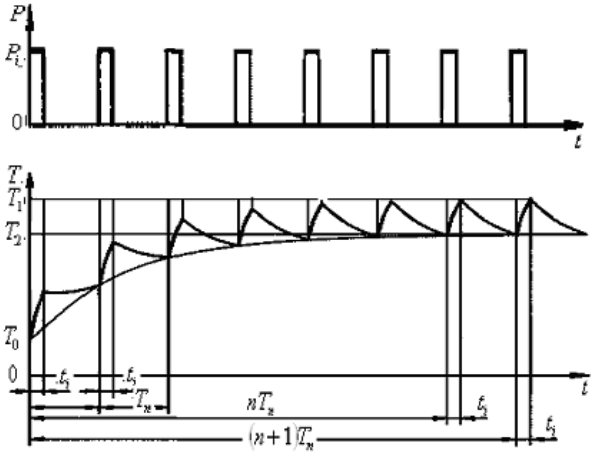


Рисунок 1 – Тестова послідовність та експонентна крива нагріву поверхні РЕК

Сталий режим у цьому випадку характеризується тим, що температури T_1 перед початком *n*-го та (*n*+1)-го імпульсів однакові, як і температури T_2 після закінчення цих імпульсів.

Таким чином, варто відзначити:

– перевищення температури перед початком імпульсу над температурою навколишнього середовища $T_1 - T_0$;

– зростання температури тіла за час τ_i становіть $T_2 - T_1$.

Розглядаючи процес нагрівання РЕК за час τ_i і вважаючи, що на початку нагрівання РЕК мав температуру T_1, одержимо

$$T_2 - T_0 = P_i R_T \left(1 - e^{-\tau_i / \tau_0}\right) + \left(T_1 - T_0\right) e^{-\tau_i / \tau_0}, \quad (1)$$

де $\tau_0 = mcR_T$ – теплова постійна часу системи.

По закінченню імпульсу розпочинається процес охолодження поверхні. Нехай в РЕК маси *m*, питома теплоємність тіла – *C*, коефіцієнт теплопровідності матеріалу – $\lambda = \infty$, що має у момент часу $t = 0$ температуру $T_{\max}$, починає охолоджуватися, віддає енергію через тепловий опір R_T в навколишнє середовище, що має температуру T_0.

Рівняння енергетичного балансу в цьому випадку буде мати вид

$$\frac{T - T_0}{R_T} dt = -mcdT . \quad (2)$$

Інтегруючи це рівняння з урахуванням початкових умов $T = T_{\max}$ при $t = 0$, отримаємо

$$T = T_0 + \left(T_{\max} - T_0\right) e^{-\frac{t}{mcR_T}}. \quad (3)$$

Температура РЕК безперервно наближується до температури навколишнього середовища, та досягне її при $t = \infty$.

Вираз (3) для моменту часу $t = T_n - \tau_i$, коли температура РЕК знову стає рівній T_1, маємо

$$T_1 - T_0 = (T_2 - T_0) e^{\frac{T_n - \tau_i}{\tau_0}}. \quad (4)$$

В наслідок спільного рішення двох останніх рівнянь отримуємо:

$$T_1 - T_0 = P_i R_T \frac{e^{\tau_u / \tau_0} - 1}{e^{T_n / \tau_0} - 1}; \quad (5)$$

$$T_2 - T_1 = P_i R_T \left(e^{T_n - \tau_u / \tau_0} - 1\right). \quad (6)$$

Вирази (5) та (6) використовуються для розрахунку температури сталого режиму при імпульсному (тестовому) впливі на РЕК.

Слід відзначити особливість отриманих залежностей.

Для цього перепишемо (5) та (6) у вигляді:

$$T_1 - T_0 = P_i R_T \frac{\tau_i}{T_n} K_1; \qquad (7)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{P_i \tau_i}{mC} K_2, \qquad (8)$$

де:

$$K_1 = \frac{T_n / \tau_0}{\tau_i / \tau_0} \frac{e^{\tau_i / \tau_0} - 1}{e^{T_n / \tau_0} - 1}; \qquad (9)$$

$$K_2 = \frac{1}{\tau_i / \tau_0} \frac{e^{\tau_i / \tau_0} - 1}{e^{T_n / \tau_0} - 1} \left(\frac{e^{T_n / \tau_0}}{e^{\tau_i / \tau_0}} - 1 \right). \qquad (10)$$

Якщо $T_n << \tau_0$ і $\tau_i << T_n$ то $K_1 = K_2 = 1$ і

$$T_1 - T_0 = P_i R_T \frac{\tau_i}{T_n}; \qquad (11)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{P_i \tau_i}{mC}. \qquad (12)$$

Таким чином, при $\tau_i << T_n << \tau_0$ в сталому режимі температура РЕК перед початком імпульсу залежить лише від середньої потужності $\frac{P_i \tau_i}{T_n}$, що віддається в середовище з температурою T_0 через тепловий опір R_T.

Нагрівання РЕК за час дії імпульсу визначається енергією, що виділяється в імпульсі ($P_i \tau_i$), і теплоємністю поверхні РЕК.

При інших співвідношеннях між T_n, τ_0, τ_i, також можна, використати розрахунки по середній потужності $\frac{P_i \tau_i}{T_n}$ і енергії в імпульсі $P_i \tau_i$ але з введенням коригувальних коефіцієнтів K_1 та K_2. Значення цих коефіцієнтів розраховуються по виразах (9) і (10).

Отримані математичні вирази визначають умови прояву ДП в методі власного випромінювання та є основою для побудови перевірних тестів і складання алгоритмів пошуку несправного РЕК.

Методика побудови перевірних тестів визначення технічного стану РЕК складається з трьох основних етапів:

– встановлення блока, що перевіряється, в «0»;

– подача наборів підготовки до перевірки – активізуючий набір;

– подача перевірних наборів на вхід одномірного шляху (з одночасною реєстрацією відгуку датчиком діагностичного сигналу (ДДС)).

Методика базується на використанні одномірних шляхів і бази перевірних тестів для цифрового блока [8].

Особливість побудови тестового перевірного набору для локалізації несправного РЕК цифрового блока полягає в наступному:

– час на прийняття рішення про технічний стан РЕК визначається часом прояву ДП на поверхні РЕК. Інакше кажучи, перевірний тестовий набір подається на вхід одномірного шляху протягом часу t, що визначається за виразами (5), (6), (11), (12);

– еталонні значення ДП отримують на підприємстві виробнику і містяться в базі даних разом з умовами (температурних умов та параметрів засобів реєстрації ДП) отримання цих показників та допусками.

Алгоритм локалізації несправного РЕК реалізує методику пошуку несправного РЕК в складі цифрового блоку. Локалізація несправних РЕК цифрового блоку при експлуатації відбувається з використанням автономної автоматизованої системи діагностування (АА СД) в базі даних котрої містяться еталонні значення ДП на перевірні тестові послідовності. Локалізація несправних РЕК здійснюється автоматично при порівнянні еталонних значень ДП з сигналами отриманими ДДС.

Порівняння здійснюється з урахуванням «допусків» заводу виробника та класу точності виробу k (5 %, 10 %, 15 %). Так, РЕК цифрового блоку вважається справним якщо відгук $\tilde{Y}_B$ (сигнал з ДДС) знаходиться в межах нижнього $\tilde{Y}_{ен}$ та верхнього $\tilde{Y}_{ев}$ допусків визначених заводом виробником $\left(\tilde{Y}_{ен} \pm k\%\right) \le \tilde{Y}_B \le \left(\tilde{Y}_{ев} \pm k\%\right)$, інакше РЕК вважається несправним.

Для локалізації несправних РЕК цифрового блоку при експлуатації використано:

– відомості з «Інформаційного паспорту блоку» про одномірний шлях (тестовий набір), на якому цифровий блок визнано несправним

(безконтактний індукційний метод та алгоритм визначення технічного стану цифрового блоку) [5];

– повна база перевірочних тестових наборів з особливостями прояву ДП для РЕК;

– припущення, що ймовірність виходу РЕК в одномірному перевірному шляху однакова;

– метод половинного розтину для скорочення часу необхідного для пошуку несправного компоненту. Суть методу половинного розтину полягає в тому, що одномірний шлях поділяється на дві рівні частини (визначається номер рангу схеми цифрового блоку, на котрий приходиться середина одномірного шляху, за методикою ранжування цифрового блоку наведеною в [8]).

Методом власного випромінювання, з використанням перевірних тестових послідовностей та особливостей прояву ДП на поверхні РЕК при імпульсному нагріві, перевіряється стан РЕК цього рангу. Якщо РЕК справний, то перевірці підлягає права частина одномірного шляху, інакше – ліва частина. Перевірка визначеної частини одномірного шляху також здійснюється за методом половинного розтину.

Після визначення РЕК, ДП котрого не відповідає паспортним даним, він позначається «умовно несправним» РЕК. Для остаточного визначення статусу РЕК потрібно вдосконалитись у відсутності константних несправностей в РЕК попередніх рангів (технічний стан попередніх за рангом РЕК).

Методика локалізації несправного РЕК цифрового блоку при експлуатації реалізована у вигляді алгоритму, що наведений на рис. 2.

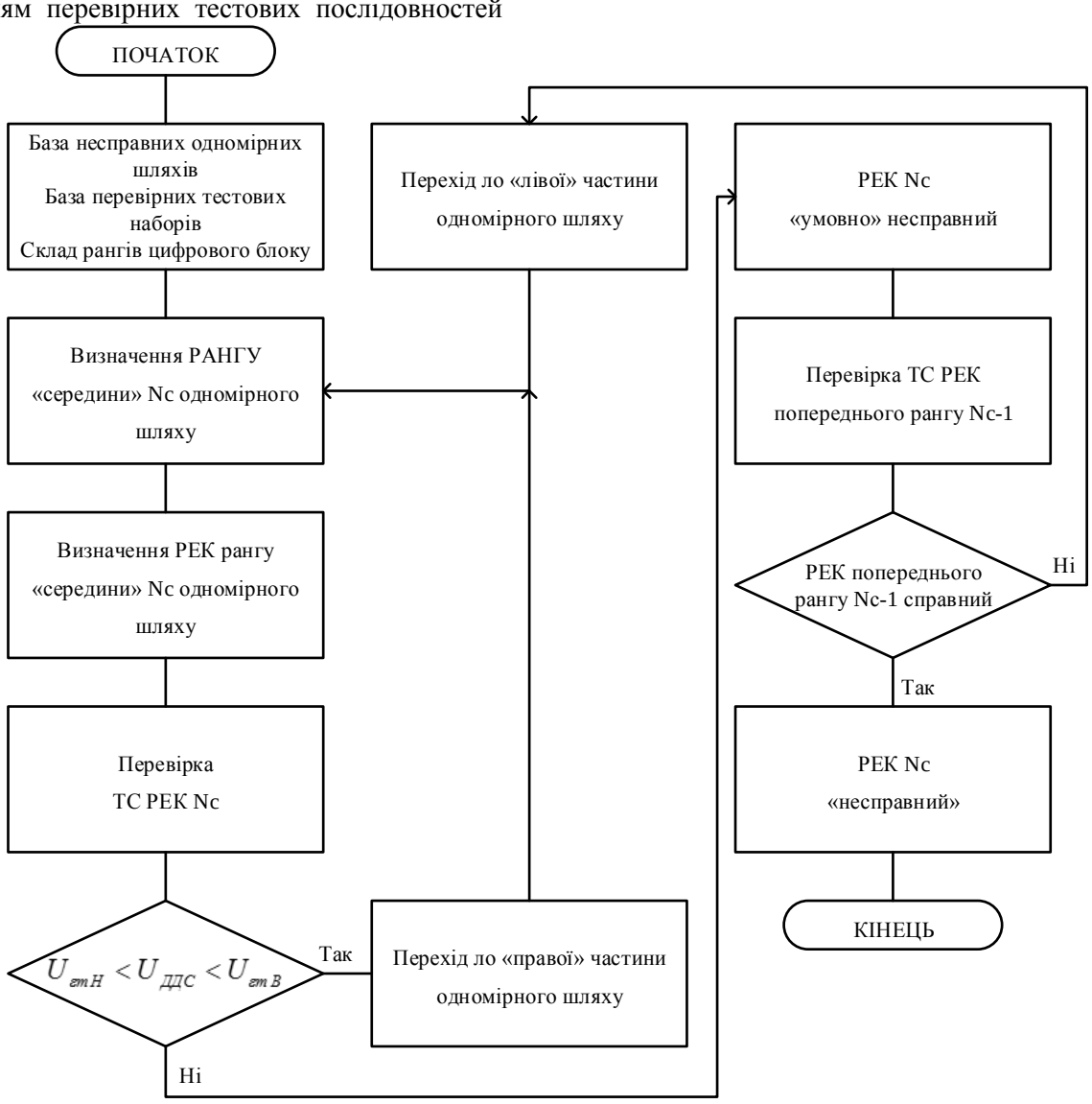


Рисунок 2 – Алгоритм локалізації несправного РЕК цифрового блоку.

Для реалізації алгоритму (рис. 2) запропонована **функціональна схема** блоку видачі діагностичної інформації (БВ ДІ) АА СД в режимі локалізації несправного РЕК цифрового блоку (рис. 3).

На рис. 3 приведено об'єкт контролю (цифровий блок) з датчиком діагностичної інформації (ДДС), що реєструє власне випромінювання (ДП) корпусів РЕК в ІЧ діапазоні.

Місце зняття діагностичної інформації оператору «вказує» АА СД з врахуванням попередніх результатів роботи алгоритму визначення технічного стану цифрового блоку (безконтактний індукційний метод [5]). За цими результатами АА СД покроково здійснює «підігрів» – вивід «підозрюваних» РЕК на сталий (робочий) режим, після цього здійснюється вимірювання діагностичного параметру на цьому РЕК і, в залежності від отриманого результату, прийметься рішення про стан РЕК та про необхідність наступних кроків «просування» по схемі. Реалізація вказаного алгоритму роботи АА СД також може здійснюватись автоматично за наявності керованого двохкоординатного маніпулятора пересування пристрою реєстрації – вимірювального пристрою. Подібний маніпулятор здійснює «геометричну» прив'язку положення вимірювального пристрою до РЕК цифрового блока, що перевіряється, а також «нормалізує» час вимірювання діагностичного параметру. Функції маніпулятора (при переопрацюванні програмного забезпечення) може виконувати планшетний сканер відповідного формату.

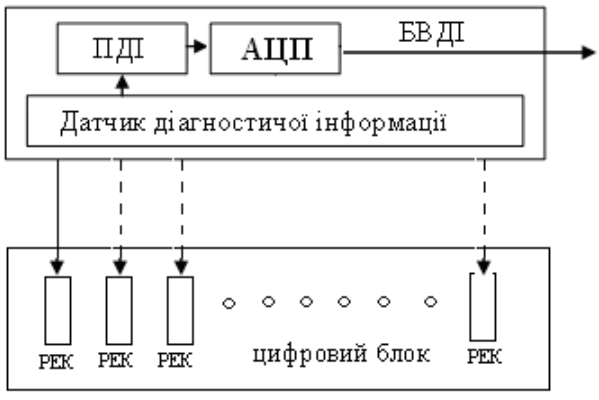


Рисунок 3 – Структура БВ ДІ при використанні методу власного випромінювання

Виходячи з цього, діагностичний параметр для методу власного випромінювання може бути виміряний в контактний або безконтактний спосіб (в залежності від способу розповсюдження тепла), автоматично або автоматизовано.

Висновки. Таким чином в статті визначено умови прояву ДП на поверхні РЕК при використанні методу власного випромінювання для локалізації несправного компоненту в складі цифрового блока. Отримані результати дозволяють визначити необхідний проміжок часу подачі перевірної тестової послідовності на цифровий блок.

З урахуванням математичних розрахунків розроблена узагальнена методика діагностування цифрових блоків АА СД та функціональна схема блока видачі діагностичної інформації (складової частини АА СД), яка дозволяє автоматизувати процес діагностування, зменшити середній час відновлення та підвищити коефіцієнт готовності зразків РЕО.

Використання систем діагностування, заснованих на цій методиці, дозволяє залучати до ремонту (експлуатації) РЕО обслуговуючий персонал відносно низької кваліфікації і знизити вартість відновлення цифрових блоків РЕО.

Список використаних джерел

1. Zherdev M. K. Ways and methods of efficiency increasing of the independent automated test systems of radio-electronic devices / M. K. Zherdev, B. P. Kredentser, V. V. Kuzavkov // Electronics and Control Systems. – National Aviation University, 2014. – №4 (42). – C. 150-154.

2. Шкуліпа П. А. Проблема розробки інформаційних технологій для побудови автоматизованих систем технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки / П. А. Шкуліпа // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького. – Хмельницький, 2012. – № 58, ч. II – С. 165-166.

3. Ильин В. А. Информационно-измерительные системы: учебное пособие / В. А. Ильин. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1981. – 100 с.

4. Информационно-измерительная техника и технологии / В. И. Калашников, С. В. Нефедов, А. Б. Путилин и др.; под ред. Г. Г. Раннева. – М. Высш. шк., 2002. – 454 с.

5. Вишнівський В. В. Безконтактний індукційний метод діагностування радіоелектронних блоків / В. В. Вишнівський, М. К. Жердєв, Б. П. Креденцер , В. В. Кузавков, Є. В. Редзюк // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Київ, 2013. – Вип. № 43. – С. 17-23.

6. Вишнівський В. В. Термографія як засіб пасивного контролю технічного стану радіоелектронних схем / В. В. Вишнівський,

В. В. Кузавков, Є. В Редзюк. // Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення: матеріали VII Науково-практичного семінару: (24 жовтня 2013 року) / Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій. – Київ, 2013. – С. 86.

7. Лебедев Н. Н. Сборник задач по математической физике / Н. Н. Лебедев, И. П. Скальская, Я. С. Уфлянд. – М.: Гостехтеориздат, 1955. – 421 с.

8. Жердев М. К. Побудова функціональних перевірних тестів для безконтактного індукційного методу діагностування. / М. К. Жердев, В. В. Кузавков // Системи озброєння та військова техніка: Науковий журнал. – Х.: Харківський університет повітряних сил ім. Івана Кожедуба, 2014. – № 4 (40). – С. 73-76.

Надійшла до редакції 20.02.2015

Рецензент: д.т.н., професор Вишнівський В. В., Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, м. Київ.

В. В. Кузавков, к.т.н., **О. Г. Янковский,** к.т.н.

МЕТОДИКА ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕИСПРАВНОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПОНЕНТА

Рассматривается технология применения метода собственного излучения для определения неисправного радиоэлектронного компонента (РЭК) в составе цифрового блока современного радиоэлектронного оборудования при помощи автономной автоматизированной системы диагностирования (АА СД). А именно: физические основы метода собственного излучения и условия проявления диагностического параметра; методику и алгоритм построения проверочной тестовой последовательности для локализации неисправного РЭК; функциональную схему блока выдачи диагностической информации из состава АА СД в режиме локализации неисправного РЭК.

Ключевые слова: *диагностическая информация, метод собственного излучения, радиоэлектронный компонент.*

V. V. Kuzavkov, PhD, **O. G. Iankovskii,** PhD

METHODOLOGY OF LOCALIZATION OF DEFECTIVE RADIO ELECTRONIC COMPONENT

Technology of application of method of own radiation is examined for determination of defective radio electronic component (REC) in composition the digital block of modern radio electronic equipment through the off-line automated system of diagnostics (OA SD). Namely: physical bases of method of own radiation and condition of display of diagnostic parameter; methodology and algorithm of construction of verification test sequence for localization of defective REC; functional diagram of block of delivery of diagnostic information from composition of OA SD in the mode of localization of defective REC.

Keywords: *diagnostic information, method of own radiation, radio electronic component.*

УДК 681.518.54:621.313

В. Ю. Кучерук[1], д.т.н., **О. В. Грабовський**[2], к.т.н., **Д. В. Мостовий**[1]

[1]*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*
[2]*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса*

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

В статті розглядається загальна класифікація методів вимірювання та ідентифікації параметрів силових електромеханічних перетворювачів, які представляють інформаційну значимість для діагностування. Введені відповідні класифікаційні ознаки та представлена загальна характеристика кожного методу.

Ключові слова: *діагностування, вимірювання, ідентифікація, силовий електромеханічний перетворювач.*

Вступ

Сьогодні в світі щорічно випускають 7 мільярдів силових електромеханічних перетворювачів (СЕМП), які споживають 70% загальної кількості електроенергії. Електромеханічний перетворювач представляє собою пристрій для перетворення електричного струму чи напруги у механічні переміщення чи навпаки. Як СЕМП використовуються асинхронні двигуни, синхронні двигуни, двигуни постійного струму. СЕМП надзвичайно широко використовуються як силові у насосних станціях водоканалу, у складі димососів, вентиляторів на підприємствах теплокомуненерго. Якість і надійність СЕМП в значній мірі визначаються діагностичним забезпеченням на всіх етапах їх життєвого циклу.

На етапах виробництва, де вирішальним є забезпечення бездефектності технології виготовлення та бездефектності праці при виготовленні СЕМП, обсяг контрольно-діагностичних операцій сягає 50% загальної трудомісткості їх виробництва. Характерною особливістю задач діагностування виробничих дефектів СЕМП в умовах серійного виробництва є те, що чим пізніше виявляються дефекти, тим більше витрат необхідно на локалізацію місця їх виникнення. При цьому діагностичне забезпечення буде ефективним лише тоді, коли з мінімальними витратами забезпечуються високі показники достовірності. Стрімке насичення ринку та загострення конкурентної боротьби привело до того, що контроль якості СЕМП посилився. Стало зрозумілим, що контроль якості СЕМП після того, як вони вже виготовлені, економічно менш ефективний, ніж створення системи запобігання виникнення браку на всіх стадіях виробництва (системи забезпечення якості виробництва за стандартами ISO 9000).

На етапі експлуатації метою діагностування СЕМП є визначення виду технічного стану, визначення причини переходу СЕМП в непрацездатний технічний стан, прогнозування зміни технічного стану СЕМП з визначенням причини такої зміни чи з визначенням інтервалу часу, після якого можуть початися процеси, що призведуть до небажаної для експлуатації СЕМП зміни його технічного стану.

Процес діагностування стану СЕМП, що складає важливу частину системи забезпечення якості виробництва та експлуатації, є надзвичайно трудомістким із складною методикою визначення окремих діагностичних параметрів і пов’язаний із великими витратами часу та матеріальних ресурсів. Ця проблема ускладняється тим, що наявність несправності в СЕМП характеризується комплексною зміною різноманітних діагностичних параметрів.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у загальній класифікації методів визначення діагностичних параметрів СЕМП на основі вивчення літературних джерел та систематизації за запропонованими класифікаційними ознаками.

Основна частина

Загальний аналіз існуючих методів визначення діагностичних параметрів СЕМП досить важко охопити, не давши їх класифікацію. Пропонується класифікація (рис. 1) методів визначення діагностичних параметрів СЕМП за такими класифікаційними ознаками: за видом вимірювання; за видом випробовування; за видом інформативного параметра.

За видом вимірювання методи визначення діагностичних параметрів СЕМП розділяються на методи прямого вимірювання, опосередкованого вимірювання.

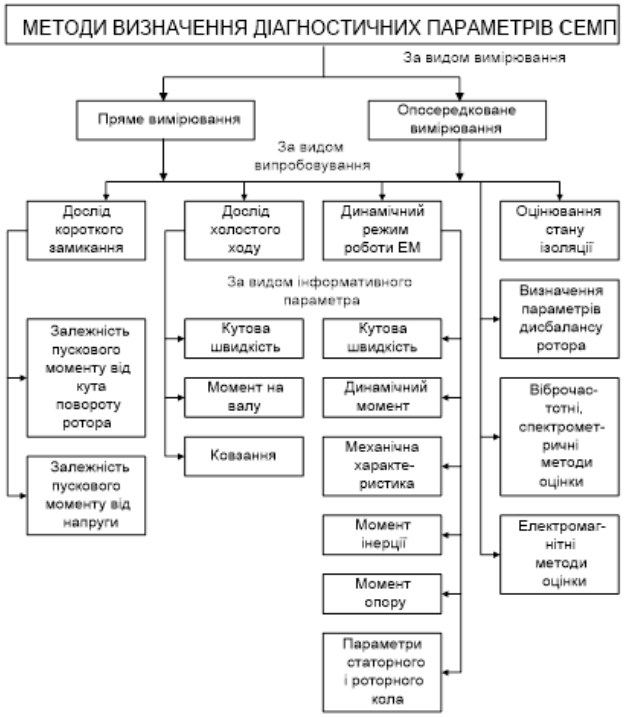


Рисунок 1 – Класифікація методів визначення діагностичних параметрів СЕМП

За видом випробовування методи визначення діагностичних параметрів СЕМП розділяються на дослід короткого замикання; дослід холостого ходу; динамічний режим роботи СЕМП; оцінення стану ізоляції; методи визначення параметрів дисбалансу ротора; віброчастотні, спектрометричні, теплові, електромагнітні методи.

Основою віброчастотних методів [1] є наявність механічних коливань як явища нормальної передачі динамічних сил через механічну систему. Джерелами вібрації та шуму СЕМП є: кінцевий дисбаланс (неврівноваженість) ротора, наявність еліпсу цапфи валу, наявність неврівноважених електромагнітних сил (магнітного шуму) і аеродинамічних сил. Крім того, вібрації та шум виникають від підшипників кочення та щіток.

Знаючи амплітуди та частоти окремих складових коливального процесу, тобто його спектр, можна виявити джерела цих коливань за допомогою функцій кореляції [2].

Поведінка функції автокореляції $K_{XX}(\tau)=\lim\limits_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_0^T x(t)x(t+\tau)dt$ може відображати ТС СЕМП. Наприклад, при появі дефекту, зв'язаного із збудженням періодичного процесу з періодом *T*, акустичний сигнал $x(t)$ можна представити як суму періодичної $A(t)$ та шумової $Z(t)$ компонент: $x(t)=A(t)+Z(t)$. При значеннях τ, що перевищують інтервал кореляції τ_0 шумового процесу, функція автокореляції стає періодичною з періодом *T*. За значеннями нормованої функції кореляції можна визначити відношення енергії періодичної компоненти до енергії всього сигналу, тобто може бути сформована ознака дефекту, що спричинюється змінами співвідношень періодичної та шумової компонент в акустичному сигналі.

З діагностичною метою використовують [3] також властивості функцій взаємної кореляції $K_{xy}(\tau)$ коливальних процесів $x(t)$ і $y(t)$, що виміряні в двох точках конструкції СЕМП. За результатами аналізу можна міркувати про вклад різних джерел збудження вібрації в загальний коливальний процес.

Перетворення Фур'є від функції взаємної кореляції $S_{xy}(\omega)=\int_{-\infty}^{+\infty}K_{xy}(\tau)\exp(-j\omega\tau)d\tau$ (взаємна спектральна щільність потужності) використовується для формування діагностичних ознак за рахунок оцінювання передатної функції СЕМП $H(j\omega)$ при відхиленні її від норми

$$H(j\omega)=\frac{S_{вих}(j\omega)}{S_{вх}(j\omega)}, \qquad (1)$$

де $S_{вих}(j\omega)$ – спектр вихідного сигналу (частоти обертання, моменту); $S_{вх}(j\omega)$ – спектр вхідного сигналу (струм).

Якщо з проявом дефекту змінюється характер передатної функції СЕМП (зміщуються власні частоти, змінюється амплітуда чи фазовий зсув), то будь-який з цих параметрів може бути використаний як діагностичний.

Використовуються також такі методи вібродіагностики [1] на основі:

- комплексного використання точкових оцінок частотно-енергетичного діагностичного параметра;
- використання багатомірного розподілу частотно-енергетичного діагностичного параметра;
- частотно-часових квадратичних детекторів.

Високі функціональні можливості ІВС вібродіагностики сприяли їх широкому впровадженню в різні галузі техніки. Однак вони призначені, в основному, для діагностування механічної частини СЕМП. Дефекти електричної частини СЕМП ІВС вібродіагностики здатні виявити у тому випадку, коли вони спричинюють коливання ротора (несиметричне живлення, часткове коротке замикання обмоток).

В практиці вимірювання теплових характеристик СЕМП (ізотермічні характеристики статора і ротора, характеристики теплового поля)

широко застосовуються як прямі, так і опосередковані вимірювання. Особливістю вимірювання теплових характеристик СЕМП є необхідність отримання вимірювальної інформації, з ротора ОД, що обертається. Ця проблема вирішена в роботі [3] шляхом вимірювання кутової швидкості ротора. В роботі [4] автори для вимірювання температури ротора використали безконтактні індукційні перетворювачі. Основні положення термометричної діагностики СЕМП викладені в [5], де наводяться особливості теплового вимірювання тіл та теплових полів, описані методи та засоби вимірювання. Теплові характеристики СЕМП опосередковано характеризують їх ТС, а тому є ефективним додатком до основних характеристик.

За видом інформативного параметра методи визначення діагностичних параметрів СЕМП розділяються на:

1. При виконанні досліду короткого замикання: *залежність пускового моменту від кута повороту ротора; залежність пускового моменту від напруги живлення.*

2. При виконанні досліду холостого ходу: *кутова швидкість; сковзання; момент на валу*.

3. При виконанні динамічного режиму роботи СЕМП: *кутова швидкість* $\omega_r(t)$*; динамічний момент* $M_e(t)$*; момент інерції J; момент опору* $M_0(t)$*; механічна характеристика* $M_e(\omega_r)$*; параметри статорного і роторного кола.*

Для визначення параметрів діагностування СЕМП в динамічних режимах їх роботи можуть використовуватись різні методи прямого вимірювання, опосередкованого вимірювання, ідентифікації параметрів.

Методи вимірювання кутової швидкості, їх класифікація та ВК для їх реалізації докладно розглядаються в роботах [6-9].

Методи визначення динамічного моменту, моменту інерції, моменту опору, механічної характеристики, їх класифікація та ІВС для їх реалізації докладно розглядаються в роботах [10-20]. При цьому для визначення даних ДП в переважній більшості використовується вимірювальний канал кутової швидкості [10-13, 15-17, 20].

Опубліковано ряд праць, в яких порушується питання розробки методів визначення діагностичних параметрів статорного і роторного кола [21-33]. Параметри статорного кола можна безпосередньо виміряти (пряме вимірювання), в той час як параметри роторного кола виміряти неможливо, і для їх оцінювання необхідно використовувати апарат теорії ідентифікації (опосередковане вимірювання). На рис. 2 наведена класифікація методів ідентифікації параметрів СЕМП.

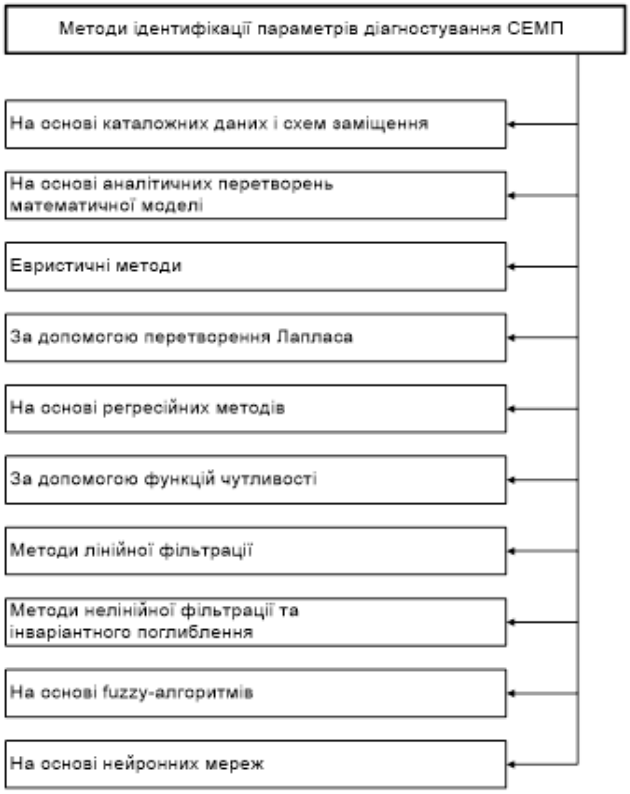


Рисунок 2 – Класифікація методів ідентифікації параметрів діагностування СЕМП

Ідентифікація у загальному сприйнятті полягає у визначенні параметрів системи на основі даних експериментальних спостережень. Ця проблема допускає кілька формулювань в залежності від природи моделі, існуючої інформації тощо.

Розглянемо об’єкт, який зазнає динамічні впливи. Використання різних методів моделювання приведе до системи диференціальних рівнянь, що описує зміну стану системи у часі

$$d\mathbf{U}/dt = f(\mathbf{U}, \mathbf{a}), \qquad (2)$$

де **U** – вектор змінних стану ОД; **a** – вектор коефіцієнтів рівнянь, які зв’язані з ДП ОД.

В практиці звичайно вважається, що всі коефіцієнти **a** відомі, тому основною задачею є інтегрування рівняння стану (2) чи вивчення стійкості системи під час дії різних зовнішніх факторів. Але відомо, що це класичне допущення (про можливість визначення коефіцієнтів) справедливе тільки для відносно простих моделей.

Виникає інтерес формулювання зворотної задачі: для даної моделі (2) знайти такий набір параметрів **a**, щоб отримати найкраще узгодження з експериментальними даними. Так сформульована задача ідентифікації зводиться до задачі найкращої відповідності в просторі функцій. Ясно, що задача ідентифікації є зворотною задачею

і тому пов'язана із рядом труднощів аналітичного і обчислювального характеру. По-перше, тільки вузький клас зворотних задач допускає повне аналітичне обернення; по-друге, чисельне рішення цієї задачі – недостатньо пророблена область.

Зворотна задача є некоректно поставленою за Тихоновим [34]. Математичне формулювання коректно поставленого розв'язання рівняння (2) таке. Задача визначення розв'язку $\mathbf{a}$ із простору $\Omega_{\mathbf{a}}$ за вихідними даними $\mathbf{U}$ із простору $\Omega_{\mathbf{U}}$ називається коректно поставленою, якщо виконуються такі умови:

1. Для всякого елементу $\mathbf{U}$ існує розв'язок $\mathbf{a} \in \Omega_{\mathbf{a}}$.

2. Розв'язок визначається однозначно.

3. Задача стійка.

При цьому задача знаходження розв'язку $\mathbf{a} = \mathbf{\Psi}(\mathbf{U})$ називається стійкою, якщо для будь-якого числа $\varepsilon > 0$ можна знайти таке число $\delta(\varepsilon) > 0$, що із нерівності $\rho_{\mathbf{U}}(\mathbf{U}_1, \mathbf{U}_2) \le \delta(\varepsilon)$ випливає нерівність $\rho_{\mathbf{a}}(\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2) \le \varepsilon$, де $\mathbf{a}_1 = \mathbf{\Psi}(\mathbf{U}_1)$, $\mathbf{a}_2 = \mathbf{\Psi}(\mathbf{U}_2)$; $\mathbf{U}_1, \mathbf{U}_2 \in \mathbf{\Omega}_{\mathbf{U}}$; $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2 \in \mathbf{\Omega}_{\mathbf{a}}$; $\boldsymbol{\rho}_{\mathbf{U}}, \boldsymbol{\rho}_{a}$ – відповідні відстані в нормованих просторах $\mathbf{\Omega}_{\mathbf{U}}$, $\mathbf{\Omega}_{\mathbf{a}}$. Задачі, які не задовольняють хоча б одній із перерахованих вище умов, є некоректно поставленими. Для розв'язку некоректно поставлених задач використовується, наприклад, метод регуляризації Тихонова [34].

Методи ідентифікації на основі каталожних даних і схем заміщення [22-24] полягають в тому, що виходячи із схеми заміщення чи математичної моделі СЕМП, визначаються параметри, які підлягають вимірюванню і проводяться перетворення вихідної математичної моделі СЕМП до форми $\mathbf{a} = \mathbf{\Psi}(\mathbf{U})$ з наступними розрахунками $\mathbf{a}$.

Для таких методів характерне використання повної апріорної інформації про ТС СЕМП. До недоліків цих методів можна віднести відсутність апарату зменшення впливу похибок вимірювання на результати ідентифікації, ускладнену оцінку кінцевої похибки ідентифікації параметрів. У цьому випадку потрібно підвищувати точність вимірювання апріорної інформації.

Евристичні методи ідентифікації [24-34]. Найпростішими методами ідентифікації параметрів СЕМП є евристичні (пошукові) методи ідентифікації. В них відсутнє строге математичне формулювання, і їх необхідно використовувати лише в тих випадках, коли інші методи ідентифікації є неефективними і математичні формулювання неадекватні через суттєву нелінійність математичної моделі.

Суть евристичних методів основана на знаходженні мінімуму деякого функціонала якості. Мінімізація може здійснюватися різними методами (методами прямого пошуку, методами градієнтного пошуку).

Завдяки своїй спрощеній схемі евристичні процедури можуть довго сходитися до істинних значень параметрів.

У випадку ідентифікації нелінійних систем (багатомодальності функціоналу якості) евристичні процедури повинні включати у себе пошук глобального мінімуму, і тому мають досить низьку збіжність і значний об'єм обчислень.

Ідентифікація за допомогою перетворення Лапласа [28]. У даному методі математичний апарат операторного перетворення Лапласа був використаний до нелінійної жорсткої системи диференціальних рівнянь СЕМП лише за умови $\omega_r = const$, тобто в усталеному режимі роботи СЕМП, де досягається лінеаризація диференціальних рівнянь. Лише за цієї умови можна знайти аналітичне розв'язання системи диференціальних рівнянь СЕМП.

Із практики відомо, що СЕМП навіть в усталеному режимі роботи має нерівномірність частоти обертання, яка зумовлена конструктивними особливостями СЕМП. Це спричинює додаткову похибку при ідентифікації параметрів СЕМП.

Ідентифікація за допомогою регресійних методів [29]. Дані методи засновані на регресійних процедурах з використанням методів найменших квадратів. Нелінійні системи лінеаризуються та ідентифікуються методом лінійної регресії за умови повільно змінюваної вихідної величини. Можливе використання для опису нелінійної системи апроксимацією поліномами і ортогональними поліномами Чебишева, але цей підхід має ряд недоліків, пов'язаних з похибкою апроксимації і неявним фізичним смислом коефіцієнтів поліномів.

Ідентифікація за допомогою функцій чутливості [30-33]. Загальна схема параметричної ідентифікації динамічної системи (2) з використанням функцій чутливості полягає в апроксимації (2) першим наближенням [35]

$$\mathbf{U}(\mathbf{a} + \Delta\mathbf{a}, t) = \mathbf{U}(\mathbf{a}, t) + \mathbf{S}(t) \cdot \Delta\mathbf{a}, \qquad (3)$$

де $\mathbf{S}(t) = \left.\dfrac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{U}, \mathbf{a})}{\partial \mathbf{a}}\right|_{\Delta\mathbf{a} = 0}$ – матриця чутливості, яка є розв'язанням рівняння чутливості $\dot{\mathbf{S}} = \dfrac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{U}, \mathbf{a})}{\partial \mathbf{U}} \cdot \mathbf{S} + \dfrac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{U}, \mathbf{a})}{\partial \mathbf{a}}$ з наступним визна-

ченням із (3) додаткового руху $\Delta\mathbf{a}$. Для отримання оцінки $\Delta\mathbf{a}$ на кожному кроку ітерації використовуються процедури типу найменших квадратів.

До недоліків даного методу ідентифікації параметрів СЕМП можна віднести недостатнє обґрунтування допустимості першого наближення $\Delta\mathbf{U}(t,\mathbf{a}) \approx \Delta^{(1)}\mathbf{U}(t,\mathbf{a})$ у випадку жорсткої нелінійної системи диференціальних рівнянь СЕМП та необхідність спільного розв'язку математичної моделі СЕМП та системи функцій чутливості.

Ідентифікація за допомогою методів лінійної фільтрації [36] заснована на використанні фільтрів Вінера, Калмана до визначення параметрів лінеаризованих математичних моделей СЕМП.

До переваг цих методів можна віднести врахування похибок вимірювання вхідних параметрів, до недоліків – додаткова похибка визначення параметрів СЕМП внаслідок лінеаризації математичної моделі.

Ідентифікація за допомогою методів інваріантного поглиблення та нелінійної фільтрації [37, 38]. Ці методи можна використовувати для ідентифікації параметрів, а також для одночасного послідовного оцінювання стану лінійних і нелінійних спостережуваних систем.

Збіжність ідентифікації даними методами до фактичних значень можна забезпечити в досить широкому діапазоні початкових оцінок, але при цьому вимагаються апріорні дані про діапазон, всередині якого знаходяться значення параметрів.

Ідентифікація основана на інтегруванні за часом системи нелінійних диференціальних рівнянь, розв'язок яких повинен сходитися до оцінок параметрів і змінних часу. Оскільки вимірювання входять у праву частину математичної моделі ОД, то чим триваліше процес вимірювань, тим точніше розв'язок сходиться до істинних значень параметрів.

Оскільки ці методи можуть забезпечити оптимальне оцінювання параметрів і всіх змінних стану, він є одним із найпотужніших математичних методів ідентифікації.

Методи ідентифікації на основі fuzzy-алгоритмів [39] використовують процедуру "fuzzyfication", процедуру "defuzzyfication", правила fuzzy-логіки для визначення параметрів СЕМП. Fuzzy-правила алгоритму ідентифікації визначаються як

$$\begin{aligned} &If\ \left(\Delta\mathbf{U}_{1(k)}\ and\ \Delta\mathbf{U}_{2(k)}\ and\ \ldots and\ \Delta\mathbf{U}_{m(k)}\right) \\ &then\ \Delta\mathbf{a}_{n(k)} \end{aligned},$$

де k – крок ітерації, n – певний елемент вектора $\mathbf{a}$.

Такі правила дуже важко визначити для жорстких систем і застосувати для ідентифікації систем із числом елементів векторів **U** і **a** більшим ніж 2, тому цей алгоритм ідентифікації застосовують лише для ідентифікації невеликої кількості параметрів СЕМП.

Методи ідентифікації на основі нейронних мереж [40] використовують штучні нейронні мережі, які складаються із паралельно працюючих окремих нейронів. Нейрони зважено підсумовують і самозбуджують активності інших нейронів при перевищенні відомого порогу величини вхідного сигналу. Таким чином, знання, що є у нейронній мережі, складаються в розподіленні ваги сигналів між нейронами. Ці ваги встановлюються наперед у фазі навчання за простими, незалежними від конкретної задачі правилами.

Нейронні мережі застосовуються здебільшого для ідентифікації дискретизованих систем. У випадку нелінійної жорсткої системи СЕМП появляється додаткова похибка, зв'язана із неадекватністю дискретизованої математичної моделі реальному ОД. Крім того, у зв'язку із великим об'ємом обчислень і необхідністю попереднього навчання нейронної мережі її застосовують для ідентифікації невеликої кількості параметрів.

Висновки

Аналіз сучасного стану діагностичного забезпечення СЕМП дозволив прийти до таких висновків:

1. Розроблені і апробовані вимірювальні канали кутової швидкості; моментних характеристик (залежності пускового моменту від кутового положення ротора, залежності пускового моменту від напруги живлення); струму і напруги в обмотках статора; механічної характеристики.

2. Вимірювальний канал кутової швидкості є основним для визначення таких параметрів СЕМП: кутове прискорення, динамічний момент, момент інерції, момент механічних втрат, параметри дисбалансу ротора.

3. Недостатньо розроблені теоретичні основи ідентифікації внутрішніх параметрів СЕМП, які неможливо безпосередньо виміряти.

4. Відомі теоретичні підходи до технічного діагностування СЕМП не дозволяють комплексно оцінити технічний стан СЕМП за загальною функцією технічного стану, однозначно локалізувати несправність СЕМП. Крім того, вони не дозволяють за загальною функцією ТС провести прогнозування розлагодження технологічного процесу виготовлення або прогнозування змінення технічного стану СЕМП.

Із вище приведеного слідує, що з метою підвищення достовірності діагностування СЕМП необхідно проводити дослідження у напрямку подальшого розвитку теоретичних основ побудови і створення нових методів діагностування, методів та алгоритмів вимірювального перетворення діагностичних параметрів та нових автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем технічного діагностування СЕМП.

Список використаних джерел

1. Воронцов А. Г. Элементы теории высокочастотной вибродиагностики роторных машин. Монография / А. Г. Воронцов. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002. – 137 с.

2. Смирнов В. И. Функциональная диагностика электрических машин / В. И. Смирнов // Датчики и системы. – 2003. – №6. – С. 30-32.

3. Geszti P., Kis M. Indirect Solution for Determining the Rotor Temperature in Asynchronous Motors // Int. Conf. Power Electron. and Var. – London (England), 1984. – P. 333-336.

4. Прокунцев А. Ф. Бесконтактная передача и обработка информации с вращающихся изделий / А. Ф. Прокунцев, Е. С. Максимова. – М.: Машиностроение, 1985. – 80 с.

5. Канарчук В. Е. Бесконтактная тепловая диагностика машин / В. Е. Канарчук, А. Д. Чиргинец. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.

6. Избыточные системы счисления, моделирование, обработка данных и системное проектирование в технике преобразования информации: Учеб. пособие/ В. А. Поджаренко, А. Д. Азаров, В. А. Власенко, И. И. Коваленко. – К.: Выща шк., 1990. – С. 7-61.

7. Кучерук В.Ю. Аналіз та практична реалізація мікропроцесорного засобу вимірювання кутової швидкості обертання електричних машин / В. Ю. Кучерук, В. В. Кухарчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1995. – № 2. – С. 12-16.

8. Потапов Л.А. Измерение вращающих моментов и скоростей вращения микроэлектродвигателей / Л. А. Потапов, Ф. М. Юферов. – М.: Машиностроение, 1976. – 121 с.

9. Лассан В. Л. Измерение угловых скоростей / В. Л. Лассан. – М.: Машиностроение, 1969.

10. Podzharenko V. A., Kucheruk V. Yu. Computer-Measuring System of the Mechanical Characteristics of Electrical Drives // Int. Conf. «Electrical Drives and Power Electronics» EDPE'96. – High Tatras (Slovakia), 1996. – Proceeding volumes 2.– P. 633-637.

11. Kucheruk V. Yu., Podzharenko A. V. Computer-Measuring System for rotor balansing of Electromechanical Systems // Second Int. Scientific Conf. «Unconventional Electromechanical and Electrotechnical Systems» UEES'96. – Szczecin (Poland), 1996. – Proceeding volumes 2.– P. 483-488.

12. Podzharenko V. A., Kucheruk V. Yu. New method of measurement of a moment of inertia of an electrical machines // XIV IMEKO World Congress. – Tampere (Finland), 1997. – Volume III. – Topics 3. – P. 90-95.

13. Кучерук В. Ю. Методологія побудови засобів вимірювання моменту інерції роторів електричних машин / В. Ю. Кучерук, В. В. Кухарчук, В. Б. Дудикевич, А. В. Поджаренко // Проблеми створення нових машин і технологій. Наукові праці Кременчуцького державного політехнічного інституту. – Випуск 1/2000 (8). – С. 113-118.

14. Одинец С. С. Средства измерения крутящего момента / С. С. Одинец, Г. Е. Томилин. – М.: Машиностроение, 1977. – 143 с.

15. Краличкин Л. К. Измерение статического вращающего момента асинхронных электродвигателей / Л. К. Краличкин // Метрология. – 1978. – № 9. – С. 7-10.

16. Акимов Л. В. Устройство для экспрес динамометрических испытаний асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором / Л. В. Акимов, О. И. Литвинов, Н. П. Спанцирети // Электротехника. – 1975. – № 3.– С. 47-50.

17. Акимов Л. В. Совершенствование динамометрических испытаний асинхронных двигателей / Л. В. Акимов, Ю. Г. Борзяк, О. И. Литвинов, И. И. Сосницкий // Электротехника. – 1978. – № 9.– С. 45-46.

18. Соколов М. М. Измерение динамических моментов в электроприводах переменного тока / М. М. Соколов, Л. Б. Масандрилов. – М.: Энергия, 1976. – 179 с.

19. Потапов Л. А. Измерение моментов и скорости вращения микроэлектродвигателей динамическим способом / Л. А. Потапов, А. И. Еременко, В. П. Колесников, В. П. Образцов. – Л.: Информэлектро, 1973. – 75 с.

20. Исмайлов А. Г. Частотный датчик вращающего момента / А. Г. Исмайлов // Изв. Вузов. Электромеханика. – 1987. – № 7. – С. 88-91.

21. Кучерук В. Ю. Аналіз існуючих засобів вимірювання механічних характеристик електричних машин / В. Ю. Кучерук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 1999.– № 54. – С. 125-138.

22. Сивокобыленко В. Ф. Метод расчета схем замещения и пусковых характеристик глубокопазных асинхронных двигателей / В. Ф. Сивокобыленко, В. А. Павлюков, Х. Хенниуи //

Электротехника. – 1996. – № 3. – С. 38-41.

23. Божилов Г. Метод за определяне на параметрите на асинхронните двигатели / Г. Божилов // Техническа мисъл. – 1989. – т. XXVI. – № 6. – С. 29-35.

24. A circuit approach to finite element analysis of a double squirrel cage induction motor / Belmans R. // IEEE Trans. Energy Convers. – 1990. – 5. – № 4. – P. 719-724.

25. J. Holtz, Th. Thimm. Identification of the Machine Parameters in a Vector-Controlled Induction Motor Drive // IEEE Transaction on Industry Applications. – 1991. – Vol. 27. – № 6.– P. 1111-1118.

26. Рогозин Г. Г. Способ идентификации асинхронной машины по экспериментальным данным ее динамического режима / Г. Г. Рогозин, Н. Г. Пятлина // Электричество. – 1981. – № 4. – С. 47-49.

27. Коробейников Б. А. Идентификация параметров математической модели глубокопазных асинхронных двигателей / Б. А. Коробейников, А. И. Ищенко // Изв. вузов. Электромеханика. – 1989. – №8. – С. 33-38.

28. Сивокобыленко В.Ф. Определение параметров схем замещения асинхронных и синхронных двигателей / В. Ф. Сивокобыленко, В. С. Гармаш // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1982. – № 5. – С. 154-159.

29. J. Grochowalski. Use of Regression analysis for the determining of Electrical Machine equivalent circuit // Second Int. Scientific Conf. «Unconventional Electromechanical and Electrotechnical Systems» UEES'96. – Szczecin (Poland), 1996. – Proceeding volumes 2. – P. 209-214.

30. Parameter estimation for induction machines based on sensitivity analysis / Ansuj Somchai, Shokooh Farrokh // IEEE Trans. Ind. Appl. – 1989. – V. 25. – № 6. – P. 1035-1040.

31. Поджаренко В. О. До питання про ідентифікацію внутрішніх параметрів електричних машин / В. О. Поджаренко, В. Ю. Кучерук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1994. – № 1(2). – С. 10-13.

32. Кучерук В.Ю. Ідентифікація внутрішніх параметрів роторного кола асинхронних машин за допомогою теорії чутливості / В. Ю. Кучерук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 4. – С. 5-10.

33. Кучерук В. Ю. Ідентифікація внутрішніх параметрів обмоток електричних машин за допомогою теорії чутливості / В. Ю. Кучерук, А. В. Поджаренко, Р. В. Селезньова // Вісник Державного університету "Львівська політехніка". Серія "Автоматика, вимірювання та керування". – 2000. – № 389. – С. 72-81.

34. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

35. Розенвассер Е. Н. Чувствительность систем управления / Е. Н. Розенвассер, Р. М. Юсупов. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 464 с.

36. D. J. Atkinson, P. P. Akarnley, J. W. Finch. Observes for Induction Motor State and Parameter Estimation // IEEE Transactions on industry applications. – 1991. – Vol. 27. – № 6.– P. 1119-1127.

37. Кучерук В. Ю. Метод інваріантного поглиблення для ідентифікації роторних параметрів асинхронних двигунів / В. Ю. Кучерук, О. Г. Ігнатенко, М. Д. Молчанюк, О. В. Андрусь // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 2013. – Випуск 1(2).– С. 77-80.

38. Кучерук В. Ю. Елементи теорії побудови систем технічного діагностування електромоторів : монографія / В. Ю. Кучерук. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 195 с.

39. Jaderko A., Krzeminski Z. Fuzzy-Logic Algorithm of the Magnetizing Curve Identification of the Induction Motor / Int. Conf. «Electrical Drives and Power Electronics» EDPE'96. – High Tatras (Slovakia), 1996. – Proceeding volumes 2. – P. 537-541.

40. Поджаренко В. О. Система діагностування безконтактних електромеханічних перетворювачів на основі нейронечітких методів : монографія / В. О. Поджаренко, В. Ю. Кучерук, О. П. Войтович. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 156 с.

Надійшла до редакції: 10.02.2015

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

В. Ю. Кучерук, д.т.н., **О. В. Грабовский,** к.т.н., **Д. В. Мостовый**

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В статье рассматривается общая классификация методов измерения и идентификации пара-

метров силовых электромеханических преобразователей, представляющих информационную значимость для диагностики. Введенные соответствующие классификационные признаки и представлена общая характеристика каждого метода.

Ключевые слова: *диагностирование, измерение, идентификация, силовой электромеханический преобразователь.*

V. Y. Kucheruk, DSc, **O. V. Grabovsky,** PhD, **D. V. Mostovyi**

REVIEW OF METHODS CERTAIN DIAGNOSTIC PARAMETERS OF THE ELECTROMECHANICAL POWER CONVERTER

The article discusses the general classification of measurements methods and identification of parameters of electromechanical power converters representing the informational value for diagnosis. Imposed by the relevant classification features and provides a general description of each method.

Keywords: *diagnosis, measurement, identification, electromechanical power converter.*

УДК 656.2/.4

К. Ф. Боряк, д.т.н., **В. І. Возний**

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ВАРІАНТИ ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНИХ ВИХОРОСТРУМОВИХ ГАЛЬМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

Пропонується два варіанти застосування магнітного вихорострумового обертового сповільнювача в якості додаткового гальмового пристрою для сповільнення руху залізничних колісних пар, що експлуатуються на потягах зі швидкістю до 160 км/год. Експлуатація магнітного сповільнювача у сукупності з основними колодковими фрикційними гальмами на звичайних залізничних вагонах призведе до збільшення технічного ресурсу гальмівних колодок.

Ключові слова: *магніторейкові вихорострумові фрикційні лінійні гальма, магніторейкові вихорострумові обертові гальма, вихорострумовий сповільнювач, магнетардер, ретардер, технічний ресурс гальмівних колодок.*

Сьогодні на українській залізниці здебільшого використовуються колодкові фрикційні гальма, які мають певні системні недоліки [1]:

- в умовах низьких температур і забрудненості рейок сила зчеплення коліс з рейками значно знижується, що призводить до подовження гальмівного шляху;
- самі колеса відчувають високі термічні навантаження (термічна потужність сягає 50 кВт на колесо), особливо на затяжних спусках;
- порушується комфорт пасажирів і жителів навколишнього середовища (особливо від вантажних потягів), на яких діє занадто високий рівень шуму (до 91 дБ(А) вже при швидкості 100 км/год. Використання коліс із шумопоглинаючими елементами або заміна колодкових гальм на дискові із металокерамічними накладками трохи знижують рівень шуму, але коштують вони у 10 разів дорожче за звичайні накладки.

Подальше вдосконалення колодкових і дискових фрикційних гальм не може суттєво покращити їх роботу при експлуатації рухомого складу на великих швидкостях понад 100 км/год через обмеження, що накладаються зчепленням коліс з рейками. Тому у швидкісних потягах комбінують різні типи гальм, які застосовують в залежності від величини швидкості: магнітно-рейкові вихорострумові фрикційні лінійні або магнітні вихорострумові обертові [2].

Прикладна проблема, на вирішення якої спрямовані дослідження. Головна проблема колодкових фрикційних гальм – це зростання температури нагріву гальмівного диску і колодок при збільшенні швидкості руху, що призводить до прискореного зносу їх контактуючих поверхонь, зменшення коефіцієнту зчеплення і внаслідок зниження ефективності гальм, які використовують сили тертя. На закупівлю гальмівних колодок тільки Одеська залізниця витрачає 9,5

млн. гривень на рік. І це потреби рухомого складу, який експлуатується зі швидкістю до 100 км/год. Якщо швидкість потягів збільшиться до 140 км/год. витрати на закупівлю колодок збільшаться на 40%, а при швидкості 160 км/год. перевищення витрат збільшиться у 2 рази. Це обумовлено тим, що технічний ресурс гальмівних колодок різко зменшується зі зростанням швидкості, на якій проводиться гальмування потягів, окрім додаткових проблем, виникаючих із температурним перегрівом елементів фрикційних гальм та зниженню їх ефективності при низькій температурі та забрудненні рейок.

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Магнітнорейкові гальма широко застосовуються на кар'єрному залізничному транспорті, особливо тягові агрегати. Локомотиви водять важкі потяги з ухилами залізничного полотна величиною до 60 тисячних (60 метрів підйому на кожні 1000 метрів шляху), що вимагає застосування потужних і надійних гальм. Півстоліття тому в США вже працювали потяги величезної маси (до 10000 т) і запаморочливої довжини (до 5 км). Тягали їх, аж десять тепловозів, потужністю 4000 к.с. кожен. А оскільки загальмувати таку рухливу масу на крутому ухилі вкрай непросто, то в 1961 році фірма Voith розробила трансмісію, де процес тривалого гальмування був покладений на гідродинамічний віхрострумовий пристрій – ретардер [3].

Ініціатором використання ретардерів на автобусах став Отто Кессборер, «батько» автобусів Setra (це було в 1968 році). Зараз же практично всі туристичні лайнери європейських марок оснащуються ретардером [4].

У сектор вантажного автомобілебудування ретардери прийшли в середині сімдесятих. Сьогодні у Європі виробництвом електродинамічних сповільнювачів для вантажних автомобілів займаються група компаній, таких як Valeo Telma (Франція), Frenelsa (Італія), Voith (Німеччина). Проведені тести вантажних автомобілів зі встановленим ретардером показали блискучі результати - витрати на ремонт гальм протягом терміну експлуатації були знижені на 66 %. Водії, які брали участь у тестуванні, особливо відзначили додаткові переваги: відмінну силу гальмування, підвищену безпеку і підвищений комфорт.

Не менш активно електромагнітні рейкові віхрострумові лінійні гальма застосовуються на звичайних міських трамваях, яким в умовах різноманітного транспортного потоку деколи необхідна швидка екстрена зупинка з метою уникнення ДТП, при тому, що поверхня рейок в місті часом виявляється сильно забрудненою. Варто відзначити, що на відміну від залізничного рухомого складу, на звичайних трамваях для застосування магнітних черевиків не потрібен пневматичний привід. Це пов'язано з тим, що башмаки електромагнітних рейкових гальм конструктивно висять на відносно невеликій висоті від самих рейок (8÷12 мм), тому їх опускання на рейку при гальмуванні відбувається лише за рахунок самоіндукції, а не примусово (рис. 1).

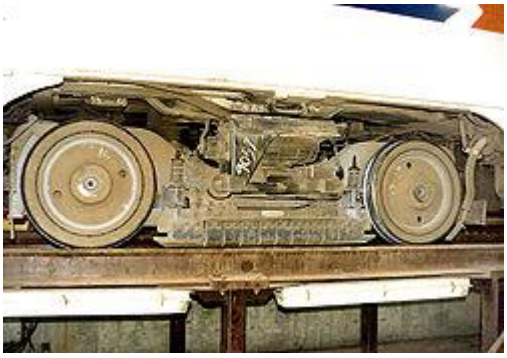


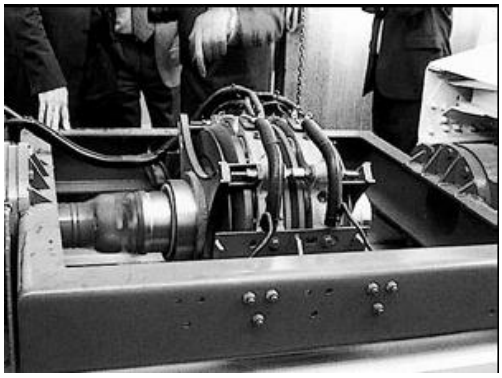
Рисунок 1 – Електромагнітні рейкові віхрострумові лінійні гальма філадельфійського трамваю PCC

Магнітнорейкові фрикційні гальма завдяки своїм високим гальмівним характеристикам набули поширення насамперед на високошвидкісному транспорті [5]. Варто відзначити, що на сучасних високошвидкісних поїздах Німеччини, наприклад на ICE 3, в зоні високих швидкостей працюють електромагнітні віхрострумові обертові гальма RWB, які більш ефективні, а електромагнітні рейкові віхрострумові фрикційні лінійні гальма LWB включаються на середніх швидкостях (рис. 2).

За часів СРСР магніторейкові гальма були вперше застосовані на швидкісних вагонах РТ200 («Російська трійка») і електропоїзді ЕР200.

Для роботи електромагнітних рейкових гальм потрібно електричне живлення (до 6 кВт на вагон), що значно обмежує його застосування на автономному рухомому складі (тепловози, дизель-поїзди), так як в цьому випадку доводиться збільшувати ємність акумуляторних батарей, що веде до збільшення ваги та вартості рухомого складу. Крім цього, для економії електроенергії магніторейкові гальма нерідко відключаються при швидкості нижче 20 км/год. У порівнянні з іншими типами гальм, гальмівний коефіцієнт електромагнітних рейкових віхрострумових фрикційних лінійних гальм практично не піддається регулюванню, через що при малих швидкостях гальмівний ефект занадто високий настільки, що може викликати серйозний дискомфорт у пасажирів. Тому в ряді країн почали застосовуватися магнітні гальма, виконані з використан-

ням постійних магнітів, які дозволяють не лише економити електроенергію, але і в деякій мірі регулювати гальмівний коефіцієнт.



а)



б)

Рисунок 2 – Електромагнітні віхрострумові гальма електропоїзда ICE 3: а) обертові гальма RWB під час технічного випробовування на випробувальному стенді; б) рейкові фрикційні лінійні гальма LWB на електропоїзді

В той же час магнітним гальмам просто немає рівних за гальмівними показниками на середніх і високих швидкостях. Їх гальмівний коефіцієнт при середніх швидкостях може досягати 140 %, а при використанні постійних магнітів до 172 %. При швидкостях вище 160 км/год. гальмівний коефіцієнт може перевищувати 200 %. Завдяки цьому, якщо у сукупності зі звичайними колодковими фрикційними гальмами використовувати ще і магнітні гальма, то гальмівний шлях скорочується на 30÷40%. Крім цього магніторейкові віхореструмові фрикційні лінійні гальма підвищують шорсткість поверхні катання рейок і навіть очищають їх поверхню від бруду, що поліпшує зчеплення коліс з рейками.

Головна мета наукових досліджень – збільшення технічного ресурсу елементів гальм колодкового фрикційного типу з підвищенням ефективності гальмування пасажирських потягів.

Основне завдання, яке ставлять перед собою автори - це зниження експлуатаційних витрат на технічне обслуговування рухомого складу українських залізниць, який експлуатується зі швидкістю до 160 км/год. Проблему планується вирішувати за допомогою:

розробки концепції підвищення технічного ресурсу гальм колодкового фрикційного типу за рахунок впровадження дворежимного гальмування із застосуванням двох різних типів гальм;

– створення нової конструкції магнітного вихорострумового обертового сповільнювача і експериментальна перевірка ефективності його використання як додаткового гальмового пристрою у сукупності із основними колодковими фрикційними гальмами для сповільнення руху залізничних колісних пар, що експлуатуються зі швидкістю до 160 км/год.

Об'єктом дослідження є процес гальмування колісної пари залізничного рухомого складу, що експлуатується на пасажирських потягах зі швидкостями до 160 км/год.

Предметом дослідження – є способи підвищення технічного ресурсу колодкових фрикційних гальм.

Виклад основного матеріалу. Сфера застосування магнітних гальм (магнетардерів, ретардерів, електромагнітних сповільнювачів) з кожним роком стає все ширше. І чималу роль в цьому процесі відіграє конкуренція між двома різними принципами поглинання енергії - гідравлікою чи електрикою. При виборі треба враховувати деякі особливості конструкції залізничних вагонів і побудови верхнього залізничного шляху, існуючі технічні обмеження при гальмуванні, що пов’язані з комфортом перевезення пасажирів. Для застосування на залізничному транспорту України автори у своєму виборі більше схиляються до магнітних вихорострумових обертових гальм, ніж магнітнорейкових фрикційних гальм, з наступних причин.

При частому використанні на відрізку невеликої довжини магнітнорейкових вихорострумових фрикційних гальм відбувається нагрівання залізничних рейок, що призводить до появи додаткових напружень в зварних рейкових батогах. Поява цих додаткових напруг потребує відповідної конструкції залізничного полотна з високою опірністю викиду (з побудовою важкого верхнього баластного полотна або на жорсткому фундаменті). При цьому існують температурні обмежені з нагріву залізничних рейок (80°С для полотна на жорсткому фундаменті). Крім цього, електричні комутаційні пристрої, які розташовані вздовж залізничного полотна повинні бути стійкими до вихрового струму.

Магнітні вихорострумові обертові гальма, у порівнянні мають переваги, які забезпечують можливість:

– експлуатації без обмежень на ділянках залізничного полотна будь-якої конструкції;

– встановлення на рухомому складі будь-якого типу;

– часткової заміни фрикційних гальм.

Авторами пропонується два варіанти розміщення магнітного вихорострумового обертового сповільнювача на рухомому складі, що експлуатує Укрзалізниця.

Перший варіант, на який автори отримали патент України на винахід [6], стосується пасажирських вагонів, які мають підвагонний генератор електроживлення великої потужності (32÷35 кВт) з карданно-редукторним приводом від середньої частини вісі колісної пари. Для них рекомендується встановлювати електромагнітний віхореструмовий обертовий сповільнювач по схемі на рис. 3.

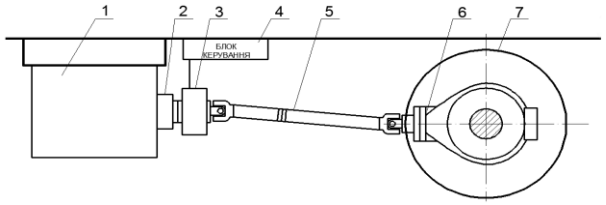


Рисунок 3 – Принципова схема місця розміщення електромагнітного вихорострумового обертового сповільнювача: 1 – підвагонний генератор, 2 – гумометалічна муфта, 3 – магнетардер, 4 – блок керування, 5 – карданний вал, 6 – редуктор, 7 – колісна пара

Другий варіант стосується інших пасажирських або вантажних вагонів, в яких рекомендується замість електромагнітного сповільнювача встановлювати посередині колісної вісі віхорострумовий обертовий сповільнювач з постійними магнітами. Для цього автори отримали другий патент України [7], що стосується конструкцій ретардеру з постійними магнітами, під новою назвою «магнетардер», який відрізняється за своїми експлуатаційними властивостями від аналогічних зразків магнітних віхорострумових обертових сповільнювачів закордонних виробників і вже отримали позитивне рішення. В другому варіанті колісна вісь використовується у якості обертового ротору, в якому під впливом змінного магнітного поля (статору) магнетардеру виникають вихрові струми Фуко. Поява струмів Фуко в матеріалі ротора призводить до виникнення Лапласових сил, що діють в напрямку, протилежному обертанню ротора. В результаті цього створюється гальмуючий момент, що таким чином уповільнює рух колісної пари (рис. 4).

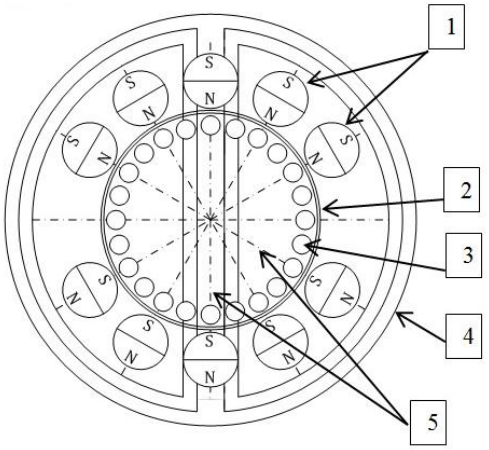


Рисунок 4 – Поперечний переріз магнетардеру при взаємодії магнітного поля з обертовим ротором: 1 – постійні магніти, 2 – обертовий ротор (колісна вісь), 3 – магнітопровід, 4 – статор (ярмо), 5 – петлі магнітного потоку

Висновки. Для підвищення ефективності використання колодкових фрикційних гальм пропонується зменшити їх технологічний час використання для уповільнення швидкості рухомого складу за рахунок дії магнітних віхореструмових обертових гальм, які будуть використовуватися сумісно. Пропонується застосовувати колодкові фрикційні гальма тільки на малих і середніх швидкостях, а при більших швидкостях використовувати магнітні віхорострумові обертові гальма, ефективність яких збільшується пропорційно збільшенню швидкості, що призведе до збільшення загального терміну експлуатації (технічного ресурсу) колодкових фрикційних гальм. Це сприятиме не тільки суттєвому зменшенню щорічних матеріальних витрат на технічне обслуговування рухомого складу, але й підвищенню безпеки руху залізничних потягів завдяки більшій ефективності і надійності роботи гальмівної системи в цілому.

Список використаних джерел:

1. Шушарин А. В. Физические основы технологических процессов на железнодорожном транспорте: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Шушарин А. В. – Челябинск: Челяб. ин-т путей сообщения, 2006. – 270 с.

2. Магниторельсовый тормоз [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1551054. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

3. Better braking made easy: Magnetarder [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://voith.com/en/products-services/power-

transmission/retarders-bus/voith-magnetarder-10466.html#. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

4. Магнитная стихия. Журнал «Автопарк», № 5, 2012 [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://www.autotruck-press.ru/archive/number110/article1043. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

5. Вращающийся вихретоковый тормоз. Журнал «Железные дороги мира», № 06, 2005 [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://www.zdmira.com/arhiv/2005/zdm-2005-no-06#TOC--4. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 20.11.2014.

6. Боряк К. Ф., Возний В. І., Мартиненко С. П. Електродинамічні гальма для рейкового транспорту // Патент UA № 93284. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.09.2014р. – Бюл. № 18.

7. Боряк К. Ф., Беліков В. Т., Возний В. І., Лисий О. В., Лєнков С. В., Мартиненко С. П. Магнетардер // Патент UA № 96881. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.02.2015р. – Бюл. № 4.

Надійшла до редакції 14.03.2015

Рецензент: д.т.н., с.н.с. Ваганов О. І., головний метролог, начальник центру стандартизації та метрології Одеської залізниці, м. Одеса.

К. Ф. Боряк, д.т.н., **В. И. Возный**

ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ВИХРЕТОКОВИХ ТОРМОЗОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УКРАИНЫ

Предлагается два варианта применения магнитного вихретокового вращающегося замедлителя в качестве дополнительного тормозного устройства для замедления движения железнодорожных колесных пар, эксплуатируемых на поездах со скоростью до 160 км/ч. Эксплуатация магнитного замедлителя в совокупности с основными колодочными фрикционными тормозами на обычных железнодорожных вагонах приведет к увеличению технического ресурса тормозных колодок.

Ключевые слова: *магниторельсовые вихретоковые фрикционные линейные тормоза, магниторельсовые вихретоковые вращающиеся тормоза, вихретоковый замедлитель, магнетардер, ретардер, технический ресурс тормозных колодок.*

K. F. Boryak, PhD, **V. I. Vozniy**

APPLICATIONS OF MAGNETIC EDDY CURRENT BRAKES THE RAILWAYS OF UKRAINE

There are two options for the application of a magnetic rotating eddy current retarder as an additional braking device for slowing the movement of railway wheelsets operated trains at speeds up to 160 km/h. Operation of the magnetic retarder in conjunction with the main shoe friction brakes on conventional rail cars will increase the service life of brake pads.

Keywords: *magnetic eddy current rail friction linear brakes, magnetic rail brakes rotating eddy current, eddy current retarder, magnetic retarder, retarder, technical resources brake pads.*

УДК 629.4

К. Ф. Боряк, д.т.н., **Н. О. Перетяка**

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ РЕДУКТОРІВ РЕДУКТОРНО-КАРДАННОГО ПРИВОДУ ПІДВАГОНИХ ГЕНЕРАТОРІВ СТРУМУ

У статті проведено аналіз методу температурного контролю при випробуваннях відремонтованих редукторів від середньої вісі колісної пари пасажирського вагону типу МСВ, які використовуються у редукторно-карданному приводі підвагоних генераторів струму.

Ключові слова: *редуктор, температурний контроль, випробування, випробувальний стенд.*

Характеристики редукторів повинні відповідати найрізноманітнішим вимогам, а надійність повинна робити можливою їх тривалу експлуатацію з мінімальними витратами на технічне обслуговування та ремонт. Вихід з ладу редуктора може вкрай негативно позначитися на роботі виробу. Уникнути цього допоможе проведення своєчасного технічного обслуговування, яке знизить втрати часу на ремонт обладнання, підвищить його надійність і дозволить досягти значної економії коштів у експлуатації [1].

Для цього редуктори при періодичному технічному обслуговуванні проходять випробування на спеціальних стендах. Редуктори випробовують на стендах із замкнутим контуром, гальмівних стендах і стендах періодичної дії. Метою випробувань редукторів є перевірка їх працездатності, довговічності та якості виготовлення [2].

Велике розмаїття стендів зумовлює можливість вибору оптимальних конструкцій для необхідних умов випробувань. Багато факторів, що впливають на контактну міцність, заїдання і знос передач, однакові. Це обумовлює і схожість методів випробувань і стендів.

Методи випробувань відрізняються режимами випробувань і критеріями оцінки втрати працездатності контактуючих поверхонь, а стенди – оснащенням їх різними вимірювальними пристроями та приладами.

Тривалість у часі випробування одного редуктора на спеціальному стенді залежить від типу редуктора та його призначення у трансмісії. Процес може тривати від 3 годин для залізничного транспорту (для редуктора від середньої частини вісі колісної пари) до 30000 годин в авіації (для редуктора головного приводу гвинта гвинтокрила). Зважаючи на відповідну потужність приводу на випробувальному стенді редукторів і тривалість у часі самих випробувань, витрати на електроенергію стають досить суттєвими у кризовий період зростання цін на енергоносії. Тому вдосконалення методу випробування редукторів на існуючому спеціальному стенді, які допоможуть значно скоротити енерговитрати при процесі випробування, та підвищити якість діагностування технічного стану редукторів під час випробування, є дуже актуальним для транспортних підприємств України.

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Проведені авторами дослідження і публікації показали, що діагностика відремонтованих редукторів розділяється на три основних напрями: теоретичні розробки виявлення несправностей та їх реєстрації, методи та засоби технічної діагностики та оцінка технічного стану для призначення виду ремонту, та висновку щодо можливості подальшої експлуатації редуктора.

Відповідно до інструкції ЦЛ-0078 [3] обкатні випробування редукторів повинні проводитись на спеціальних стендах, що дозволяє проводити обкатку редукторів у діапазоні швидкостей від 0 об/хв до 900 об/хв порожнистого вала під навантаженням від 26 кВт до 40 кВт із плавним регулювання швидкостей та навантаження.

Установлені два види випробувань редукторів:

а) обкатні випробування редукторів після ремонту із заміною пари шестерень, підшипників порожнистого вала, порожнистого вала або корпусу редуктора, при другому об’ємі ремонту;

б) обкатні випробування редукторів після першого виду ремонту.

Перед випробування картер редуктора повинен буті заповнений мастилом до максимального рівня.

Режим обкатки редукторів після другого об’єму ремонту із заміною конструктивних деталей і вузлів та режим обкатки редукторів після першого виду ремонту без заміни конструктивних деталей та вузлів наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Режим обкатки редукторів після ремонту

Напрям обертання порожнистого вала або колісної пари	Швидкість обертання порожнистого вала,об/хв	Навантаження на вихідний вал, кВт		Час обкатування редуктора після ремонту з заміною відповідальних елементів, хв	Час обкатування редуктора після ремонту без заміни конструктивних елементів, хв
		Редуктор типу EUK-160-1M	Редуктори типів ВБА 32/2, ЖДР-0002		
Правий	0-900	без навантаження		30	20
Лівий	0-900	без навантаження		30	20
Правий	0-900	35	40	60	40
Лівий	0-900	35	40	60	40
				Всього 3 год.	Всього 2 год.

Обкатка редукторів в обох режимах випробувань повинна проводитися з плавною зміною швидкості обертання порожнистого вала або колісної пари і навантаження в кожному напрямку руху.

При виявленні дефекту, що потребує розбирання редуктора, обкатку після усунення дефекту повторюють у повному обсязі згідно з табл. 1.

Після закінчення обкатки редуктора його промивають дизельним паливом або гасом, продувають стисненим повітрям і знову заливають в корпус редуктора свіже мастило (крім редукторів, що ремонтувалися з розпресуванням осі колісної пари). На кожний випробуваний редуктор складають протокол випробувань. Копія протоколу додається до паспорту редуктора.

Для вимірювання температури підшипникових вузлів редуктора від середньої частини осі колісної пари застосовують термоелектричний перетворювач або аналогічний за призначенням, який має межі вимірювань від 0°С до 400 С, монтажну довжину від 10 мм до 20 мм, матеріал захисної апаратури – сталь марки ОХ13, звичайного виконання. Первинний прилад – датчик термоелектричний перетворювач – застосовують із вторинним фіксуючим приладом.

У якості вторинного приладу використовують мілівольтметр пірометричний типу М64 або аналогічний за призначенням, що має межі вимірювань від 0 °С до 400 °С, опір зовнішньої лінії не більше 5 Ом, звичайного виконання.

Температуру нагріву підшипників визначають шляхом прикладання датчика приладу до місця установки підшипників у корпусі редуктора та до корпусу фланцевої втулки веденого вала редуктора за показанням мілівольтметра з витримкою датчика до заспокоєння стрілки.

Допускається для фіксації параметрів обкатки застосовувати записуючі пристрої та процесори.

Постановка завдання. Вдосконалення методу температурного контролю для технічного діагностування несправностей редукторів при стендових випробуваннях, який дозволить скоротити час на прийняття рішення стосовно якості технічного стану редуктора, підвищити продуктивність технологічного обладнання та суттєво (в 3 рази) знизити енерговитрати на сам процес випробування.

Виклад основного матеріалу. Вагонні депо є основними лінійними підприємствами вагонного господарства. Вони призначені для деповського та поточного ремонтів вантажних і пасажирських вагонів, ремонту та комплектування вузлів і деталей, обслуговування вагонів в експлуатації. На основних ділянках і відділеннях виконуються виробничі операції з ремонту вагонів та їх частин. До таких ділянок відносяться вагоноремонтний, возовий, ділянка з ремонту колісних пар і роликових букс, ремонтно-комплектувальних, з ремонту електроустаткування пасажирських вагонів, з ремонту холодильних установок і кондиціонерів [4].

Повне розбирання редуктора зі зняттям його деталей з середньої частини осі виробляють при необхідності ремонту колісної пари зі зміною елементів або при виявленні в деталях несправностей, що вимагають їх заміни. Для визначення несправностей в деталях редуктора перед розбиранням колісну пару ставлять на стенд, з редуктора зливають масло і промивають дизельним паливом або гасом з додаванням 5-7 % масла. Далі деталі редуктор оглядають і перевіряють основні параметри. Результати перевірок заносять в журнал і визначають обсяг розбірних робіт. Після проведення ремонтних робіт редуктори, що відповідають вимогам, заповнюють маслом і обкатують на стенді [5].

З точки зору методики та умов проведення випробувань в практиці вагонобудування розрізняють такі випробування: стендові (стаціонарні) – при розрахункових або форсованих умовах; лінійні – в русі при розрахункових або спеціальних режимах навантаження; експлуатаційні - при реальних умовах і режимах навантаження. Стендові випробування дозволяють ретельно вивчити і перевірити роботу вагона, вузла, елемента при певному режимі навантаження, який можна створити на даній випробувальній установці. При стендових випробуваннях застосовують вимірювальну апаратуру і контролюють роботу досліджуваного об'єкта протягом усього періоду випробувань. Стендові випробування можна проводити в цілодобовому форсованому режимі, що прискорює процес виявлення недоліків конструкції або досягненні необхідного граничного стану [6].

Важливими критеріями високої якості деталей машин, механізмів, приладів є фізичні, геометричні та функціональні показники, а також технологічні ознаки якості, наприклад, відсутність неприпустимих дефектів; відповідність геометричних розмірів і чистоти обробки поверхні необхідним нормативам і т.п.

Широке застосування неруйнівних методів контролю, які не потребують вирізки зразків або руйнування готових виробів, дозволяє уникнути великих втрат часу і матеріальних витрат, забезпечити часткову або повну автоматизацію операцій контролю при одночасному значному підвищенні якості й надійності виробів.

Залежно від принципу роботи усі неруйнівні методи контролю діляться на акустичні; капілярні; магнітні; оптичні; радіаційні; радіохвильові; теплові; контроль течієшуканням; електричні; електромагнітні або струмовихрові.

Теплові методи засновані на реєстрації змін теплових або температурних полів об'єкта контролю (ОК). Розрізняють пасивний (на об'єкти не впливають зовнішнім джерелом тепла) і активний (об'єкт нагрівають або охолоджують) методи. Вимірюваним інформативним параметром є температура або тепловий потік.

При пасивному методі вимірюють температурне поле працюючого об'єкта. Дефект визначається появою місць підвищеної (зниженої) температури. Вимірювання температури або теплових потоків виконують контактним або безконтактним способом. Найбільш ефективний засіб безконтактного спостереження – скануючий тепловізор [7].

Основним інформаційним параметром при температурному неруйнівному контролі є різниця температур між дефектною і бездефектною областю об'єкта контролю. Процес перенесення тепла в середовищі за рахунок теплопровідності і конфекції характеризується диференціальним рівнянням 1:

$$a^2\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)- -\left(W_x\frac{\partial T}{\partial x}+ Wy\frac{\partial T}{\partial y}+Wz\frac{\partial T}{\partial z}\right)- - \frac{\partial T}{\partial \tau}+\frac{q}{c\rho}=0\,, \qquad (1)$$

де a – коефіцієнт супротиву теплопередачі, м^2·К/Вт;

$$a=\frac{\lambda}{c\,\rho} \qquad (2)$$

c – теплоємність речовини, Дж/кг К;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м К);

ρ – щільність речовини, кг/м^3;

T – час;

x, y, z – координати температурного поля;

Wx, Wy, Wz – складові швидкості руху компонентів системи за координатами x, y, z.

В результаті рішення рівняння з використанням граничних умов і умов безперервності потоку і збереження маси можна визначити розподіл температур на ОК в залежності від його форми, розмірів, наявності дефекту [8].

До засобів контролю температури відносяться термометри, термоіндикатори пірометри і тепловізори.

В даний час для температурного контролю розроблена автоматична система температурного неруйнівного контролю, функціональна схема якої представлена на рисунку 1.

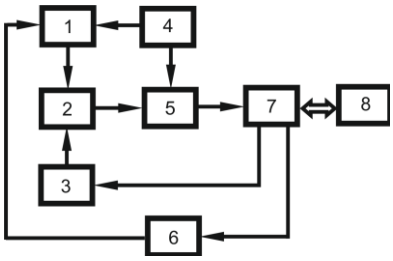


Рисунок 1 – Функціональна схема автоматичної системи температурного неруйнівного контролю: 1 – джерело температурного збудження; 2 – об'єкт контролю; 3 – дефектовідмітчік; 4 – скануючий пристрій; 5 – оптична система і приймач випромінювання; 6 – пристрій вибору оптимального часу реєстрації температури; 7 – електронний блок; 8 – ЕОМ

Рисунок 1 – Узагальнена функціональна схема автоматичної системи активного температурного неруйнівного контролю

При обробці результатів тепловізійних вимірювань [9] загальним критерієм порівняння різних процедур температурного контролю (ТК) є ставлення сигнал/шум (граничні параметри дефектів, що виявляються), яке визначають як

$$S=\frac{\overline{T_d}-\overline{T_{nd}}}{\delta_{nd}}\,, \qquad (3)$$

де T_d – середня температура в дефектної зоні;

T_{nd} – середня температура в бездефектній зоні;

δ_{nd} – стандартне відхилення в бездефектній області (дисперсія шуму), яке визначається як

$$\delta_{nd}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{(T_{nd\,i}-\bar{T}_{nd})^2}{n-1}}\,. \qquad (4)$$

Внутрішній дефект може бути надійно виявлений оператором або автоматичним пристроєм, якщо в момент спостереження зумовлений ним сигнал перевищує рівень шумів $s>1$.

Дисперсія шуму змінюється в часі, тому максимальне значення s наступає в певний момент часу, в загальному випадку не збігається з максимумом охолодження $\Delta T(\tau)$, або $C=\Delta(T\tau)/Tnd(\tau)$.

В вагонному депо «Одеса-Головна» використовують стенд для випробування редукторів від середньої частини вісі колісної пари. Загальний вигляд стенду вказаний на рисунку 2.

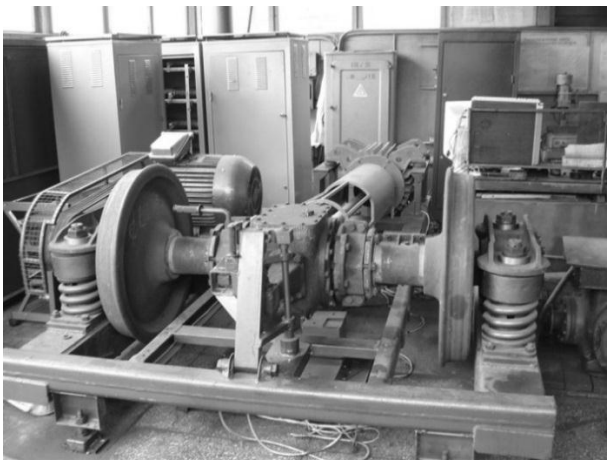


Рисунок 2 – Стенд для випробування редукторів від середньої частини вісі колісної пари після деповського ремонту у вагонному депо «Одеса-Головна»

Стенд включає в себе наступні основні структурні елементи: станину з приводом і елементами кріплення генератора; силову шафу для керування електроприводом; шафу навантаження генератора; шафу для управління системою датчиків виміру: температури, частоти обертання, струму, напруги, вібрації, шуму і т.д.; стендову апаратуру вимірювання, контролю та управління на базі персонального комп'ютера.

Проведений аналіз отриманих протоколів випробувань на вказаному стенді при випробуваннях редукторів від середньої частини вісі колісних пар після деповського ремонту дозволив сформувати напрямок по вдосконаленню методу температурного контролю за нагріванням підшипникових вузлів з позиції енергозбереження.

Було виявлено таку закономірність для всіх редукторів, які пройшли випробування на стенді, що незалежно від технічного стану підшипників – до моменту часу (23,5 хвилини) у залежності від технічного стану підшипників темп (градієнт) зростання температури у редукторів значно відрізняється друг від друга, а після цього моменту (23,5 хвилини) наступає стабілізація процесу зростання температури, а саме величини температурного градієнту.

Це можна використати для вдосконалення методу температурного контролю для технічного діагностування несправностей редукторів при стендових випробуваннях в напрямку енергозбереження.

Для перевірки наукової гіпотези потрібно провести нові наукові експерименти, в ході яких можна бути встановити функціональну залежність величини температурного градієнта від параметрів технічного стану підшипників редуктора. А потім приступити до вдосконалення самого методу випробування редукторів на вказаному стенді.

Висновки. Зважаючи на вищесказане можна зробити висновок, що величина температурного градієнту при проведенні випробувань редукторів на спеціальному стенді може стати об’єктивним вагомим критерієм для дефектації підшипників редукторів після деповського ремонту і у скороченні часу на проведення самого випробування. Прискорення часу проведення теплових випробувань дає можливість надати позитивний результат у напрямку енергозбереження.

Список використаних джерел

1. Промышленные редукторы [Текст] : руководство по обслуживанию и ремонту / Henkel AG & Co. KgaA. – 2010. Loctite. At work №4.

2. Машины и стенды для испытания деталей / В. Л. Гадолин, Н. А. Дроздов, В. Н. Иванов [и др.] ; под ред. Д. Н. Решетова. – М.: Машиностроение. 1979. – 343 с.

3. Інструкція з ремонту редукторно-карданних приводів пасажирських вагонів. ЦЛ-0078 [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 31.03.09. № 219-С / Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укрзалізниця. Головне пасажирське управління. – К., 2010. – 191 с.

4. Лукин В. В. Вагоны. Общий курс [Текст] : учебник для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Лукин, П. С. .Анисимов, Ю. П. Федосеев ; под. ред. В. В. Лукина. – М: Маршрут, 2004. – 424 с.

5. Быков Б. В. Технология ремонта вагонов [Текст]: Учебник для средних специальных учебных заведений ж.-д. трансп. / Б. В. Быков, В. Е. Пигарев. – М.: Желдориздат, 2001. – 559 с.

6. Кузьмич Л. Д. Вагоны. Проектирование, устройство и методы испытаний [Текст] : / Л. Д. Кузьмич, А. В. Кузнецов [и др] ; под ред. Л. Д. Кузьмича. – М.: Машиностроение, 1976. – 376 с.

7. Каневский И. Н. Неразрушающие методы контроля [Текст] : учеб. пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

8. Криворудченко В. Ф. Современные матоды технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта [Текст] : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / В. Ф. Криворудченко Р. А. Ахмеджанов ; под ред. В. Ф. Криворудченко. – М.: Маршрут, 2005. – 436 с.

9. Нестерук Д. А. Тепловой контроль и диагностика [Текст] : учебное пособие для подгото-

вки специалистов I, II, III уровня / Д. А. Нестерук, В. П. Вавилов. – Томск: Томский политехнический університет, 2007. – 104 с.

Надійшла до редакції 20.05.2015

Рецензент: к.т.н. Мордінський В. П., Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

К. Ф. Боряк, д.т.н., **Н. А. Перетяка**

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ РЕДУКТОРОВ РЕДУКТОРНО-КАРДАННОГО ПРИВОДА ПОДВАГОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ТОКА

В статье проведен анализ метода температурного контроля при испытаниях отремонтированных редукторов от средней оси колесной пары пассажирского вагона типа МСВ, которые используются в редукторно-карданном приводе подвагонных генераторов тока.

Ключевые слова: *редуктор, тепловой контроль, испытания, испытательный стенд.*

K. F. Boriak, DSc, **N A. Peretyaka**

TEMPERATURE CONTROL AT TEST GEAR REDUCERS, ROLLERS PIDVAHONYH ON THE CURRENT GENERATORS

The article analyzes the method of temperature control during testing of repaired gears of the average wheelset axle passenger wagon type MCV used in the gear-drive rollers pidvahonyh current generators.

Keywords: *gear, thermal control, test, test bench.*

УДК 621.315

О. С. Корчевський, **Л. В. Коломієць,** д.т.н., **О. І. Ваганов,** д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА

У статті проводиться аналіз методів виготовлення заготовок для виробництва оптичного волокна (ОВ) та виробництва ОВ, особливостей оптичних кабелів, а також стандартів, в яких наведені метрологічні показники, що характеризують якість виготовлення ОВ. За результатами аналізу обрані основні параметри, які слід визначати в процесі виготовлення ОВ.

Ключові слова: *оптичне волокно, оптичний кабель, заготовка для виробництва оптичного волокна, випробування оптичного волокна, метрологічні показники.*

Вступ

Оптичні волокна (ОВ) використовуються в мережах передачі даних замість металевих проводів, оскільки сигнали проходять по них з меншими втратами та на них практично не впливають зовнішні електромагнітні випромінювання; вони також мають меншу вагу і вартість в еквівалентному інформаційному застосуванні [1]. Оптичні волокна можуть використовуватись для локального освітлення; зібрані в пучки і упаковані у вигляді багатоволоконних світловодів можуть використовуватись для передачі зображення, дозволяючи розглядати, фотографувати або передавати оптичне зображення з важкодоступних об'єктів.

Аналіз проблеми

Процеси виробництва заготовок для виготовлення ОВ та виготовлення самого ОВ є достатньо складні й потребують постійного контролю за показниками якості та точності. В Україні існують стандарти, в яких наведено сукупність метрологічних показників, що визначаються при виготовленні ОВ. Серед них, оптичні та передавальні параметри, конструктивні параметри, механічні параметри, електричні й кліматичні параметри та ін.

Слід зазначити, що в Україні на нормативному рівні не затверджена процедура метрологічного забезпечення процесу виробництва ОК, у зв'язку з чим виробник сам вибирає параметри, які він хоче контролювати.

Мета статті: провести аналіз процесу виробництва заготовок для виготовлення ОВ і виготовлення ОВ, метрологічних показників, норма-

тивної документації для виявлення основних параметрів, які необхідно контролювати в процесі виготовлення якісного ОВ.

Типи ОВ

В основному використовуються два типи ОВ: багатомодові і одномодові [2]. Всі сучасні ОВ застосовуються для побудови мереж передачі даних і мають однаковий зовнішній діаметр 125 мкм. Для механічного захисту волокна покривають оболонкою (первинне буферне покриття) товщиною 250 мкм. Для спрощення роботи з багатоволоконними кабелями, де буферне покриття волокон знаходяться в одному кабелі, їх фарбують в різні кольори. Для кабелів, в яких використовується велика кількість волокон, ОВ склеюються в плоскі шлейфи, найчастіше по 8 волокон. Далі ці шлейфи укладають паралельно в «стопки» і поміщають в спеціальні порожнини всередині оболонки кабелю. Таким чином досягається максимально щільне пакування волокон в кабель з обмеженим зовнішнім діаметром.

ОВ, які використовуються для кабелів, що прокладають усередині приміщень і застосовуються для виготовлення з'єднувальних шнурів, зазвичай покривають ще однією оболонкою (вторинне буферне покриття) товщиною 900 мкм. У багатоволоконних кабелях цю оболонку також роблять різних кольорів.

Багатомодове волокно – волокно з великим діаметром серцевини, по якій проходить світло. Великий діаметр серцевини збільшує дисперсію, оскільки промені під різними кутами мають різні довжини траєкторій і тому витрачають різний час на проходження всієї довжини волокна [2, 3].

Структура стандартного багатомодового ОВ G 50/125 (G 62,5/125) мкм відповідно до ДСТУ МЕК "IEC60793-2" має наступні показники:

– діаметр світлопровідного ядра (серцевини) 50 (62,5) ± 3 мкм;

– допуск на некруглість 3 мкм;

– зовнішній діаметр ОВ 125 ± 2 мкм;

– допуск на некруглість 2,5 мкм;

– допуск на ексцентриситет між серцевиною і зовнішнім діаметром ОВ 3 мкм;

– зовнішній діаметр первинної захисної оболонки 250 ± 10 мкм;

– зовнішній діаметр вторинної захисної оболонки 900 ± 10 мкм.

Одномодове волокно – волокно, основний діаметр серцевини якого приблизно в 7 - 10 разів більше довжини хвилі світла, яке проходить по ньому [2, 3].

Структура стандартного одномодового ОВ E 9,5/125 мкм у відповідності зі ДСТУ МЕК "IEC 60793-2" має наступні показники:

– діаметр світлопровідного ядра (серцевини) 9,5 ± 1 мкм;

– зовнішній діаметр ОВ 125 ± 3 мкм;

– допуск на некруглість 2,5 мкм;

– допуск на ексцентриситет між серцевиною і зовнішнім діаметром волокна 1 мкм;

– зовнішній діаметр первинної захисної оболонки 250 ± 10 мкм;

– зовнішній діаметр вторинної захисної оболонки 900 ± 10 мкм

Особливості кварцових ОВ

Кварц показує досить хорошу оптичну передачу по широкому діапазону довжин хвилі [4].

Кварц може бути використаний у волокнах при високих температурах і має досить широкий діапазон склоперетворення. Ще одна перевага кварцу полягає в тому, що з'єднання сплаву і розщеплення волокон кварцу є відносно ефективними. Волокно кварцу також має високий механічний опір на розрив при розтягу і навіть проти вигину, але за умови, що волокно не надто товсте і його поверхні добре підготовлені в процесі обробки. Навіть присутня стійкість проти простого розколу (ломки) кінців волокна з плоскими поверхнями. Кварц також не є гігроскопічним (не поглинає воду).

Скло кварцу може змішуватися з різними матеріалами. Мета добавок полягає в тому, щоб коефіцієнт заломлення підняти (наприклад, з діоксидом германію GeO_2 або окисом алюмінію Al_2O_3) або понизити (наприклад зі фтором F або триокисом бора B_2O_3). Розбавлення також можливе з лазерно-активними іонами, щоб отримати активні волокна, які використовуються, наприклад, в підсилювачах волокна. І ядро волокна і оболонка аналогічно змішуються, так, щоб всі композиції мали ефективно той же самий склад.

Для активних волокон чистий кварц, як правило, не дуже підходяще скло для основи, так як він має низьку розчинність для рідкоземельних іонів. Це може привести до придушення ефектів через об'єднання в кластери іонів допанта. Алюмосилікати набагато більш ефективні в цьому відношенні.

Волокно кварцу також показує високий рівень оптичної стійкості, що гарантує низьку тенденцію для створення лазером ушкоджень. Це важливо для волоконних підсилювачів, коли вони використовується для збільшення короткої пульсації.

Через ці властивості волокна кварцу, кварц кращий для вибору в багатьох виробництвах ОВ, типу комунікацій (за винятком дуже коротких відстаней з пластмасовим ОВ), волокна для лазерів, підсилювачів і волоконнооптичних датчиків.

Надчисте кварцове скло зазвичай виготовляється шляхом осадження SiO_2 з парової фази за

допомогою окислення тетрахлорида кремнію $SiCl_4$ з виділенням газоподібного хлору. Такий спосіб обраний тому, що $SiCl_4$ може бути отриманий в дуже чистому вигляді шляхом дистиляції $SiCl_4+O_2 \rightarrow SiO_2+2Cl_2$. Показник заломлення може бути «відрегульований» шляхом відповідного легування, додаванням певної кількості оксидів під час осадження з газової фази.

Технологія виготовлення заготовок

ОВ виготовляється в ході декількох технологічних операцій [4, 5]. Спочатку виготовляють заготовки для виробництва ОВ - скляні стрижні, що складаються зі скла серцевини і скла оболонки. Далі з цих заготовок, при сильному нагріванні одного кінця, проводиться витяжка в волоконний світловод, при цьому одночасно наноситься первинне буферне покриття, що є його захисною оболонкою.

Одним з **перших методів** виготовлення волоконних світловодів був метод «стрижень в трубці», при якому стрижень з високочистого кварцового скла в якості серцевини вставляється в трубку із кварцового скла з меншим показником заломлення, що служить оболонкою. Недолік методу - найдрібніші пошкодження і домішки на їх граничній поверхні після витяжки світловода призводять до великих величин загасання (до 500 - 1000 дБ/км). Крім того, цим методом можливо виготовити тільки багатомодові світловоди із ступінчастим профілем показника заломлення.

Другий метод – це метод «подвійного тигля» або «сполученого розплаву». При цьому світловод витягується з розплаву, де компоненти серцевини і оболонки плавляться в двох різних тиглях. За рахунок дифузії або іонного обміну між склом серцевини і склом оболонки можливо виготовляти волоконні світловоди з градієнтним профілем показника заломлення. При цьому методі вдається отримати волокна із загасанням від 5 до 20 дБ/км при довжині хвилі 850 нм.

Третій метод – метод «поділу фаз», при якому стрижень з натрійборселікатного скла витримується тривалий час при температурі 600 °С. За цей час перехідні метали, такі як Fe і Cu, збираються в натрійборатсклофазі і далі вилуговуються за допомогою кислоти. Отримана пориста заготовка просочується розчином нітрату цезію та промивається. З такої заготовки отримують волоконні світловоди зі ступінчастим і градієнтним профілем, з загасанням від 10 до 50 дБ/км при довжині хвилі 850 нм.

Суттєвий прорив у виробництві ОВ був досягнутий при виробництві заготовок **методом парофазного осадження** – методі, при якому осадження скла відбувається на зовнішній поверхні обертового стрижня, на торцевій поверхні стрижня з кварцового скла (метод VAD, пара осьового осадження) або на внутрішній поверхні обертової опорної трубки з кварцового скла (метод IVD, всередині осадження з парової фази). При цих методах осадження скла відбувається за рахунок реакції розкладання сильно летючих високочистих сполук у киснево-водневому або плазмовому полум'ї.

Гази, типу чотири хлористого кремнію $SiCl_4$ і чотири хлористого германію $GeCl_4$ вводяться разом з киснем з одного боку до заготовки (рис. 1). При цьому заготовка нагрівається за допомогою зовнішнього пальника, з температурою нагріву до 1600°С. В результаті реакції виходять частки кварцу і діоксиду германію. Слід зауважити, що умови реакції вибрані так, щоб забезпечити реакцію в газовій фазі по всьому об'єму реактора (труби), на відміну від більш ранніх методів, де реакція відбувалася тільки на частині поверхні заготовки.

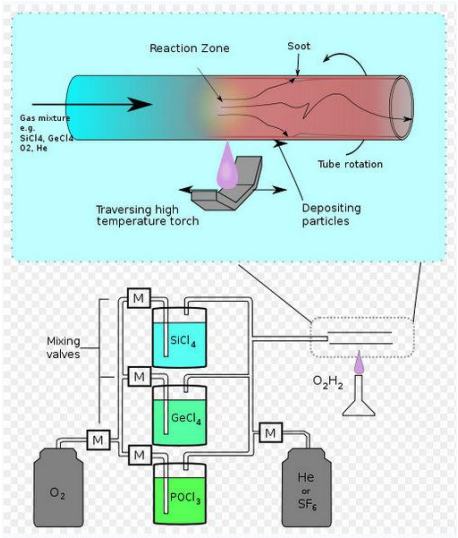


Рисунок 1 – Ілюстрація процесу виготовлення заготовок для виробництва оптичного волокна з газової фази [5]

Технологія витяжки ОВ із заготовок

Для витягування волокна заготівка закріплюється вертикально в патроні витяжної установки. Положення патрона у вертикальному напрямку регулюється з використанням механізму, що подає. Нижній кінець заготовки нагрівають до температури 2000 °С за допомогою нагрівального елементу, так що можна витягати волокно вниз. Для того щоб діаметр волоконного світловода залишався постійним і необхідної величини потрібно забезпечити можливість точного регулювання швидкості витяжки (зазвичай 300 м/хв) і механізму, що подає за допомогою системи автоматичного управління.

Під час витягування геометричні співвідношення скла серцевини і оболонки залишаються

незмінними, хоча зменшення діаметру заготовки по відношенню до діаметру волоконного світловода можливо в співвідношенні до 300:1.

Таким чином, при витяжці профіль показника заломлення залишається незмінним. Безпосередньо за вимірювальним приладом для контролю діаметру, навколо волокна наноситься первинне захисне покриття. Таке полімерне покриття, зазвичай має двошарову структуру і призначене для збільшення міцності волоконного світловода, для захисту його від зовнішніх впливів, механічних мікровигинів та спрощення операцій по подальшій роботі з волоконним світловодом. Це полімерне покриття полімеризується під впливом тепла або ультрафіолетового випромінювання.

Після зміцнення покриття світовід проходить по системі роликів, в якій він піддається впливу зусилля розтягу, яке може регулюватися з великою точністю. Світловід повинен витримувати це навантаження до того, як він буде намотаний на циліндричний барабан.

Метрологічне забезпечення виробництва ОК.

Як показує аналіз діючої в Україні нормативної бази, метрологічне забезпечення виробництва ОК включає в себе визначення параметрів: механічних, оптичних, передавальних, конструктивних, електричних, кліматичних та спеціальних (пожежної безпеки, цілісності кабелю та надійності).

В даній статті зосередимося на параметрах, які найбільш вагомі для процесу виготовлення заготовок ОВ та виготовлення самого ОВ, а саме механічних, оптичних та передавальних.

До механічних показників слід віднести:

- стійкість до навантажень розтягу - ці випробування проводять згідно вимог ДСТУ IEC 60794-1-2 (метод E1).

Установка повинна забезпечувати створення зусилля розтягу не менше 30 кН з допустимим відхиленням не більше ніж ± 3 %.

Максимальна похибка вимірювання довжини ОК не повинна перевищувати 0,01%. Діаметри шийок рухомого і нерухомого затискних барабанів повинні бути не менше 20 номінальних діаметрів кабелю.

Відстань між центрами щік затискних барабанів повинна бути не менше 50 м, зміряна з похибкою не більше ніж ± 0,1 м.

Швидкість зростання зусилля розтягу повинна бути не більше 1000 Н/с.

Установка застосовується спільно з оптичним рефлектометром, що забезпечує вимірювання оптичної цілісності та приріст загасання оптичного сигналу, а також з вимірювачем приросту видовження ОВ (при необхідності);

- стійкість до навантажень роздавлення - ці випробування проводять відповідно до МЕК 60794-1-2, метод Е3 або ГОСТ 12182.6).

Довжина зразка повинна бути достатньою для досягнення необхідної точності вимірювання. Розміщення зразка ОК повинне забезпечувати його роздавлювання між плоскою сталевою основою і рухомою сталевою пластиною, до якої прикладається зусилля роздавлювання. Край рухомої пластини повинен бути округленим з радіусом 5 мм. Плоска поверхня повинна забезпечувати контакт із зразком ОК на ділянці в 100 мм. Необхідне зусилля підтримується протягом 10 хв.

Зусилля повинне прикладатися в трьох різних місцях зразка на відстані не менше 500 мм від місця попереднього роздавлювання.

До, в процесі і після випробувань кабелю на стійкість до роздавлювання в ОВ вимірюється загасання. Після випробування захисний шланг оглядається на наявність дефектів.

Приріст загасання не повинен перевищувати 0,1 дБ для одномодового ОВ і 0,2 дБ для багатомодового ОВ під час дії навантаження.

Зразок вважається придатним після випробувань, якщо в ньому немає ушкоджень захисного шланга та обривів ОВ, а також прирощення загасання оптичного сигналу після зняття навантаження (не повинно перевищувати 0,01 дБ для одномодового ОВ, і 0,05 дБ для багатомодового ОВ);

- гнучкість (стійкість до вигинів, намотування, осьового крученню) – ці випробування проводять згідно ДСТУ ISO 60794-1-2 (метод E11A), ГОСТ12182.4.

Установка повинна застосовуватися спільно з оптичним рефлектометром, що забезпечує вимірювання оптичної цілісності і приріст загасання оптичного сигналу в кабелі. Установка повинна забезпечувати випробування кабелів із зовнішнім діаметром від 2,5 до 25 мм.

Випробування на стійкість до циклічних згинань проводять згідно вимогам ДСТУ ISO 60794-1-2 (метод E6), ГОСТ 12182.8

Установка повинна застосовуватися спільно з оптичним рефлектометром, що забезпечує вимірювання оптичної цілісності і приріст загасання оптичного сигналу, а також забезпечувати зусилля натягування кабелів від 20 до 250 Н та кут згинання зразка в одну й іншу сторону від вертикалі (90±5)°. Частота згинань зразка повинна бути приблизно один цикл за 2 с.

Випробування на стійкість до осьових закручувань проводять згідно з ДСТУ IEC 60794-1-2 (метод E7) та ГОСТ 12182.7.

Установка повинна застосовуватися спільно з оптичним рефлектометром, що забезпечує вимірювання оптичної цілісності і приріст загасання оптичного сигналу в кабелі (при необхідності) та забезпечувати кут повороту (180±10)° в обидві сторони від початкового стану при довжині ділянки випробування не менше 2 м.

Затискачі установки повинні:

- забезпечувати можливість доступу до обох кінців випробовуваного кабелю;

- забезпечувати вертикальне положення випробовуваної ділянки кабелю;

- не обмежувати можливість кручення кабелю;

- не заподіювати пошкодження кабелю.

Установка повинна забезпечувати діапазон зусиль натягування на випробовуваній ділянці кабелю від 15 до 300 Н;

- стійкість до ударних навантажень випробування проводять згідно з ДСТУ IEC 60794-1-2 (метод Е4).

Установка повинна застосовуватися спільно з оптичним рефлектометром, що забезпечує вимірювання оптичної цілісності і приріст загасання оптичного сигналу та номінальну енергію ударів від 5 до 30 Дж, (30±2) ударів на хвилину. Радіус ударної поверхні бойка повинен бути (50±5) мм.

Обладнання повинне забезпечувати вертикальне падіння вантажу з висоти 1 м на сталевий посередник, який передає удар на ОК, який розміщений зверху на плоскій сталевій плиті.

Зразок вважається тим, що витримав випробування, якщо в ньому немає ушкодження захисного шланга, обривів ОВ і приростання загасання оптичного сигналу в ОВ після випробування не перевищує 0,01 дБ для одномодового ОВ та 0,05дБ для багатомодового ОВ;

- стійкість до знакозмінного вигину - випробування проводять відповідно до МЕК 60794-1-2 метод Е8.

Під час випробувань зразок протягається між двома блоками, які можуть змінювати напрямок протягування кабелю на 180^{o} кожен.

Під час випробування зразок повинен знаходитися під осьовим натягом. Величина натягу, діаметр блоків не менше 40 і не більше 200 мм. Кількість циклів повинні бути вказані в технічній документації на ОК.

До і після випробувань кабелю на стійкість до знакозмінному вигину в ОВ вимірюється загасання. Після випробування захисний шланг оглядається на наявність дефектів.

Зразок вважається тим, що пройшов випробування, якщо в ньому немає ушкодження захисного шланга, обривів ОВ і приростання загасання оптичного сигналу в ОВ після випробування не перевищує 0,01 дБ для одномодового ОВ та 0,05 дБ для багатомодового ОВ;

- стійкість до низькотемпературного та високотемпературного вигинів - випробування проводять згідно МЕК 60189-1 або EIA/TIA-455-37-A.

Випробуванню піддається зразок кабелю довжиною, яка забезпечує необхідну точність вимірювання (не менше 1000 м). Зразок повинен бути намотаний на оправлення таким чином, щоб не погіршились характеристики. Діаметр оправки повинен становити 20D кабелю (намотування повинне бути вільне, без натягу).

Термокамера повинна забезпечувати задану температуру з точністю не менше ± 276,15 К.

Перед випробуванням зразок витримується в НУ і проводиться контроль загасання.

Випробування ОК на стійкість до низькотемпературних вигинів проводиться в термокамері при температурі, вказаній у технологічної документації на ОК.

Випробування ОК на стійкість до високотемпературних вигинів проводиться в термокамері при температурі, вказаній у технологічної документації на ОК.

Час витримки ОК при кожній із заданих температур має бути зазначено в технічній документації на ОК.

Після витримки при позитивній або негативній температурі зразок ОК витримують в нормальних умовах протягом години, вимірюють загасання і порівнюють зі значенням, отриманим до випробування.

Зразок вважається, тим що витримав випробування, якщо приріст загасання оптичного сигналу в ОВ не перевищує 0,01 дБ/км для одномодового ОВ, і 0,05 дБ/км для багатомодового ОВ після припинення дії температури;

До оптичних та передавальних параметрів слід віднести:

- коефіцієнт затухання - вимірювання проводиться згідно з ГОСТ 26792 (розділ 4) та ГОСТ 26814 (розділ 2).

Допустима відносна похибка оптичного рефлектометру не повинна перевищувати ±10 %;

- коефіцієнт хроматичної дисперсії - вимірювання проводять згідно ГОСТ 26792 (розділ 5) та IEC 60793-1-4 (метод С5).

Метод заснований на вимірюванні групової затримки оптичного сигналу на різних довжинах хвиль. Для вимірювання повинні використовуватись вимірювачі хроматичної дисперсії, що мають діапазон вимірювання коефіцієнта хроматичної дисперсії, від мінус 30 до плюс 30 пс/(нм·км), допустима абсолютна похибка яких

не перевищує ±0,03 пс/(нм·км). Динамічний діапазон повинен бути не менший 20 дБ;

- коефіцієнт широкосмугості - вимірювання проводять згідно ГОСТ 26792 (розділ 5) та IEC 60793-1-4 (метод С2).

Метод імпульсної характеристики вимірювання ширини смуги перепускання заснований на послідовному вимірюванні форми коротких оптичних імпульсів на виході вимірюваного ОВ і імпульсу на виході його короткого відрізка, утвореного шляхом обриву ОВ на початку. Форма останнього імпульсу береться за форму імпульсу на вході ОВ. Після визначення співвідношення спектру вихідного імпульсу до спектру вхідного імпульсу визначається смуга перепускання.

Для вимірювання коефіцієнта широкосмугості повинні використовуватись вимірювачі смуги перепускання, які мають діапазон вимірювання смуги перепускання не менше 2 ГГц з допустимою абсолютною похибкою не більше ніж ± 20 Мгц в спектральному діапазоні хвиль від 0,85 до 1,3 мкм. Динамічний діапазон повинен бути не менше 10 дБ;

- числова апертура – вимірювання проводять згідно ГОСТ 26814 (розділ 3). Апертурні характеристики випромінювання на виході волокна ОК визначають шляхом дослідження інтенсивності вихідного випромінювання в дальній зоні. Відносна похибка результатів вимірювання не повинна перевищувати 5 %.

Висновки

Проведений в роботі аналіз показав, що в Україні діють стандарти, в яких наведені метрологічні показники, що характеризують якість виготовлення ОВ, а саме оптичні, передавальні, конструктивні, механічні, електричні, кліматичні та ін. Із-за відсутності узаконеної процедури метрологічного забезпечення процесу виробництва ОК, виробник сам вибирає параметри, які він хоче контролювати.

Авторами обрані основні параметри, які слід визначати в процесі виготовлення ОВ.

Список використаних джерел

1. Иоргачев Д. В. Волоконно-оптические кабели и линии связи / Д. В. Иоргачев, О. В. Бондаренко . – М. : Эко-Трендз, 2002 . – 282 с.

2. Цуканов В. Н. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство / В. Н. Цуканов, М. Я. Яковлев. – М.: Инфра-Инженерия, 2014. – 304 с.

3. Оптическое волокно (версия DmitriyRDS). [Електронный ресурс]. – Режим доступа: http://traditio.wiki/wiki/Оптическое_волокно.

4. Гюнтер Мальке. Волоконно-оптические кабели / М. Гюнтер, Г. Петер. – Новосибирск: Издательский дом «Вояж», 2001. – 346 с.

5. G. Mahlke, P. Gossing. Fiber optic cables*:* fundamentals, cable engineering, systems planning. – Siemens Aktiengesellschaft, Berlin and Munich (1993).

Надійшла до редакції 19.05.2015

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

О. С. Корчевський, **Л. В. Коломієць,** д.т.н., **О. І. Ваганов,** д.т.н.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

В статье проводится анализ методов изготовления заготовок для производства оптического волокна (ОВ) и производства ОВ, особенностей оптических кабелей, а также стандартов, в которых приведены метрологические показатели, характеризующие качество изготовления ОВ. По результатам анализа выбраны основные параметры, которые следует определять в процессе изготовления ОВ.

Ключевые слова: *оптическое волокно, оптический кабель, заготовка для производства оптического волокна, испытания оптического волокна, метрологические показатели.*

A. S. Korchevsky, L. V. Kolomiets, DSc, **O. I. Vaganov,** DSc

DEFINITION OF METROLOGICAL PARAMETERS THE OPTICAL FIBER

The article conducted analysis the methods of manufacturing blanks for the production of optical fiber (OF) and production OF, features optic cables, as well as standards, to which are presented metrological performance, that characterize quality of manufacturing OF. By results analysis selected main parameters that should be determined in the manufacturing process OF.

Keywords: *the optical fiber, optical cable, billets for production optical fiber, trial optical fiber, metrological performance*

УДК 531:535

О. В. Банзак, к.т.н.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

РАЗРАБОТКА ДЕТЕКТОРА ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ДОЗИМЕТРИИ

В статье рассмотрены современные блоки детектирования, предназначенные для контроля состояния защитных барьеров в составе систем радиационного контроля АЭС путем измерения мощности дозы гамма-излучения в воздухе. Представлен сравнительный анализ режимов токового и импульсного пропорционального режимов работы CdZnTe-датчиков. Решена важная теоретическая и техническая задача коррекции энергетической зависимости чувствительности детектора.Созданы аналитические модели и образец CdZnTe-детектора.

Ключевые слова: *радиационно-технологический контроль, дозиметрия, блок детектирования, ионизирующие излучения.*

Вступление. Уровень развития и применение радиационных технологий в значительной мере определяется состоянием ядерного приборостроения. За сравнительно небольшой период времени эта отрасль прошла несколько этапов развития и каждый из них был отмечен появлением разнообразных приборов, регистрирующих и измеряющих параметры ионизирующих излучений ядерных материалов: газоразрядных счетчиков, сцинтилляторов, полупроводниковых детекторов и других. Их появление и дальнейшее широкое применение было обеспечено в прошлом работами от Крукса, Резерфорда, Гейгера и Мюллера до более близких к нам по времени работ Дмитриева А.Б., Перельмана С. Н., Чайковского В. Г., а также Баранова В. И., Гольбека Г. Р., Немировского Б. В., Якубовича А. Л. и многих других. Основой прогресса ядерного приборостроения послужило одновременное развитие двух направлений – ядерно-физических исследований и электроники. Однако оба направления в то время развивались самостоятельно, без должной взаимной связи.

Разработка современных блоков детектирования, предназначенных для контроля состояния защитных барьеров путем измерения мощности дозы гамма-излучения в воздухе, в составе систем радиационного контроля АЭС является важной и актуальной задачей. Находящиеся в настоящее время в эксплуатации блоки детектирования системы АКРБ-03 (АКРБ − аппаратура контроля радиационной безопасности) [1, 2], разработанные более 20-ти лет назад, не только выработали свой ресурс, но и морально устарели [3]. Очевидно, что новые блоки детектирования должны обладать более высокими метрологическими и эксплуатационными показателями. Существенное улучшение таких характеристик детекторов, как показано выше, может быть получено только на основе применения новых материалов, в частности, широкозонных полупроводников CdZnTe для изготовления датчиков гамма-излучения [4]. Статья посвящена описанию разработки детектора ионизирующего излучения для дозиметрии на основе полупроводников CdZnTe.

Основная часть. Как правило, твердотельные детекторы ионизирующего излучения могут быть представлены в виде генератора тока. Но в этом случае следует различать токовый и импульсный режимы работы детектора. В токовом режиме устанавливается зависимость между силой постоянного тока, протекающего через чувствительный объем датчика под действием излучения, и мощностью поглощенной дозы.

В импульсном режиме следует различать два варианта. В первом устанавливается связь между зарядом, переносимым единичными импульсами тока в единицу времени, и мощностью поглощенной дозы. Во втором режиме устанавливается связь между частотой следования импульсов тока в единицу времени и мощностью поглощенной дозы. Этот вариант также характерен для работы газоразрядных детекторов, которые являются генераторами напряжения, а не тока [5].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ режимов токового и импульсного пропорционального режимов работы CdZnTe-датчиков различных размеров [6].

Проведем перерасчет заданного из условий эксплуатации сигнала на входе предварительного усилителя, соответствующего шуму, в эквивалентную мощность дозы. Сравним полученный результат с чувствительностью детектора для типичных размеров датчика. При этом восполь-

зуемся соотношениями дозиметрических величин, приведенными далее [7].

Поглощенная доза – отношение средней энергии (dW), переданной излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме (dm):

$$D = \frac{dW}{dm}, \text{ Гр.} \qquad (1)$$

Мощность поглощенной дозы – отношение приращения дозы за интервал времени dt к этому интервалу времени:

$$P = \dot{D} = \frac{dD}{dt}, \text{ Гр/с.} \qquad (2)$$

Плотность потока энергии ионизирующего излучения или интенсивность излучения – отношение суммарной энергии (dE), перенесенной за единицу времени (dt) излучением, попавшим в объем элементарной сферы, к площади поперечного сечения этой сферы (dS):

$$I = \frac{dNdE}{dSdt} = \varphi dE, \text{ МэВ/(м}^2\cdot\text{с)}, \qquad (3)$$

где $\varphi = \frac{dN}{dSdt}$ – плотность потока ионизирующих частиц; dN – число частиц излучения.

Связь плотности потока энергии (E_γ) моноэнергетических фотонов с плотностью потока имеет вид:

$$I = \varphi E_\gamma = \frac{A}{4\pi r^2} E_\gamma, \text{ МэВ/(м}^2\cdot\text{с).} \qquad (4)$$

Связь мощности дозы и плотности потока энергии имеет вид:

$$D = I\mu_{em}, \text{ см}^2/\text{г}, \qquad (5)$$

где μ_{em} – массовый коэффициент поглощения энергии фотонов в веществе.

Таким образом, из расчетов и таблицы 1 видно, что включение датчика в режиме работы импульсной пропорциональной ионизационной камеры позволяет увеличить чувствительность в ~$(2{,}55\ldots2{,}8)\cdot10^5$ раз при прочих равных условиях и характеристиках кристаллов. В таблице 2 показаны параметры сигнала на входе предварительного усилителя в импульсном режиме.

Как показано, включение CdZnTe-детектора в режиме работы импульсной пропорциональной ионизационной камеры позволяет существенно повысить его чувствительность, расширить динамический диапазон значений регистрируемой мощности дозы от фоновых значений до обусловленных аварийными режимами работы реакторной установки. Применение импульсного режима позволяет практически реализовать и другие возможности и, прежде всего, – компенсацию энергетической зависимости чувствительности (ЭЗЧ), т.н. «хода с жесткостью».

Таблица 1 – Анализ режимов работы CdZnTe-датчиков

Вариант детектора	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5
1	2	3	4	5	6
Размеры кристалла (датчика), мм					
X	5	5	10	10	4
Y	5	5	10	10	4
H (толщина, высота)	2	3	3	2	2
Объем датчика, мм^3	50	75	300	200	32
Плотность CdZnTe, г/см^3	~6				
Энергия образования пары носителей заряда в CdZnTe (ε), эВ	4.7				
Масса чувствительной области, г	0.3	0.45	1.8	1.2	0.192
Мощность поглощенной дозы ($\dot{D}$), Гр/час	1				
Мощность ($\dot{P}$) (энергия в чувствительном объеме датчика в единицу времени), поглощенная в датчике при мощности поглощенной дозы 1 Гр (Вт/Гр)	8.333E-08	1.25E-07	5.0E-07	3.33E-07	5.333E-08

Вариант детектора	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5
1	2	3	4	5	6
Поглощенная энергия в ед. времени (мощность P_0), МэВ/с	1000				
Поглощенная энергия в ед. времени (мощность), эВ/с	1.00E+09				
Коэффициент преобразования поглощенной энергии в ток (Ампер), соответствующий мощности поглощенной энергии 1000 МэВ/с, $k_1=(P_0 \cdot q_e)/\varepsilon$, где q_e — заряд электрона	3.40E-11				
Чувствительность (отклик) CdZnTe-датчика единичного объема при работе в токовом режиме, А/Вт	2.13E-01			Характеристика материала из которого изготовлен детектор	
Сигнал (ток, соответствующий мощности дозы 1 Гр/час), А/(Гр/час)	1.77E-08	2.66E-08	1.06E-07	7.09E-08	1.13E-08
Ток утечки, А. Наиболее типичное значение для кристаллов среднего качества	1.00E-09				
Минимальная мощность дозы, которая может быть измерена в токовом режиме, рад/час (исходя из чувствительности и тока утечки)	5.64E+00	3.76E+00	9.40E-01	1.41E+00	8.81E+00
Коэффициент поглощения гамма-излучения с энергией 0,600 МэВ в CdZnTe	8.04E-02				
Вероятность поглощения гамма-кванта с энергией 0,6 МэВ в датчике при нормальном направлении движения фотонов относительно поверхности датчика (пробег минимальный, поэтому это граничное условие)	0.09197194	0.1347355	0.13473547	0.091972	0.0919719
Коэффициент перевода преобразования поглощенной дозы в 1 Гр в МэВ/г	6.266E+09				
Плотность (концентрация) фотонов при дозе 1 Гр для энергии 0,600 МэВ (фотонов/см^3)	1.740E+09				
Количество зарегистрированных детектором в пике полного поглощения фотонов при дозе 1 Гр для энергии 0,600 МэВ	8.004E+06	1.76E+07	7.035E+07	3.20E+07	5.12E+06
Минимальная мощность дозы, которая может быть измерена в импульсном режиме, Гр/час (исходя из чувствительности и шумов)	2.213E-07	1.343E-07	3.358E-08	5.53E-08	3.458E-07
Минимальная мощность дозы, которая может быть измерена в импульсном режиме, рад/час (исходя из чувствительности и шумов)	2.213E-05	1.343E-05	3.358E-06	5.533E-06	3.458E-05
Минимальная мощность дозы, которая может быть измерена в импульсном режиме, мкрад/час (исходя из чувствительности и шумов)	2.213E+01	1.34E+01	3.358E+00	5.53E+00	3.46E+01
Фон, мкрад/час	10÷30				

Таблица 2 – Параметры сигнала на входе предварительного усилителя в импульсном режиме

Вариант детектора	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5
1	2	3	4	5	6
Емкость предусилителя и включения (C_{amp}) 25 пФ. Консервативное значение, реально меньше (12 пФ)	25				
Емкость детектора $C_d=21\cdot10^3\cdot(X\cdot Y)\cdot(R_s\cdot U_b)^{-0.5}$, пФ	1.6602	1.66	6.6408	6.6408	1.063
Запирающее напряжение (U_b), В. Консервативное значение для кристаллов среднего качества.	100				
Удельное сопротивление (Rs). Консервативное значение для кристаллов среднего качества.	1.00E+09				
Коэффициент преобразования выходного сигнала, В/МэВ $U=Q/(C_d+C_{amp})$	1.28E-03	1.28E-03	1.08E-03	1.08E-03	1.31E-03
$Q=(E_\gamma\cdot q_e)/\varepsilon$ – суммарный заряд образовавшихся носителей заряда при поглощении фотона с энергией E_γ=1 МэВ.			3.40E-14		

В настоящее время серийно выпускаются дозиметрические приборы с полупроводниковыми блоками детектирования на основе Si [6]. Преимущества CdZnTe перед Si – большее значение чувствительности и меньшее значение энергетического эквивалента шума [7, 8]. Однако, большой эффективный атомный номер обуславливает и большее (более 10) значение энергетической зависимости чувствительности (ЭЗЧ).

В литературе приводится описание метода аппаратной коррекции ЭЗЧ при помощи устройства, собранного на дискретных элементах с низкой степенью интеграции [8]. Такое устройство ненадежно, дорого, имеет низкий динамический диапазон. В данной работе предложено и изготовлено на основе современной элементной базы устройство цифровой корректировки ЭЗЧ при работе кристалла в счетном режиме.

Коррекция осуществляется путем изменения частоты импульсов на выходе блока детектирования в зависимости от энергии зарегистрированного излучения E_γ:

$$n_{out} = n_{inp} \cdot K(x), \qquad (6)$$

где n_{out} – частота импульсов на выходе блока детектирования; n_{inp} – частота импульсов на выходе предусилителя детектора; $K(x)$ – коэффициент изменения частоты импульсов на выходе блока детектирования; x – номер канала, соответствующего энергии E_γ.

Численное значение коэффициента изменения частоты импульсов на выходе блока детектирования определяется на основании аналитической зависимости отношения чувствительности детектора к регистрируемому гамма-излучению $S(E_\gamma, x)$ и чувствительности к гамма-излучению с энергией, на которой проводилась его градуировка $S(E_{\gamma k}, x)$:

$$\varepsilon(E_\gamma) = \frac{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} S(E_\gamma, x)\cdot K(x)\,dx}{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} S(E_{\gamma k}, x)\cdot (x)\,dx}, \qquad (7)$$

где $x_{\min}$ – номер канала, соответствующего уровню шума; $\varepsilon(E_\gamma)$ – заданная относительная зависимость чувствительности детектора от энергии.

Таким образом, задача коррекции энергетической зависимости чувствительности заключается в получении значения $K(x)$ для определенного энергетического диапазона зарегистрированных фотонов E_{γ_j}.

На рисунке 1 приведена структурная схема первого варианта дозиметрического блока детектирования с цифровой корректировкой “хода с жесткостью”. Разработанный детектор по габа-

ритам и выходным сигналам совместим с применяемым сегодня блоком детектирования типа БДМГ-41 [3].

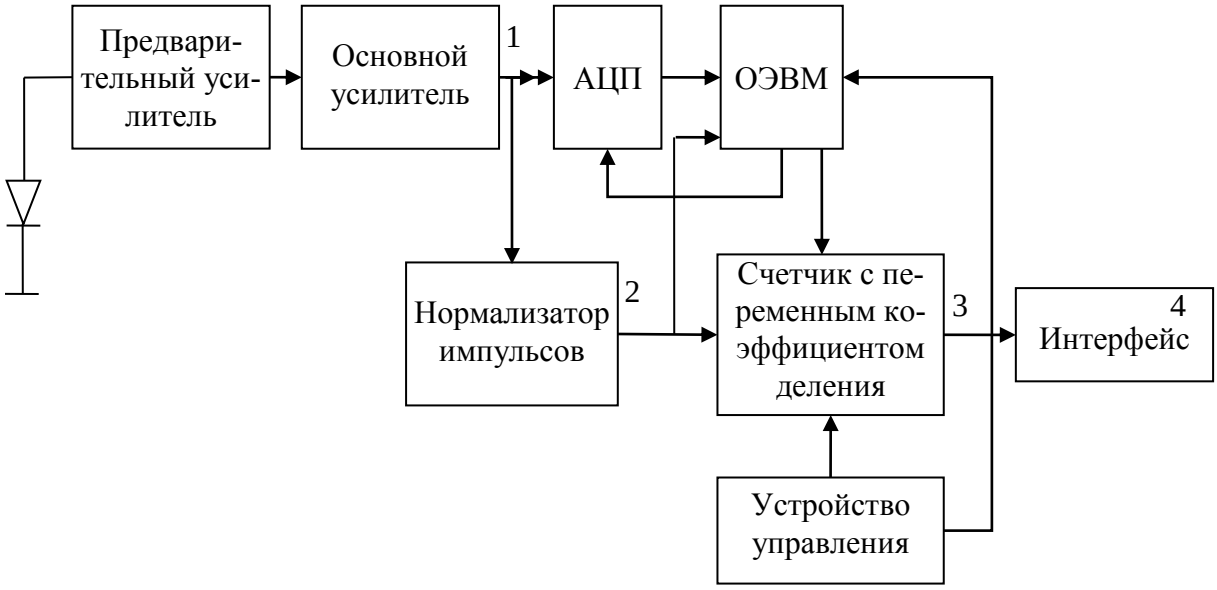


Рисунок 1 – Структурная схема блока детектирования на основе CdZnTe-датчика

Выводы. Таким образом, на основе разработанной модели создан детектор ионизирующего излучения для дозиметрии. Принципиальным отличием его от известных приборов служит применение в качестве первичного преобразователя гамма-излучения (датчика) кристаллов CdZnTe. Достоинства такого решения, доказанные предыдущими исследованиями, позволили создать детектор, имеющий:

− большую разрешающую способность, не более 40 кэВ;

− более широкий динамический диапазон значений регистрируемой мощности дозы излучения – от фоновых до аварийных режимов работы реактора;

− меньшее значение энергетического эквивалента шума.

При создании такого детектора решена важная задача коррекции энергетической зависимости чувствительности (ЭЗЧ). Для этого разработана модель, связывающая частоту импульсов на выходе блока детектирования с энергией регистрируемого излучения. Предложенный в ней алгоритм позволяет коррекцию ЭЗЧ с погрешностью менее 7 % для энергии излучения от 20 кэВ до 1,5 МэВ.

На такой основе предложена структурная схема и разработан образец дозиметрического блока детектирования с цифровой коррекцией ЭЗЧ. По конструкции и выходным сигналам он совместим с БДМГ-04, 08, 41 и может применяться в любых системах АКРБ АЭС.

Список использованных источников

1. Банзак О. В. Полупроводниковые детекторы нового поколения для радиационного контроля и дозиметрии ионизирующих излучений / О. В. Банзак, О. В. Маслов, В. А. Мокрицкий: Под ред. В. А. Мокрицкого, О. В. Маслова. – Монография. – Одесса, 2013. – Изд-во «ВМВ». – 220 с.

2. Маслов О. В. Автоматизированная система контроля распределения продуктов деления в ТВС ВВЭР-1000 при проведении перегрузки ядерного топлива / О. В. Маслов, С. Г. Олейник // Вторая рос. междунар. конф. "Учет, контроль и физ. защита ядерн. материалов", Обнинск, 22-26 мая, 2000 г. – С. 3-7.

3. Олейник С. Г. Метрологическое обеспечение определения выгорания, времени выдержки и обогащения облученного ядерного топлива при проведении измерений в реальном времени / С. Г. Олейник, О. В. Маслов, С. В. Сергеев, М. В. Максимов // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2004. – № 3(11). – С. 72-79.

4. Маслов О.В. Блок детектирования γ-излучения на основе CdZnTe для систем радиационного контроля / О. В. Маслов, В.А. Мокрицкий, Ю. Е. Николаенко, М. В. Максимов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – №3 (57). – С. 15-18.

5. Susumu Naito. Development of a New CdTe Area Radiation Monitor using the G(E) Function Method / Susumu Naito, Mikio Izumi, Toru Onodera, eds. // Journal of Nuclear Science and Technology. – 2006. – Vol. 43. – No 10. – P. 1173–1181.

6. Owens Alan. Compound semiconductor radiation detectors / Alan Owens, A. Peacock // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 531, 2004. – P. 18-37.

7. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. – Справочник. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 496 с.

8. Горев В. С. Применение детекторов на основе теллурида кадмия в дозиметрии гамма-излучения / В. С. Горев, В. А. Кожемякин, О. А. Матвеев и др. // Приборы и техника эксперимента. – 1981. – № 1. – С. 60-64.

Поступила в редакцию 19.05.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Мокрицкий В. А., Одесский национальный политехнический университет, г. Одеса.

О. В. Банзак, к.т.н.

РОЗРОБКА ДЕТЕКТОРА ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ ДОЗИМЕТРІЇ

У статті розглянуті сучасні блоки детектування, призначені для контролю стану захисних бар'єрів у складі систем радіаційного контролю АЕС шляхом виміру потужності дози гамма-випромінювання в повітрі. Представлений порівняльний аналіз режимів струмового і імпульсного пропорційного режимів роботи CdZnTe-датчиків. Вирішено важливе теоретичне і технічне завдання корекції енергетичної залежності чутливості детектjра.Створені аналітичні моделі і зразок CdZnTe- детектора.

Ключові слова: *радіаційно-технологічний контроль, дозиметрія, блок детектування, іонізуючі випромінювання.*

O.V. Banzak, PhD

DEVELOPMENT DETECTORS OF IONIZING RADIATION OF NEW GENERATION FOR DOSIMETRY

In clause the modern blocks of detecting intended for the control of condition protective barriers in structure systems of the radiating control atomies power station by measurement of capacity of a doze scale-radiation in air are considered. The comparative analysis of modes токового and pulse proportional operating modes of CdZnTe-gauges is presented. The important theoretical and technical problem corrections of power dependence of sensitivity detectors are solved. Analytical models and the sample of the CdZnTe-detector are created.

Keywords: *radiation-technological control, dosimetry, block of detecting, ionizing radiation.*

УДК 531:535

G. V. Banzak, PhD, **E. A. Morozenko**

Odessa state academy of technical regulation and quality, c. Odessa

ANALYSIS OF WAYS AND METHODS DEVELOPMENT OF METROLOGICAL MAINTENANCE OF CONTROL AND DIAGNOSING TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES

In clause ways and methods development of metrological maintenance of control and diagnosing technical condition of vehicles are considered, and also is shown, that technical, economic or technical and economic criteria should be put in a basis of a choice means of technical diagnostics of controllable parameters. And technical and economic criteria in the form of minimization the total resulted expenses or total specific expenses for operation, maintenance service and repair are preferable.

Keywords: *motor transportation enterprises, maintenance service, metrological maintenance*.

Introduction. The system approach to questions of management motor transportation enterprises (MTE) demands to consider a control system of quality maintenance service (MS) and repair as an integral part of management. The control system of quality MS and repair serves for maintenance at the set level of factor of technical readiness, non-failure operation, durability of vehicles, their effective use with the minimal financial and labour expenses. Thus, the control systems quality of vehicles is based on a complex of the actions including technical, economic, and others interconnected action on maintenance of tasks in view, directed on achievements of a high degree of quality.

The problem of quality at MS and repair of vehicles in many respects is defined by a level of metrological maintenance (MM). One of effective ways increases of operational parameters of vehicles is application of technical diagnosing. Technical diagnosing assumes definition of a technical condition of object of diagnosing with the certain accuracy. Therefore for maintenance of quality systems MS and repair of vehicles is necessary to use principles of metrological maintenance.

One of principal causes of decrease in efficiency of operation vehicles are [1, 2]: imperfection of a design of units, units, systems of vehicles; an insufficient level of maintenance service, repair and equipment means technical diagnosing of processes of maintenance service and repair of vehicles; non-observance of requirements on maintenance of necessary accuracy and unity of measurements. All the set forth above factors are object of research special branch of the knowledge carrying the name «technical diagnosing» and studying attributes of malfunctions vehicles, methods, means and algorithms definition of their technical condition without disassembly and besides technology and the organization of use systems diagnosing in processes of operation of a rolling stock [3]. Works of leading scientists of Sergeev A. G., Arinin I. N. are devoted to the given actual direction. However in works of the given authors of a technique purpose of admissions on controllable parameters do not consider an additional component of an error, therefore it is necessary to develop a technique of purpose of the admissions, allowing to define values of maximum deviations by criterion of maintenance mistakes of the first and second sort in view of the specified component.

The purpose of the given work is the offer of a technique on which ways of a choice of means the measurements based on maintenance of demanded values mistakes of the first and second sort, or the set completeness of the control, do allow to optimize their choice by technical and economic criteria with the purpose of maintenance of peak efficiency of the sold monitoring system and diagnosing.

Basic part. For maintenance of optimum values of the specified characteristics of developed system of diagnosing it is necessary to solve by development of metrological maintenance following problems [1-3]: choice, substantiation of accuracy and reliability of measurements; normalizations of limiting, supposed values of controllable parameters and management of characteristics of reliability at operation; typifications of accuracy control and diagnostic methods; estimations of influence of an operating time of vehicles on change of metrological parameters of the control and diagnosing.

The problems solved at diagnosing and the control which is a special case of diagnosing, depend on a stage of operation of motor vehicles [1] and are resulted on fig. 1.

Now separate techniques are developed for the decision of these problems. However the decision

of one separately taken problem without taking into account their interrelation reduces quality of systems diagnosing. For the decision of a problem diagnosing, it is required to expand a range of diagnostic parameters that leads to complication and rise in price of systems diagnosing. In the same consequences can result unreasonable increase of accuracy of measurement of parameters at a likelihood estimation quality of the monitoring system and diagnosing without taking into account cost systems technical diagnosing (STD). Separate consideration of the above-stated questions is caused first of all by complexity of received functional dependences between characteristics of spent measurements and criteria of efficiency of metrological maintenance.

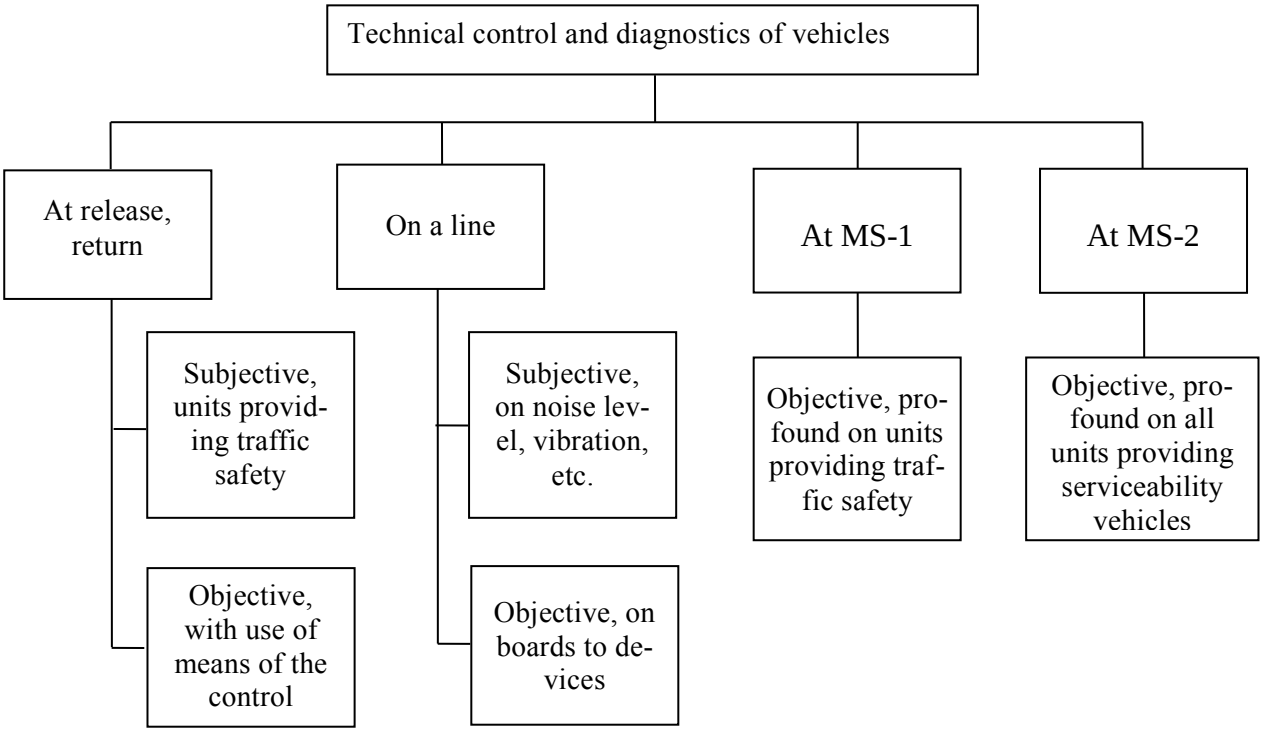


Figure 1 – Classification of kinds diagnosing used at definition technical condition of vehicles

The technique of choice STD of controllable parameters of the vehicles, described in work [1], on the basis of requirements of unambiguity, stability, sensitivity, informatively and adaptability to manufacture to controllable parameters is known. The named technique includes following stages: 1) the analysis of statistical data on operational refusals and malfunctions with the purpose to reveal the least reliable components and to establish most often repeating malfunctions; 2) an establishment of the scheme of structurally-investigatory communications; 3) a choice of a technique of search of malfunctions and algorithm of diagnosing.

However the given technique is developed on the basis of technical criteria and does not consider influence of mistakes of the first and second sort and loss, as a result of these mistakes, and also cost of sold system of diagnosing. Therefore, it does not allow optimizing choice STD of controllable parameters for maintenance of peak efficiency in view of demanded reliability and cost of a technical condition of vehicles.

Integral part of process of diagnosing is localization of malfunctions, t. i. their search and elimination. Thus search of the given up elements is conducted not before refusal, and in its assumption. Therefore algorithmization of search should be based on logic and a likelihood basis in view of functional communications between parameters of vehicles [1].

The structure of parameters, mainly, is defined by a method of search of the given up element. Methods of detection of refusal are subdivided into two kinds: 1. A method of display of faults at which the given up elements by means of gauges are automatically displayed; but at complex designs the diagnosed unit it possesses low efficiency; 2. A method of search where the given up element is defined by performance under the certain plan of some measurements. Two greater groups of search – combinational and consecutive distinguish [2-4].

At a combinational method the technical condition of vehicles defines on the basis of the set number of the control operations made in the any

order. Here malfunctions come to light after performance of all planned measurements by comparison and the analysis of the received results, t. i. on the basis of the analysis of results of a combination of measurements. The given method has important lacks – greater time expenses and consequently is seldom used.

During carrying out of consecutive search control operations are made when due hereunder, providing their most rational sequence. Thus the received values of parameters are estimated directly after performance of measurement and if the condition of system or unit is yet clearly certain the following under the order of measurement is carried out. The order of measurement can be strictly fixed (the ordered unconditional search) or to change depending on results of the previous measurements (conditional search). Average of the measurements necessary for localization of malfunctions, in the second case is less, than in the first, but all the same the logic of search at the ordered method is more complex. In this case efficiency of procedure of search also is estimated by means of size of probability of correctly diagnosing, depending from mistakes of the first and second sort. The mistake of the first sort arises, if the place of refusal is localized with an insufficient degree of a detail, and a mistake of the second sort – at incorrect definition of a place of refusal.

By optimization of accuracy of measurements it is necessary to consider, that depending on their influence on results of the control it is necessary to measure separate parameters with a various error [1]. The size of this error will depend on parameter which reflects technical condition controllable systems of vehicles (for example, on the systems defining technical and economic parameters, a level of traffic safety, and operational characteristics of auto vehicles). For the account of the importance of separate parameters in this case in works [1-3] the way of definition of an admissible error of measurement as is offered to a part of a field of the admission on controllable parameter by means of factor ϕ^n, where ϕ =1,6 – factor of transformation; n – the order of transformation corresponding a category of accuracy of measurements. In work [1, 4] the analysis of categories of accuracy of systems of vehicles, which results is lead, are resulted in tab. 1.

1. A choice of means of measurement on factor of the specification, based on comparison of accuracy of measurement and the admission on controllable parameter.

Table 1 - Categories of accuracy components of the car

System (unit) of vehicles	The engine	Electric equipment	Frame, cabin	The back bridge	The forward bridge	Steering management	Brake system	Trunks	System of illumination and the signal system	Transmission
Category accuracy	3	3	4	3	2	2	2	2	2	3
The order transf.	2	2	1	2	3	3	3	3	3	2

2. The choice of measurement means by a principle of the faultlessness control [1] assumes definition of factor of specification on the basis of maintenance of the set probabilities of mistakes of the first and second sort.

3. The choice of means of measurement on technical and economic parameters is preferable at the operational control and diagnosing of vehicles as allows to consider, both metrological characteristics of means of measurements, and technical and economic parameters of operation vehicles.

4. It is known [4, 5], that with increase in an operating time of vehicles, dispersion of values of the controllable parameters describing a technical condition of systems of vehicles increases. Thus metrological characteristics of diagnosing on these parameters change. Thus, not considering area of small operating time, requirements to metrological parameters of diagnosing should raise.

Conclusions. The analysis of existing techniques of development of metrological maintenance of vehicles has shown that the question on optimization of metrological maintenance of diagnosing of a technical condition of the vehicles which are being operation on the basis of maintenance of a maximum level of quality of spent diagnosing was

not considered. There are no techniques allowing to choose STD controllable parameters by criteria of reliability, cost, productivity of the control. Also not solved questions are the account of probabilities of mistakes of the first and second sort at greater operating time of vehicles, and as consequence of this change of investigated characteristics in cases of the direct and indirect control, and also over carrying out of diagnostic operations. Besides there are no the mathematical expressions, allowing to estimate sizes of mistakes of the first and second sort in conditions of repeatability and reproducibility at realization of standard methods of measurements at carrying out of diagnostic operations.

References

1. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: «Наука», 1991. – 236 с.

2. Назаров Н. Г. Метрология. Основные понятия и математические модели. / Н. Г. Назаров. – М.: «Высшая школа», 2002. – 315 с.

3. Чижков Ю. П. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. В 2-х томах. / Ю. П Чижков. – М.: Издательство «Машиностроение», 2003. – 112 с.

4. Беднарский В. В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. - Учебник. Изд 2-е / В. В. Беднарский. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2005. – 218 с.

Поступила в редакцию 15.05.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Мокрицький В. А., Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

Г. В. Банзак, к.т.н., **Є. О. Морозенко**

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті розглянуті способи і методи розробки метрологічного забезпечення контролю і діагностування технічного стану автотранспортних засобів, а також показано, що в основу обирання засобів технічної діагностики контрольованих параметрів мають бути покладені технічні, економічні або техніко-економічні критерії. Причому вважаються за кращі техніко-економічні критерії у вигляді мінімізації сумарних приведених витрат або сумарних питомих витрат на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт.

Ключові слова: *автотранспортні підприємства, технічне обслуговування, метрологічне забезпечення.*

Г. В. Банзак, к.т.н., **Е. А. Морозенко**

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье рассмотрены способы и методы разработки метрологического обеспечения контроля и диагностирования технического состояния автотранспортных средств, а также показано, что в основу выбора средств технической диагностики контролируемых параметров должны быть положены технические, экономические или технико-экономические критерии. Причем предпочтительными являются технико-экономические критерии в виде минимизации суммарных приведенных затрат или суммарных удельных затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт.

Ключевые слова: *автотранспортные предприятия, техническое обслуживание, метрологическое обеспечение.*

УДК 621.317.08

В. В. Хахула

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

МЕТОД КОРЕКЦІЇ ПОХИБОК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА

У статті розглянуто метод корекції похибок вимірювального каналу цифрового мультиметра, який відрізняється автоматизованим розрахунком коригуючої поправки до результату вимірювання у вбудованому мікропроцесорі з подальшим автоматизованим введенням її значення усередненого за декількома вимірюваннями за допомогою програмованого джерела опорних напруг для виключення впливу випадкової складової похибки кожного окремого вимірювання, та забезпечує апаратну реалізацію способу корекції.

Ключові слова: *корекція похибок вимірювань, вимірювальний канал, цифровий мультиметр, розрахунок поправки до результату вимірювань, коригуюча поправка, програмоване джерело опорних напруг.*

Постановка проблеми

Швидкий розвиток мікропроцесорної та комп'ютерної техніки відкриває нові можливості автоматизації технологічних процесів, а нові мікропроцесори з великим об'ємом пам'яті, розвиненою периферією і порівняно невеликою ціною у поєднанні з простотою застосування роблять оптимальним їх використання в автоматизованих вимірювальних комплексах (АВК).

Основними задачами при створенні сучасних АВК є: висока точність вимірювальних каналів, здатність обробляти значну кількість вхідних сигналів та висока швидкість обробки результатів вимірювань.

Поряд з тим при створенні АВК необхідно визначити найбільш ефективні варіанти використання вбудованих в засоби вимірювань мікропроцесорів і зовнішніх електронно-обчислювальних машин, однією з найважливіших функцій яких є корекція похибок вимірювальних каналів [1], при цьому актуальними постають питання виключення впливу випадкової складової похибки кожного окремого вимірювання і підвищення швидкості та точності вимірювань.

Аналіз досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми

У [2, 3] підвищення точності вимірювань засобом вимірювання здійснюється шляхом розв'язання інтегрального рівняння з подальшим введенням отриманих розрахункових числових значень в результат вимірювання для отримання скоригованого результату вимірювання.

Недоліками даного способу корекції похибок вимірювальних каналів АВК є:

– невелика швидкодія та можливість розраховувати та вводити значення поправки тільки на частину діапазону вимірювального приладу [2];

– при порівнянні значень випадкової похибки вимірювань близької за значенням до значущих цифр результату вимірювання, застосування відомого способу корекції стає неефективним, що зумовлено припущенням про нормальний закон розподілу похибки вимірювання, яке для обмеженої кількості результатів невірне [3];

– ефективність відомих способів корекції також залежить від характеру нелінійності вимірювального датчика, з якого безпосередньо отримується аналоговий вид сигналу [4];

– основним недоліком відомих способів корекції є невелика точність вимірювання при значному рівні завади [4].

Формулювання мети статті. Постановка завдання

В роботі поставлено завдання підвищити швидкість та точність вимірювання шляхом корекції похибок вимірювальних каналів цифрових мультиметрів і обгрунтувати новий метод розрахунку величини коригуючої поправки до результату вимірювання, який забезпечує її розрахунок на всьому діапазоні вимірювання АВК. А також підвищити точність роботи АВК в умовах завад за рахунок використання програмованого джерела опорних напруг, що забезпечує функціонування АЦП ланцюгу зворотного зв'язку мікропроцесора.

Викладення основного матеріалу

Для вирішення поставлених в роботі завдань, зокрема для підвищення швидкодії АВК проведено аналіз можливих шляхів корекції

похибки вимірювань і розроблено метод корекції похибки вимірювань, що формує поправку до результату вимірювань у всьому діапазоні можливих значень вимірюваних параметрів на прикладі цифрового мультиметра [1].

Зокрема було розглянуто алгоритм розрахунку поправки для корекції похибки АЦП універсального цифрового мультиметра що реалізовується у два етапи.

На першому розраховуються значення поправок для кожного дискретного рівня програмованого джерела опорних напруг (ПДОН) шляхом перерахунку значення коду опорного рівня, що записаний в запам'ятовуючому пристрої мікропроцесора, із значення коду, отриманого на виході АЦП.

Для виключення впливу випадкової складової похибки поправка усереднюється по декільком виміряним значенням одного рівня ПДОН. Таким чином, в мікропроцесорі накопичуються усереднені значення поправок

$$П_i = \frac{\sum_{k=1}^{N} П_{ik}}{N},$$

де N – число вимірювань кожного опорного рівня;

$П_{ik} = x_i - Y_{ik}$ – поправка до *k*-го виміряного значення *i*-го опорного рівня;

x_i – *i*-те значення сигналу, який подається на вході засобу вимірювання;

Y_{ik} – відповідний вихідний сигнал *k*-го виміряного значення *i*-го опорного рівня [1].

На другому етапі проводиться розрахунок коефіцієнтів апроксимуючої функції. Тоді при вимірюванні приладом будь-якого значення напруги, в результаті роботи алгоритму корекції, до результату буде додаватись поправка

$$П(x) = b_0 + b_1 x.$$

Значення коригуючої поправки додається до значення результату вимірювання в цифровому вигляді у мікропроцесорі, який знаходиться в ланцюгу зворотного зв'язку [1].

Таким чином, результатом роботи приладу вимірювання з використанням пристрою, що пропонується, буде усереднене дійсне значення вимірювання з введеною поправкою, що підвищує точність та швидкодію вимірювання за рахунок виключення розрахунку поправки до кожного результату роботи приладу.

За своєю структурою запропонований спосіб подібний до схеми побудови автоматичних систем управління із зворотним зв'язком.

На рис. 1 зображено структуру пристрою корекції похибки АЦП, де: 1 – коригований АЦП, 2 – мікропроцесор, 3 – ПДОН.

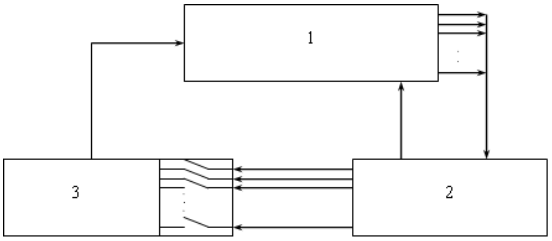


Рисунок 1 – Пристрій корекції похибки АЦП

Робота пристрою корекції похибки АЦП полягає в тому, що для кожного дискретного рівня ПДОН, шляхом розрахунку значення коду опорного рівня, що записаний в запам'ятовуючому пристрої мікропроцесора розраховується значення поправок. Коди опорних рівнів ПДОН можуть бути записані в мікропроцесорі в процесі виробництва чи при калібруванні за допомогою еталонних засобів вимірювань. Для виключення впливу випадкової складової похибки поправка усереднюється по декількох виміряних значеннях одного рівня ПДОН. Таким чином, в мікропроцесорі накопичуються усереднені значення поправок [4]. Далі проводиться розрахунок коефіцієнтів апроксимуючої функції [1] та додається поправка.

Висновок

Метод корекції похибок вимірювального каналу цифрового мультиметра, що запропонований, відрізняється від відомих тим, що втілює апаратну реалізацію способу корекції за рахунок автоматизованого розрахунку поправки до результату вимірювання у вбудованому мікропроцесорі з подальшим автоматизованим введенням її значення, усередненого за декількома вимірюваннями, за допомогою ПДОН для виключення впливу випадкової складової похибки кожного окремого вимірювання.

Застосування запропонованого методу в АВК дозволяє підвищити швидкодію вимірювань за рахунок виключення операцій розрахунку поправки до результату вимірювання при кожному вимірюванні та підвищує точность роботи приладів в умовах завад за рахунок застосування ПДОН, що забезпечує функціонування АЦП в ланцюгу зворотного зв'язку мікропроцесора.

Практика експлуатації комплексів керованого озброєння (ККО) підтверджує

збільшення терміну експлуатації цифрових мультиметрів до 14 – 17 років з проведенням одного капітального ремонту через 8 – 10 років експлуатації, в залежності від напрацювання. При цьому у випадку впровадження запропонованого методу, метрологічні параметри залишаються в межах допусків у 97 % випадків. В разі зміни існуючої системи метрологічного забезпечення ККО, без використання вбудованої системи корекції, метрологічні параметри мультиметрів залишаються в межах допусків у 64 % випадків.

Підтвердженням ефективності використання запропонованого методу є результати, отримані під час дослідної експлуатації ККО розвідувальних частин Сухопутних військ (акт реалізації результатів дослідження, затверджений начальником розвідувального управління Сухопутних військ від 27.02.2014 року).

Список використаних джерел

1. Левченко А. А. Алгоритм интегральной коррекции погрешности измерительных каналов автоматизированных измерительных комплексов / А. А. Левченко, И. В. Шарипова // Труды Одесского национального политехнического университета. – 2006. – № 2(28). – С. 8-11.

2. Храменков Б. Н. Повышение эффективности итерационного алгоритма коррекции погрешности АЦП при наличии случайных погрешностей / Б. Н. Храменков, Т. В. Шапошникова // Метрология. – 1985. – № 6. – С. 3-5.

3. Алимов Ю. И. Альтернатива методам математической статистики / Ю. И. Алимов. – М.: Знание. – 1980. – 64 с.

4. Пат. 59399 Україна, МПК: G01R 15/00. Спосіб корекції похибок вимірювального каналу цифрового мультиметра / Левченко А. О., Кравчук О. І., Хахула В. В., Шаріпова І. В. ; заявник і власник Академія сухопутних військ ім., гетьмана П. Сагайдачного – № заяв. u 2010 13796 ; опубл. 10.05.11, Бюл. № 9/2011.

Надійшла до редакції 20.05.2015

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

В. В. Хахула

МЕТОД КОРРЕКЦИИ ОШИБОК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА

В статье рассмотрен метод коррекции ошибок измерительного канала цифрового мультиметра, который отличается автоматизированным расчетом корректирующей поправки к результату измерения во встроенном микропроцессоре с последующим автоматизированным вводом ее значения, усредненного по нескольким измерениям с помощью программируемого источника опорных напряжений для исключения влияния случайной составляющей погрешности каждого отдельного измерения, и обеспечивает аппаратную реализацию способа коррекции.

Ключевые слова: *коррекция погрешностей измерений, измерительный канал, цифровой мультиметр, расчет поправки к результату измерений, корректирующая поправка, программируемый источник опорных напряжений.*

V. V. Khakhula

METHOD OF ERROR CORRECTION OF A MEASURING CHANNEL Of A DIGITAL MULTIMETER

The article deals with the error correction method of a measuring channel of a digital multimeter which provides a hardware implementation of the error correction method and differs by automatic calculation of corrections to measurement results in an embedded microprocessor following by the introduction of automated value of correcting amendments which averaged over several measurements using the programmable voltage source to eliminate the influence of a random component of an error of each single measurement.

Keywords: *correction of measurement errors, measurement channel, digital multimeter, calculation amendment to the result of measurement, adjustment correction, programmable voltage source.*

РОЗДІЛ 3

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

УДК 621.512.011.93

Г. М. Клещев, к.т.н.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

ИССЛЕДОВАНИЕ «НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ» ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Рассматривается новая технология производства деталей штампов с применением лазерных измерительных приборов для активного контроля при обработке и ремонте деталей штампов, а также лазерных датчиков для корректировки износа инструмента. Для оперативной компенсации износа в процессе обработки впервые используется ПЭВМ с блоком адаптации, который корректирует износ и устанавливает оптимальные режимы резания.

Ключевые слова: *лазерные измерительные приборы, активный контроль, гибкий производственный модуль, износ режущего инструмента.*

Вступление

Развитие отраслей промышленности требует повышения надежности функционирования механизмов и высокой точности измерений в процессе производства. Одной из трудоемких составляющих производственного процесса является подготовка производства, от которой во многом зависят: трудоемкость, сроки изготовления, стоимость и качество изделий.

Актуальными проблемами в промышленности, в частности, в авиационной, строительной, станкостроительной, автомобильной, сельскохозяйственной и радиоэлектронной отраслях, есть: внедрение современных математических методов и средств вычислительной техники, создание интеллектуальных интегрированных адаптивных сквозных систем автоматизации проектных работ (ИАС САПР), автоматизированных систем технологической подготовки производства (АС ТПП), создание интегрированных гибких автоматизированных систем производства (ГАСП) станков, инструментов (штампов) и автоматических линий, а также сокращение времени измерительных, контрольных и корректирующих операций с использованием измерительных приборов на основе их совмещения и автоматизации [1].

Проблема

В связи с нехваткой специалистов по проектированию и изготовлению штампов холодной листовой штамповки (ХЛШ), изменилась потребность рынка в индивидуальном производстве на повышенный интерес к компьютерным системам, с помощью которых можно обеспечивать серийное, безлюдное, безбумажное и, в то же время, эффективное управление производством со значительным сокращением времени на измерительно-контрольные операции [2].

Цель исследования

Повышение эффективности и качества штампов на основе «новой технологии» и лазерных средств измерений, а также сокращения времени измерительных, контрольных и корректирующих операций при их совмещении и автоматизации в процессе подготовки производства, изготовления и ремонта деталей штампов холодной листовой штамповки.

Основные результаты исследований

В Украине существует проблема производства штампов холодной листовой штамповки, поскольку до 85 % объема работ выполняется вручную. Для устранения указанной проблемы исследуется «новая технология», заключающаяся в следующем. При формировании «Портфеля» заказов, задания заводов-заказчиков формируются по типоразмерам в партии. И в одной партии может быть 20, …, 50, …, 100 и более заказов в зависимости от загрузки. Используя штамп-полуфабрикаты (из электронной базы данных и знаний) при изготовлении деталей штампов, для всей одноразмерной партии проектируется один комплект чертежей и для них создается один комплект технологических карт, а так же один комплект управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ. Указанное выше позволило применить новый метод изготовления блоков и пакетов штамп – полуфабрикатов без привязки к конкретной детали заказчика, увеличивая количество однотипных деталей в партии, что дало возможность перейти от единичного проектирования к серийному изготовлению деталей штампов [1, 2]. Для этого в стране создаются два предприятия-изготовителя дублирующие друг друга для обеспечения бесперебойной работы. Эти предприятия выдают штампы заказчику только в металле, но не выдают ему комплекты

чертежей и технологических карт, оставляя их в базах данных и знаний (БДиЗ) предприятий-изготовителей, осуществляющих производство штампов с применением ПЭВМ. Таким образом, на этой стадии освобождаются десятки конструкторов и технологов, изготавливавших эту документацию на предприятиях-изготовителях штампов.

Заводы-заказчики, отправляя штампы (и штампы-дублеры, которых заказчик заказывает от 2-х до 6-ти штук) на централизованный ремонт, так же высвобождает у себя десятки (сотни) конструкторов, технологов и рабочих высокой квалификации, участвовавших в ремонтных работах штампов. Предприятия изготовители, имея все сведения о спроектированных и изготовленных штампах в своих БДиЗ, производят ремонт штампов, используя ту же ИАС САПР на том же оборудовании и теми же конструкторами, технологами и рабочими.

Математические модели проектирования, изготовления и ремонта штампов для заводов-заказчиков и предприятий-изготовителей исследованы в [1, 4]. Математическое сравнение показывает, что затраты по трудоемкости и себестоимости в существующем варианте значительно превышают вариант по новой технологии.

Новая технология позволяет повысить эффективность изготовления штампов за счет сокращения людских средств, сроков и трудозатрат производства. В связи с развитием науки, техники, разработкой новых технологий, эталонов и средств измерений, измерения охватывают все более современные физические явления, расширяются диапазоны измерений. Постоянно растут требования к точности измерений. В таких условиях, чтобы целесообразно регламентировать вопросы и проблемы измерений, метрологического обеспечения и обеспечения единства измерений, нужен единый научный и законодательный фундамент, обеспечивающий в практической деятельности высокое качество измерений, независимо от того, где и с какой целью они проводятся. Таким фундаментом является – **метрология,** которая решает задачи взаимозаменяемости деталей, контроля производства продукции на всех его жизненных циклах.

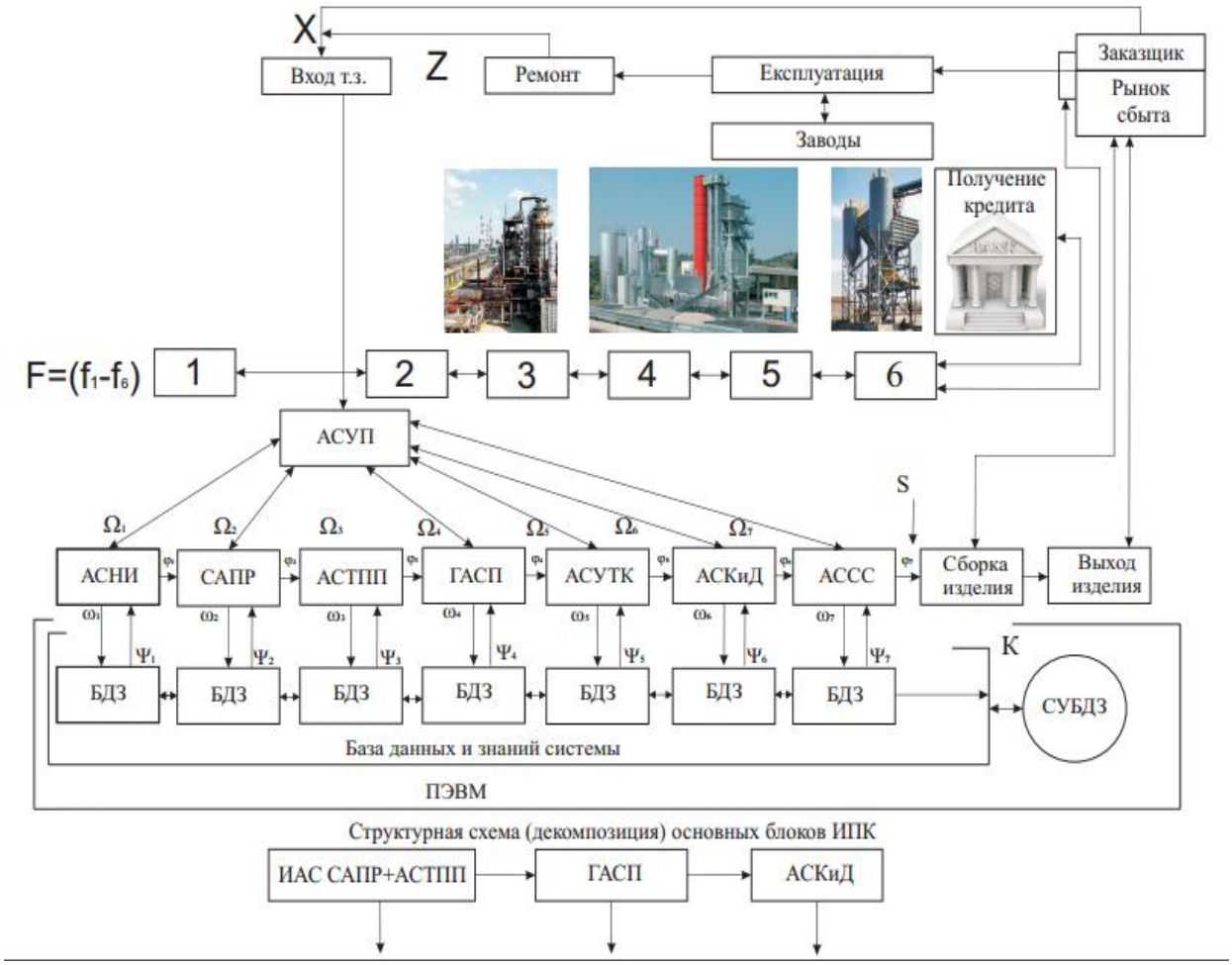


Рисунок 1 – Модель интегрированного промышленного комплекса (ИПК)

На рис. 1 показан весь процесс функционирования ИПК (интегрированного промышленного комплекса) и продления “жизненного цикла” (ремонта) деталей штампов: заводы эксплуатирующие штампы и, при необходимости, передающие их в централизованный ремонт, при этом используют ту же ИАС САПР и ту же АС ТПП, которые используются в основном производстве штампов по «новой технологии» без выдачи технической документации заказчику, а заказчик, в этом случае не создает у себя ремонтный цех.

В ИПК “жизненный цикл” (ремонт) штампов по «новой технологии» продлевается за счёт возможности производить ремонт [1, 2] на том же комплексе (ИПК) и значительно дешевле, так как используются все сведения из электронных баз данных и знаний о деталях штампов ранее спроектированных и изготовленных с использованием ПЭВМ. Для ремонта деталей штампа, ранее изготовленных на оборудовании ИПК, задействованы основные блоки структурной схемы ИПК: САПР – подготовит сведения о чертежах «износившихся» деталей и технологию; АС ТПП – подготовит необходимую технологическую оснастку; ГАСП – произведёт «ремонт» или полностью изготовит формообразующий инструмент штампа или часть, т. е. секцию или направляющие колонки; АСКиД – осуществит активный контроль [4] или контроль после ремонта. В этом случае существенно сокращаются трудоемкость и время нахождения штампа в ремонте, а так же сокращается количество инженерно-технического персонала и рабочих высокой квалификации, участвующих в ремонте и подготовки документации. В тоже время современное развитие прецизионного машино – и приборостроения и других отраслей знаний не возможно без соответствующего развития метрологической базы и, в большой степени, метрологического обеспечения линейных измерений деталей. Наиболее точными средствами для измерения линейных размеров являются бесконтактные триангуляционные лазерные датчики РФ603, предназначенные для бесконтактного измерения и контроля положения, размеров, профиля поверхности, деформаций, распознавания технологических объектов [4].

На производстве чаще приходится встречаться не с измерениями, а с контролем. Контролем называется определение соответствия детали техническим условиям и заданному размеру, допуску и отклонениям формы. Рассмотрение обработки сложного инструмента штампа – пуансон-матрицы, основного производства деталей штампов, представлено в работе [4].

Исследуем продление «жизненного цикла» поступившего в ремонт штампа – изготовление направляющей колонки на токарном гибком производственном модуле (ГПМ), с активном лазерным контролем. Колонка имеет следующие размеры: общая длина $L_{общ.}$=180 мм, обрабатываемая длина $L_{обраб.}$=140 мм, обрабатываемый диаметр ∅ 40 h14, длинна запрессовки $L_{запрес}$ = 40 мм, и диаметр запрессовки ∅ 32 мм, диаметр заготовки ∅ 45 мм (см. рис. 2). Заготовка установлена в центрах токарного станка и обрабатывается проходным резцом, закрепленным в резцедержателе. Так как в процессе обработки резец меняет свои параметры (изнашивается), то за износом «следит» лазерный датчик [3], установленный в кронштейне на суппорте станка и перемещающийся синхронно с резцом. Отклонения по износу лазерный датчик передает в ПЭВМ, которая имея блок адаптации, корректирует износ инструмента и передает обратно эту информацию в станок, который производит корректировку.

В таблице 1 и на диаграмме (рис. 3) показаны трехкратные корректировки (в пределах допуска обрабатываемой поверхности детали) в 3-х точках лазерным датчиком износа инструмента по длине $L_{обраб.}$=140 мм, на диаметре ∅ 40 h14. Где y1, y2, y3 – трехкратные отклонения замеров через 20 мм по длине обрабатываемого ∅ 40 h14, а y4 – показания предельного допуска для всех фиксируемых точек через 20 мм.

Выводы

Исследование новой технологии, в совокупности с интегрированным промышленным комплексом и лазерными средствами измерения, позволяет значительно повысить конкурентоспособность интегрированной адаптивной сквозной системы производства штампов.

В статье показано, что совмещение операций механической обработки и активного контроля с использованием лазерных датчиков в интегрированных автоматизированных системах проектирования и изготовления, в частности, деталей штампов, позволяет существенно сократить время и трудоемкость измерений, а отсюда повысить эффективность и качество выполняемых работ, обеспечив необходимую точность, взаимозаменяемость и надежность.

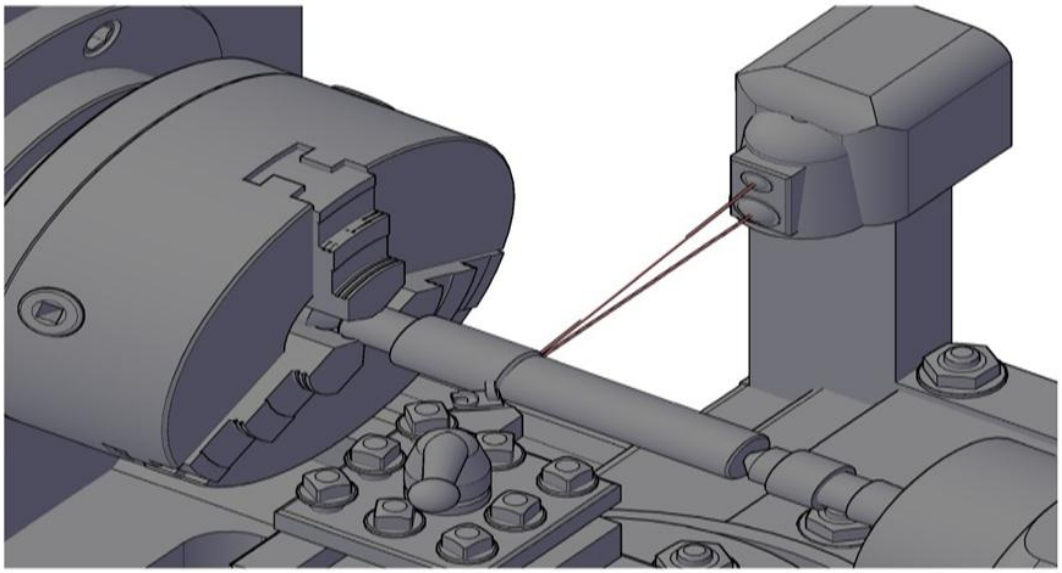


Рисунок 2 – Обработка направляющей колонки с активным лазерным контролем

Таблица 1 – Трехкратная корректировка в трех точках лазерным датчиком

Д, мм	У1, мм	У2, мм	У3, мм	У4, мм
20	0,05	0,03	0,06	1
40	0,2	0,18	0,21	1
60	0,1	0,15	0,2	1
80	0,55	0,45	0,6	1
100	0,35	0,3	0,4	1
120	0,85	0,83	0,9	1
140	0,5	0,45	0,55	1

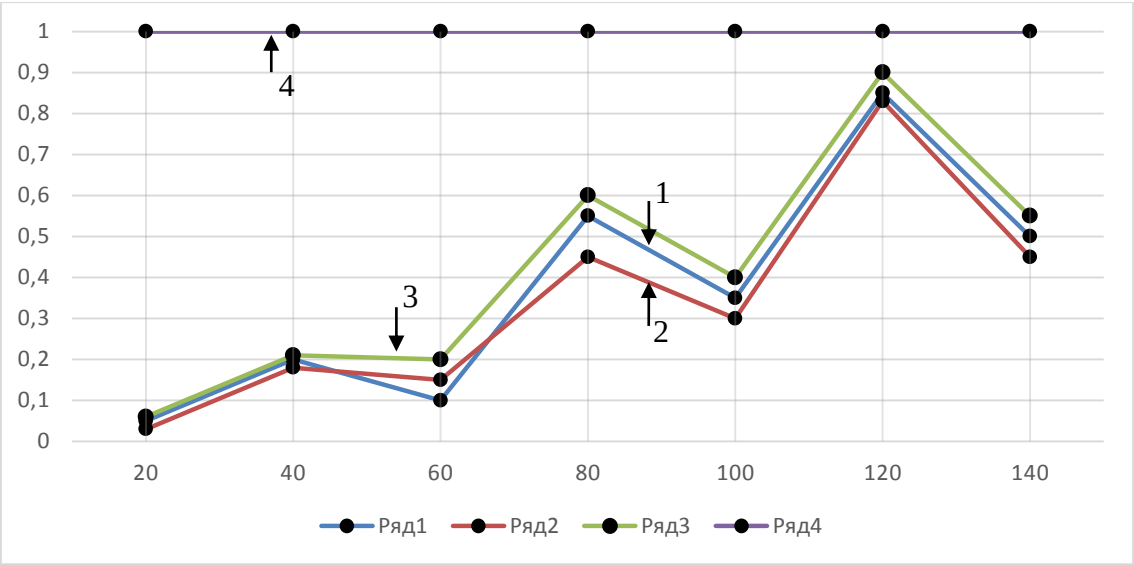


Рисунок 3 – Трехкратная корректировка износа инструмента на основании показаний лазерного триангуляционного датчика

Список использованных источников

1. Квасников В. П. Патент «Метод інтегрованої наскрізної підготовки виробництва та виготовлення деталей штампів», № 48027 від 10.03.2010 Бюл. № 5 / В. П. Квасников, Л. В. Коломиец, Г. М. Клещев и др. – К.: 2010.

2. Клещов Г. М. Адаптивна наскрізна комп'ютерна технологія управління підготовкою виробництва та виготовлення деталей штампів на базі штамп – напівфабрикатів / Г. М. Клещов; під загальною редакцією Л. В. Коломійця. – Одеса: ВМВ, 2010. – 283 с.

3. РФ 603. Техническое описание, инструкция. – Режим доступа: https://riftek.com/media/documents/rf60x/manuals/Laser_Triangulation_Sensors_RF603_Series_rus.pdf

4. Клещев Г. М. Лазерные средства измерения активного контроля инструмента штампов холодной листовой штамповки / Г. М. Клещев, А. Г. Биличенко и др. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – Вип. № 1. – С. 204-208.

Поступила в редакцию 15.05.2015

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

Г. М. Клещов, к.т.н.

ДОСЛІДЖЕННЯ «НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ» ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ШТАМПІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Розглядається нова технологія виробництва деталей штампів із застосуванням лазерних вимірювальних приладів для активного контролю при обробці і ремонті деталей штампів, а також лазерних датчиків для коригування зносу інструменту. Для оперативної компенсації зносу в процесі обробки вперше використовується ПЕОМ з блоком адаптації, який коригує знос і встановлює оптимальні режими різання.

Ключові слова: *лазерні засоби виміру, активний контроль, гнучкий виробничий модуль, знос різального інструменту.*

G. M. Kleschev, PhD

RESEARCH OF «NEW TECHNOLOGY» OF PRODUCTION OF DETAILS OF STAMPS ON BASIS OF THE USE OF LASER MEASURING DEVICES

New technology of details of stamps production with the use of laser measuring devices for active control and overhaul of components of stamps and also laser sensors for adjustment of instrument wear is examined. For operative indemnification of wear in the process of treatment PC with the block of adaptation, which corrects a wear and sets the optimal modes of cutting is first time used.

Keywords: *laser facilities of measuring, active control, flexible productive module, wear of tool piece.*

УДК 004.896:621.865

А. В. Марченко[1], **Ю. А. Гунченко**[2], д.т.н., **А. Е. Козлов**[1], к.т.н.

[1]*Одесский национальный морской университет, г. Одесса*
[2]*Одесский национальный университет им. Мечникова, г. Одесса*

ЛОКАЛИЗАЦИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ФИЛЬТРА ЧАСТИЦ

В статье рассмотрена актуальная научно-практическая задача – определение местоположения (локализация) автономного робота на местности. Проведен анализ метода фильтра частиц на основе фильтра Байеса, для практической реализации предложен алгоритм локализации. Учтены особенности сенсоров-дальномеров, влияние на них шумов, отклонений и отказов. Моделирование алгоритма показало его адекватность и возможность применения в робототехнике.

Ключевые слова: *робот, локализация, фильтр частиц, дальномер, положение, ресэмплинг (resampling).*

Постановка проблемы

Создание автономных роботов, которые могут самостоятельно решать поставленные задачи, является актуальной проблемой робототехники.

Мобильная робототехника – это одна из наиболее динамично развивающихся областей. Создаются алгоритмы, позволяющие осуществить переход от мобильных роботов, дистанционно управляемых оператором, к роботам способных выполнять движение в автоматическом режиме, без постоянного контроля.

Локализация – одна из наиболее фундаментальных задач восприятия в робототехнике, поскольку знание местонахождения объектов и самого действующего субъекта является основой успешной физического взаимодействия. Существуют три разновидности задачи локализации с возрастающей сложностью: отслеживание траектории, глобальная локализация, задача похищения. Во всех случаях предполагается, что робот имеет модель окружающей среды, то есть карту [1].

Целью работы является анализ и синтез алгоритма для глобальной локализации мобильного робота с использованием вероятностного подхода.

Эта задача является актуальной, потому что служит для обучения робота движению и ориентации на местности.

1. Постановка задачи локализации и фильтр Байеса

Задачей локализации является вычисление распределения вероятностей состояния системы в каждый момент времени, основываясь на информации от сенсоров и системы управления робота. В отличие от других известных методов - фильтр Байеса представляет собой наиболее общий механизм, который позволяет рекурсивно вычислять вероятностное распределение на основании наблюдений и управления [2].

Состояние системы оценивается в дискретные моменты времени, которые будем обозначать: t, t+1, t+2, … Для моделирования данной задачи введем следующие случайные переменные:

x_t – вектор описывающий состояние системы в момент времени t, или в нашем случае, местоположение и ориентация робота в пространстве;

z_t – вектор описывающий данные с сенсоров;

u_t – вектор управления, в нашем случае описывающий действия робота, например, вращения колес, или поворот вокруг своей оси.

Процесс движения робота в пространстве может быть промоделирован с помощью случайного процесса, который представлен в графическом виде на рис. 1.

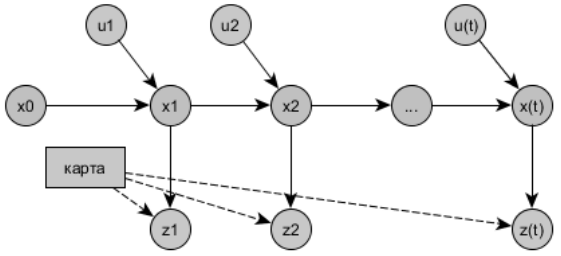


Рисунок 1 – Графический вид представления процесса движения робота в пространстве

Стрелки показывают зависимости между случайными переменными. Как видим, состояние си-

стемы (положение робота) в момент времени t зависит от состояния в предыдущий момент $t-1$ и от действий робота. Само состояние системы x является неизвестным ($x0$, $x1$, $x2 \dots x(t)$), и единственное что мы можем наблюдать это переменные u и z. Информация от сенсоров z, в свою очередь, зависит от положения робота и от окружения, в котором робот находится (которое мы будем называть картой).

Иными словами, будем рассматривать следующие условные распределения вероятностей:

$p(x_t|u_t, x_{t-1})$ – распределение вероятностей, которое описывает, как система эволюционирует во времени – модель движения.

$p(z_t|x_t)$ – распределение вероятностей, которое описывает, как измерения сенсоров соответствуют положению робота – модель измерений.

Тогда задачей локализации является вычисление, в каждый момент времени t, следующего распределения вероятностей:

$$p(x_t|z_{1:t}, u_{1:t}, x_{0:t-1}) = p(x_t|z_t, u_t, x_{t-1}) \qquad (1)$$

В (1) мы сразу сделали важное допущение о том, что положение робота в следующий момент времени зависит только от текущего положения и от текущей информации от сенсоров, но не зависит от предшествующих положений или предшествующих показателей сенсоров. Это допущение – свойство Маркова, и является очень важным для эффективного решения задачи.

Для определения алгоритма решения задачи, обозначим $bel(x_t) = p(x_t|z_{1:t}, u_{1:t})$ распределение вероятностей, которое характеризует знания робота о своем местоположении в момент времени t. Фильтр Байеса позволяет рекурсивно вычислить $bel(x_t)$ на основании $bel(x_{t-1})$, а также данных о перемещении и данных с сенсоров.

В общем виде модель алгоритма фильтрации Байеса выглядит следующим образом:

$$\overline{bel}(x_t) = \int p(x_t|u_t, x_{t-1}) bel(x_{t-1}) dx; \qquad (2)$$

$$bel(x_t) = \gamma p(z_t|x_t) \overline{bel}(x_t). \qquad (3)$$

В приведенной выше модели можно выделить два важных компонента:

Шаг 1: выражение (2) является прогнозированием положения робота после выполнение действия u_t.

Шаг 2: по выражению (3) прогноз уточняется с помощью данных наблюдений.

Изначальное распределение $bel(x_0)$ представляет наше знание об изначальном положении робота. Например, в случае полного отсутствия каких-либо знаний мы можем использовать равномерное распределение по всему пространству состояний.

Фильтр Байеса (2, 3) предоставляет нам общий механизм для рекурсивной оценки положения робота. Модель движения и модель измерений являются исходными данными, и обычно моделируются на этапе создания робота с учетом особенностей движителей и сенсоров. Модель измерения также содержит информацию об окружении робота, например, карту местности или помещения. К сожалению интегрирование в (2) и умножение в (3) в явном виде возможно только для очень простых моделей движения и моделей сенсоров, либо для полностью дискретных сред. Поэтому на практике применяется множество приближенных методов, одним из которых является перспективный метод фильтрации частиц.

2. Метод фильтрации частиц

Основная идея метода фильтрации частиц состоит в представлении апостериорного распределения положения робота $bel(x_t)$, с помощью конечного числа семплов, вместо того чтобы представлять его распределение в параметрическом виде (например экспоненциальной функции в случае нормального распределения) [3]. Такое представление является приближенным, но благодаря непараметрическому виду позволяет представлять намного более сложные распределения.

Обозначим $X = \{x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(N)}\}$ множество из N частиц. Каждая частица представляет конкретную гипотезу о положении робота в данный момент. Также присвоим каждой частице вес $w^{(1)}, w^{(2)}, \dots, w^{(N)}$, который будет обозначать, насколько данная гипотеза о положении робота правдоподобна в данный момент.

Тогда псевдокод алгоритма фильтрации частиц для локализации робота выглядит следующим образом:

particle_filter(X_{t-1}, u_t, z_t):
for n = 1 to N:
$x_t^{(n)} = move(x_{t-1}^{(n)}, u_t)$ // Шаг 1
$w^{(n)} = sensor(x_t^{(n)}, z_t, карта)$ // Шаг 2
end for

$X_t = \varnothing$

for n = 1 to N:

вытянуть $x_t^{(i)}$ с вер. $w^{(i)}$ из X_{t-1} // Шаг 3

$X_t = X_t + x_t^{(i)}$

end for

return X_t

Шаг 1 является шагом прогнозирования. На этом шаге информация о перемещениях робота применяется к каждой из частиц, с помощью функции *move()*. Таким образом, мы используем новую информацию о движении, чтобы обновить гипотезы о положении робота.

Возьмём, например, частицу $x_t = \{10, 10, 90^o\}$, которая описывает гипотезу о том, что координаты робота (10, 10) и он ориентирован строго на восток (0^o это север). Допустим теперь, что мы знаем, что робот проехал вперед 10 метров и повернулся влево на 30^o. Тогда новые координаты частицы, или наша новая гипотеза о положении робота, будет следующая $x_{t+1} = \{20, 10, 60^o\}$.

После этого на **Шаге 2** вес каждой частицы вычисляется на основании того как хорошо согласуются данные от сенсоров, карта и положение частицы. Другими словами, вес частицы, должен быть пропорционален вероятности того что при данной карте, в положении x_t могут быть получены измерения z_t. Тут важно понимать, что измерения z_t получены от реального робота, в том месте, где он действительно расположен в данный момент. Далее мы пытаемся соотнести эти измерения с положением каждой частицы, и на основании этого получаем её вес. Например, допустим после предыдущего шага, частица x_{t+1} оказалась в самом углу комнаты на нашей карте. Также, предполагаем, наш робот оборудован лазерным дальномером, измерения z_t с которого, в данный момент времени определяется, что ближайший объект находится на значительном расстоянии в 10м от робота. Таким образом, для частицы x_{t+1} (которая находится в углу комнаты, а значит близко от стен), данные измерений плохо соотносятся с её положением. Из чего мы можем сделать вывод что данная, частица представляет маловероятную гипотезу о положении робота. Таким образом, вес w_{t+1} этой частицы будет очень маленьким.

Цикл, содержащий **Шаг 3**, называется ресэмплингом (*resampling*) и является очень важным элементом метода фильтрации частиц. На этом шаге частицы фильтруются. Это делается путем выборки с возвратом N частиц из исходного множества, причем вероятность выбора конкретной частицы прямо пропорциональна её весу. После выборки вес частицы уже не имеет значения, и будет пересчитан при следующей итерации алгоритма. Этот шаг позволяет сформировать новое множество частиц, в котором информация о плотности вероятности представлена с помощью плотности частиц, а не их веса. После этого алгоритм готов к следующей итерации.

Метод фильтрации частиц позволяет эффективно представлять непараметрические распределения вероятностей любой сложности, а также использовать произвольные нелинейные модели движения и сенсоров. Это обусловило чрезвычайную популярность этого метода на практике. Тем не менее необходимо учитывать, что этот метод является приближенным и тщательный подбор параметров необходим для обеспечения его устойчивой работы.

Приближённость метода обусловлена следующими причинами:

– конечное число используемых частиц;

– случайность процесса ресэмплинга. В ходе ресэмплинга мы удаляем частицы и тем самым уменьшаем разнообразие гипотез;

– неточность априорного распределения. Так как метод, по сути, не генерирует новые гипотезы (частицы), а лишь обновляет либо удаляет существующие, то первоначальное распределение должно содержать частицы близкие к реальному положению робота. Эта проблема особенно актуальна в случае пространств состояний со многими измерениями и обычно требует увеличения числа используемых частиц.

3. Модель движения

На шаге 1 в предлагаемом алгоритме все частицы перемещаются в соответствии с моделью движения робота. Рассмотрим одну из моделей движения робота на плоскости, которая часто используется на практике. Положение робота описывается двумя координатами (x, y) и углом поворота θ. Допустим мы можем использовать датчики робота для получения информации о его относительном перемещении. Например, в реальном приложении это может быть информация вида:

- Робот повернулся на 15^o
- Робот проехал 15 м
- Робот повернулся на 30^o

Каждое изменение положения робота мы можем описать с помощью трех компонентов: δ_{rot1} – начального поворота, δ_{trans} – линейного переме-

щения и δ_{rot2} – конечного поворота, как приведено на рис. 2.

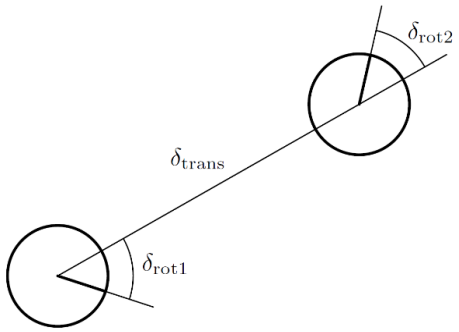


Рисунок 2 – Изменение положение робота

Таким образом, $u_t = < \delta_{rot1}, \delta_{trans}, \delta_{rot2} >$. Тогда алгоритм движения робота можно записать в следующем виде:

move(x_{t-1},u_t)

$$\tilde{\delta}_{rot1} = \delta_{rot1} + N(\alpha_1)$$

$$\tilde{\delta}_{trans} = \delta_{trans} + N(\alpha_2)$$

$$\tilde{\delta}_{rot2} = \delta_{rot2} + N(\alpha_3)$$

$$x' = x + \tilde{\delta}_{trans} \cos(\theta + \tilde{\delta}_{rot1})$$

$$y' = y + \tilde{\delta}_{trans} \sin(\theta + \tilde{\delta}_{rot1})$$

$$\theta' = \theta + \tilde{\delta}_{rot1} + \tilde{\delta}_{rot2}$$

return $x_t = \{x', y', \theta'\}$

Как видим, модель движения использует известные тригонометрические формулы для вычисления конечного положения робота. Однако, важным моментом являются первые три строки, где мы применяем случайный шум ко всем входным параметрам. Это позволяет учесть неточность датчиков и приводов робота. На рис. 3 показано распределение конечного положения робота для различных показателей шума.

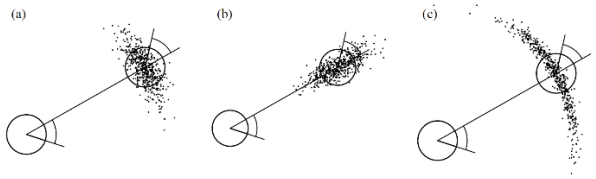


Рисунок 3 – Распределение конечного положения робота с учетом показателей шума

4. Модель сенсора

На шаге 2 алгоритма мы используем модель измерений робота для вычисления веса каждой частицы в данный момент времени. Модель измерений представляет собой функцию, которая на основании данных от сенсоров z_t и положения частицы, вычисляет вес частицы. Для этого модель сенсоров использует информацию о карте и определяет насколько вероятны текущие измерения для каждой частицы x_i.

Вид модели движения и вектора z_t во многом зависит от вида сенсора, используемого роботом. Например, в случае если робот оборудован стереокамерой, z_t может представлять собой пару изображений, а модель сенсоров пытаться распознать объекты на этих изображениях и сопоставить их с реальными объектами на карте. Модель сенсоров проектируется на этапе разработки робота и должна быть тщательно откалибрована и протестирована.

Рассмотрим модель сенсора на примере дальномера – датчика, который определяет расстояние до ближайшего объекта на карте в определенном направлении. Допустим, робот оборудован *K* дальномерами, которые равномерно расположены по окружности. Тогда вектор измерений $z_t = \{z_t^1, z_t^2, \ldots, z_t^K\}$ будет содержать *K* значений.

Вектор z_t получен в результате измерений из текущего положения робота, это положение нам не известно. Для того чтобы вычислить вес частицы, необходимо простимулировать измерения из той точки где находится частица. Это делается с помощью построения луча в каждом направлении и вычислении расстояния до ближайшего объекта на карте. Таким образом, для каждой частицы мы получим вектор $z_t^* = \{z_t^{1*}, z_t^{2*}, \ldots, z_t^{K*}\}$, который содержит ожидаемые измерения для этой частицы. Задача модели сенсоров в данном случае, посчитать вес частицы на основании того, насколько сильно z_t отличается от z_t^*, причем очень важно учесть, что даже самый качественный сенсор не выдает абсолютно точных измерений, т.е. необходимо учесть ошибки измерений.

Для упрощения модели примем также важное допущение о независимости сигналов сенсоров от соседних сенсоров. На практике это не всегда так, например, если один из сенсоров «видит» стену, существует немалая вероятность что соседние сенсоры также её «видят». Тем не менее, это допущение хорошо работает на практике и существенно упрощает вычисления, так как условие независимости позволяет нам рассматривать каждый дальномер отдельно и потом просто перемножить ре-

зультаты.

Рассмотрим три вида ошибок измерений: небольшие отклонения, отказ сенсора, и случайный шум.

Небольшие отклонения в показателях сенсора можно промоделировать с помощью нормального распределения вокруг ожидаемого значения:

$$p_{откл}\left(z_t^k|x_t,m\right)=\begin{cases}N\left(z_t^{k*},\delta_{откл}^2\right), \text{ если } 0\le z_t^k\le z_{max}\\ 0, \quad \text{иначе.}\end{cases}$$

Стандартное отклонение $\delta_{откл}^2$ зависит от типа дальномера. Например, для лазерного дальномера эта величина будет намного меньше чем для ультразвукового. Также каждый дальномер характеризуется максимальным расстоянием измерения z_{max}.

Отказ сенсора может произойти если луч дальномера попадает на поверхность под очень острым углом, либо поверхность вообще не отражает сигнал. В таком случае дальномер обычно возвращает максимальное расстояние. Эта ситуация может быть смоделирована с помощью точечного распределения следующим образом:

$$p_{отк}\left(z_t^k\mid x_t,m\right)=\begin{cases}1, \text{ если } z_t^k=z_{max}\\ 0, \text{ иначе.}\end{cases}$$

Случайный шум может возникать вследствие необъяснимых ошибок в работе дальномера, либо из-за наличия не смоделированных статических или динамических объектов среды. Например, в ультразвуковом дальномере такая ситуация происходит довольно часто из-за многократного «переотражения» сигнала. Данный шум будем моделировать с помощью равномерного распределения по всему пространству возможных сигналов:

$$p_{шум}\left(z_t^k|x_t,m\right)=\begin{cases}\dfrac{1}{z_{max}}, \text{ если } 0\le z_t^k<z_{max}\\ 0, \quad \text{иначе.}\end{cases}$$

В результате модель сенсоров робота можно представить в виде взвешенной суммы этих трех компонентов:

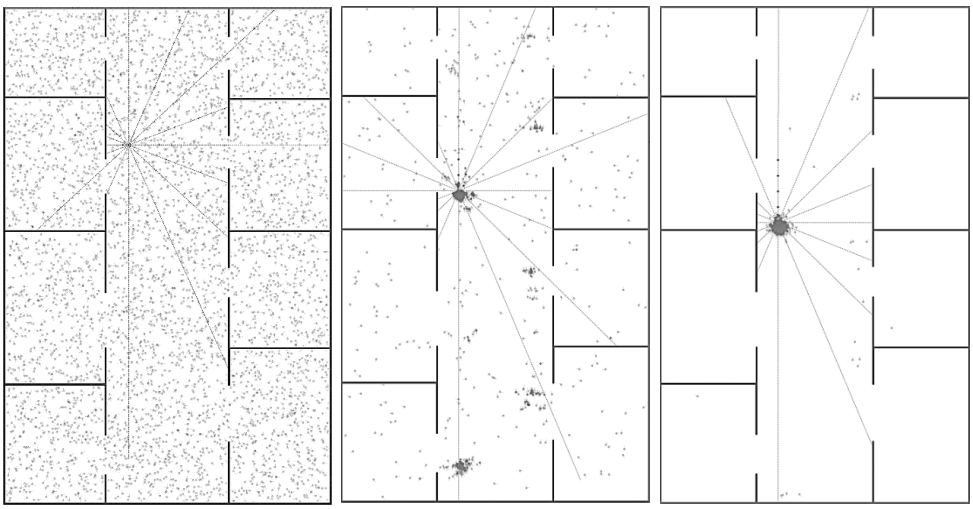
$$p=a_1p_{откл}+a_2p_{отк}+a_2p_{шум}.$$

На практике параметры $\delta_{откл}^2$ и a_1 обычно определяются экспериментально и являются уникальными для каждого сенсора.

5. Результаты моделирования.

Работа предложенного алгоритма продемонстрирована на рис. 4, где показано, как робот определяет свое местонахождение в здании.

На рис. 4,а частицы распределены равномерно согласно распределению априорных вероятностей, показывающему наличие глобальной неопределенности в отношении положения робота. На рис. 4,б показано, как поступает первый ряд результатов измерений и частицы формируют кластеры в областях с высоким распределением апостериорных доверительных состояний. На рис. 4,в показано, что поступило достаточное количество результатов измерений, чтобы все частицы собрались в одном месте.



а) б) в)

Рисунок 4 – Результаты моделирования определения местоположения автономного робота в здании: а) робот генерирует множество предположений о своем местонахождении; б) формируются кластеры с наиболее высокими вероятностями; в) робот определил свое местоположение

Выводы

Полученные в работе результаты моделирования предложенного алгоритма локализации робота подтверждают адекватность модели и предложенного алгоритма, который ее реализует. Для реализации алгоритма на практике не требуется больших вычислительных мощностей, что позволяет его реализовать на стандартных вычислительных системах.

Предложенный алгоритм можно рекомендовать к использованию в автономных роботах.

Список использованных источников

1. Юревич Е. И. Основы роботехники / Е. И. Юревич. – СПб, 2010. – 252 с.

2. Thrun S. Probabilistic robotics / S. Thrun, W. Burgard, D. Fox – Seattle, 2000. – 492 p.

3. Гунченко Ю. О. Локалізація робота на місцевості за допомогою фільтра частинок / Ю. О. Гунченко, А. В. Марченко, Л. В. Солодєєва // Тези доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції "Військова освіта і наука: сьогодення та майбутнє". — Київ, 2014. – С. 30.

4. Интернет портал Википедия // – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Python. – 15.01.2015.

5. Swaroop C.H. A Byte of Python: пер. с англ. / C.H. Swaroop – NY, 2013. – 159 p.

6. Интернет портал Википедия // – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/PyQt. – 19.01.2015.

Поступила в редакцию 16.02.2015

Рецензент: д.т.н., профессор Вычужанин В. В., Одесский национальный морской университет, г. Одесса.

А. В. Марченко, Ю. А. Гунченко, д.т.н., **А. Ю. Козлов,** к.т.н.

ЛОКАЛІЗАЦІЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ФІЛЬТРУ ЧАСТИНОК

У статті розглянута актуальна науково-практична задача – визначення місця розташування (локалізація) автономного робота на місцевості. Проведено аналіз методу фільтра частинок на основі фільтра Байєса, для практичної реалізації запропоновано алгоритм локалізації. Враховані особливості сенсорів-далекомірів, вплив на них шумів, відхилень і відмов. Моделювання алгоритму показало його адекватність і можливість застосування в робототехніці.

Ключові слова: *робот, локалізація, фільтр частинок, далекомір, положення, ресемплінг (resampling).*

A. V. Marchenko, **Y. A. Gunchenko**, DSc, **A. E. Kozlov,** PhD

LOCALIZATION OF AN AUTONOMOUS ROBOT USING THE METHOD OF PARTICLE FILTER

The article discusses current scientific and practical problem – location (localization) autonomous robot on the ground. The analysis method of particle filter based on Bayesian for the practical implementation of an algorithm for localization. Takes into account features of sensors, range finders, the impact on them of noise, deviations and failures. Modeling algorithm has shown its value and could be used in robotics.

Keywords: *robot, localization, particle filter, range finder, a position resampling.*

УДК 621.396

Ю. А. Максименко

Військова академія, м. Одеса

РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ СКЛАДНОЮ СИСТЕМОЮ РАДІОУПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

В даній статті проведено реалізацію оптимальних змішаних стратегій складної системи радіоуправління технічними засобами методом статистичних випробувань. Запропонована блок-схема алгоритму, що моделює процес формування реалізації оптимальної змішаної стратегії, яка потрібна для подальших робіт з розробки пристроїв управління технічними засобами, які будуть більш пристосованими до експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

Ключові слова: *технічні засоби, система радіоуправління, змішані стратегії.*

Вступ. Значне збільшення кількості традиційних радіозасобів в останній час, та поява нових радіосервісів різного роду (радіо, сотових, транкінгових і т.д.), привело до різкого погіршення електромагнітної обстановки, особливо в КХ та УКХ діапазонах. Ефективність управління технічними засобами багато в чому визначається повнотою і достовірністю інформації про рівень шумів і перешкод у точці прийому та передачі.

Разом з цим, специфіка радіоуправління технічними засобами обумовлює необхідність внесення в відомий науково-методичний апарат деяких змін і доповнень, що враховують сучасні умови в ефірі. Це може стосуватися переліку вихідних даних взаємодіючих радіоелектронних засобів, моделей поширення радіосигналів, критеріїв забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС), а також особливостей врахування методів зменшення впливу перешкод.

Ефективність керування багато в чому залежить від вибору й функціонування складної системи радіоуправління технічними засобами в умовах протидії.

На новому рівні формування обліку технічних засобів і технологій повстає проблема реальності статистичних гарантій забезпечення безперервного керування по радіо.

Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Одним із завдань наукової роботи в Збройних Силах України (ЗСУ) на сучасному етапі є розв'язання актуальних проблем науково-технічного супроводження заходів Державної цільової оборонної програми розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) ЗСУ на 2012-2017 роки щодо розроблення, модернізації, закупівлі ОВТ; обґрунтування перспективних шляхів розвитку ОВТ, формування оперативно-стратегічних та оперативно-тактичних вимог до пріоритетних систем (зразків) ОВТ ЗСУ.

Аналіз досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Із часом кількість електронних засобів неухильно росте й до них висуваються усе більш жорсткі вимоги з електромагнітної сумісності. Саме тому ведеться розробка нових методів і засобів боротьби з перешкодами. Надійність і безперебійність управління технічними засобами в Збройних Силах України у цей час у значній мірі визначається здатністю забезпечувати їхню роботу з урахуванням електромагнітної сумісності [1, 2].

Кількість і якість параметрів ЕМС технічних засобів визначається шляхом перевірок на спрацювання виробу, вимірів параметрів і випробувань на ЕМС. В останні роки вводяться в дію нові вітчизняні стандарти й методи випробувань, що регламентують обсяг сучасних вимог до технічних засобів по забезпеченню електромагнітної сумісності.

Питання вибору показників, придатних для використання критеріїв ефективності роботи систем, розглянуті в роботах ряду авторів [3, 4]. Зі збільшенням радіоперешкод збільшуються вимоги до систем по управлінню технічними засобами. Технічні засоби повинні бути здатними виконувати покладені на них завдання з урахуванням сучасної електромагнітної сумісності, що потребує подальших досліджень.

Окреслення невирішеної часткової задачі загальної проблеми (мета статті). Під ефективністю складної системи прийнято розуміти здатність системи виконувати покладені на неї завдання. Система радіоуправління технічними засобами має специфічне призначення, принципи дії й умови застосування, що обумовлює особливості кількісної оцінки її ефективності. Найважливіші вимоги, яким повинен відповідати критерій ефективності будь-якої складної системи полягають в наступному:

– відбиття основного призначення системи й відповідність критерію меті проведеного дослідження;

– критичність до параметрів, що характеризують призначення системи;

– наочність і простота визначення.

При цьому специфічний прямий показник характеризує ефект, отриманий при досягненні мети функціонування, а прагматичний прямий показник визначає ступінь досягнення мети (середнє число виконаних завдань, ймовірність досягнення мети).

Мета статті – провести аналіз впливу перешкод на якість радіоуправління технічними засобами та реалізувати оптимальні змішані стратегії складної системи радіоуправління технічними засобами.

Викладення основного матеріалу. Реалізації оптимальних змішаних стратегій по радіоуправлінню технічними засобами Ξ^* і H^* можуть бути отримані на ЕОМ методом статистичних випробувань

Для того, щоб з сукупності стратегій

$$\{X_1, X_2, \dots X_i \dots X_m\} \qquad (1)$$

вибрати стратегію X_i, досить вказати номер стратегії i $(i = \overline{1,m})$. Тоді завдання формування реалізації оптимальної змішаної стратегії Ξ^* може бути зведене до завдання формування реалізації дискретної цілої випадкової величини φ, що ухвалює кінцеве число можливих значень

$$1,2, \dots, i, \dots, m$$

з ймовірностями

$$\xi_1^*, \xi_2^*, \dots \xi_i^*, \dots \xi_m^*.$$

Вихідними даними для моделювання є числа

$$\{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_m\},$$

які обчислюються по формулі

$$l_i = \sum_{r=1}^{i} \xi_r^* \qquad (2)$$

де $i = \overline{1,m}$, і $l_m = 1$ при $i = m$.

Крім того, застосовуються випадкові числа x_φ, які є можливими значеннями рівномірно розподіленої в інтервалі (0,1) випадкової величини φ. Процес радіоуправління технічними засобами (подія), що полягає в прийнятті випадковою величиною φ значення i визначимо як подію, що полягає у влученні обраного значення x_φ в інтервал $l_{i-1} < x_\varphi \le l_i$. Ймовірність влучення числа x_φ у зазначений інтервал є ξ_i^*, тому що

$$l_i - l_{i-1} = \xi_i^*.$$

Послідовне порівняння випадкового числа x_φ з числами l_i є змістом процесу моделювання випробувань, названого визначенням результату випробувань по жеребу відповідності з ймовірностями

$$\xi_1^*, \xi_2^*, \dots \xi_i^*, \dots \xi_m^*.$$

Переходячи від реалізації випадкової величини φ до реалізації оптимальної змішаної стратегії Ξ^* по радіоуправлінню технічними засобами слід врахувати, що загальний час застосування стратегії X_i в реалізації не повинне перевищувати T тобто

$$\sum T_i^x < T.$$

Для побудови алгоритму, що моделює процес формування реалізації $\Xi x_\varphi{}^*$, введемо наступні оператори:

Φ_1 – датчик випадкових чисел x_φ;

F_2 – введення $i = 1$;

P_3 – перевірка умови $x_\varphi \le l_i$;

F_4 – збільшення i на I ;

F_5 – фіксація i ;

F_6 – видача T_i^x ;

A_7 – підсумовування T_i^x ;

P_8 – перевірка умови $\Sigma T_i^x < T$;

F_9 – видача чергового x_φ;

$Я_{10}$ – видача результатів однієї реалізації Ξ^*.

Операторна схема алгоритму має вигляд:

$$^{9}\Phi_1{}^{1,4}F_2P_3^{\uparrow}F_4^2\ {}^{3}F_5F_6A_7P_8^{\downarrow}{}_{10}F_9^1\ {}^{8}Я_{10}.$$

Операторна схема й блок-схема алгоритму (рис. 1), що моделює процес формування реалізації оптимальної змішаної стратегії Ξ^*, мають аналогічний вигляд за умови заміни в блок-схемі алгоритму індексу i на j.

Реалізація Ξ^* являє собою послідовність із N цілих чисел, що є номерами i чистих стратегій 1-го гравця, що й ухвалює значення від 1 до m. З кожним числом i зв'язана стратегія x_i. і час її застосування T_i^x. Тому число N залежить від стратегій, що ввійшли в реалізацію, часів їх застосування й часу T. В ігровій моделі конфліктуючі системи S_1 і S_2 представляються двома гравцями із протилежними інтересами. 1-й гравець за допомогою радіозасобу управляє технічними засобами, 2-й гравець працює на цій же частоті й створює перешкоди.

Процес формування реалізації Ξ^*, може здійснюватися як безпосередньо під час гри в

реальному масштабі часу, так і до початку гри. У першому випадку для формування реалізації передбачається використання в грі ЕОМ. У другому випадку сформовану до початку гри за допомогою ЕОМ реалізацію Ξ^* можна розглядати як задану на гру програму вибору стратегій у реальному масштабі часу. У цьому випадку немає необхідності використовувати ЕОМ безпосередньо в грі, і ЕОМ вивільняється для розв'язання інших завдань. Аналогічні міркування можна провести для реалізації оптимальної змішаної стратегії H^*.

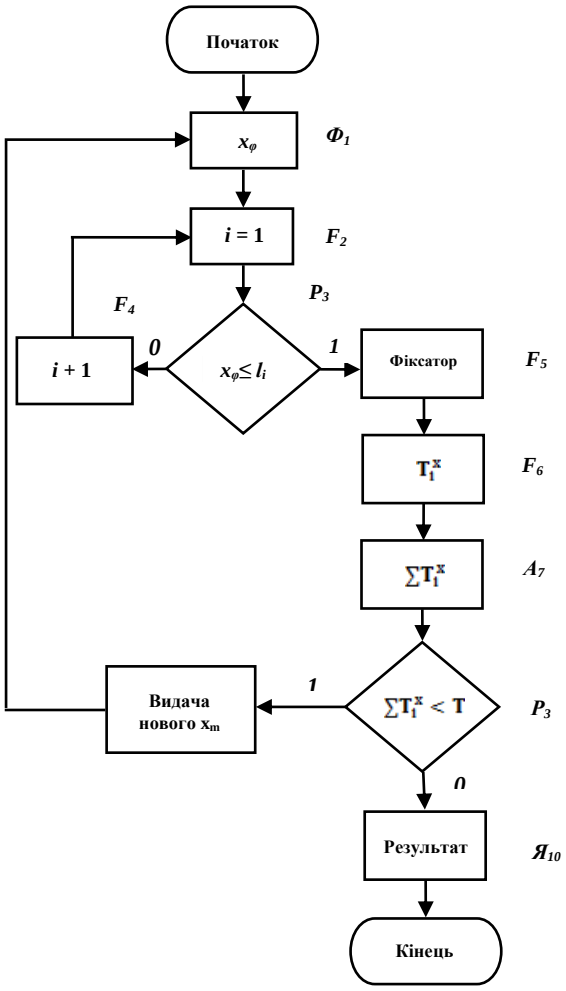


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму моделювання оптимальної змішаної стратегії

Реалізація Ξ^* може бути записана у вигляді функції $i(t)$, де під $i(t)$ розуміється застосовувана в момент t стратегія 1-го гравця з номером i. Для того, щоб описати відповідно до даної реалізації поведінку 1-го гравця, введемо наступні позначення:

l – номер ходу 1-го гравця в грі,

i_l – номер застосовуваної 1-м гравцем чистої стратегії при l - тому ході,

t_l – час від початку гри до моменту виконання l - того ходу, причому для 1-го ходу приймемо $t_1 = 0$.

Використовуючи одиничні функції типу $1(x)$, для яких

$$1(x) = \begin{cases} 1 \text{ при } x \ge 0, \\ 0 \text{ при } x < 0. \end{cases}$$

можна записати функцію $i(t)$ у наступному вигляді

$$i(t) = \sum_{l=1}^{N+1} i_l \cdot 1(t - t_l) \cdot 1(t_{l+1} - t), \qquad (3)$$

де $t_{l+1} = t_l + T_{i_l}^x$.

Таким чином, при заданій реалізації Ξ^* функція $i(t)$ для 1-го гравця є правилом виконання ходів протягом гри, записаним в аналітичному виді. Помітимо, що $i(t)$ не залежить від поведінки 2-го гравця й виконуваних їм ходів. За аналогією реалізація H^* представляється у вигляді функції $j(t)$ яка визначає правило виконання ходів 2-м гравцем.

При переході до функціонування складної системи S_1 шуканий оператор керування записується у вигляді

$$G_{\text{упр}} = i(t). \qquad (4)$$

Функціонування системи S_1 здійснюється в такий спосіб. У момент початку функціонування t_1 включається захист x_{i_1}. Через час $T_{i_1}^x$ у момент t_2 керуючий вплив включає захист x_{i_2} на час $T_{i_2}^x$ і т.д.

Керування захистами здійснюється в умовах протидії функціонуванню системи радіоуправління технічними засобами S_1 незалежно від поведінки антисистеми S_2. Керування захистами за законом $i(t)$ забезпечує функціонування системи S_1 з ефективністю в середньому не нижче M. Антисистема S_2 повинна управляти перешкодами за законом $j(t)$, щоб ефективність системи S_1 у середньому не перевищувала M.

Таким чином, керування засобами захисту при відсутності інформації про застосовувані у цей момент перешкоди припускає наявність наступних етапів:

- обчислення ймовірності застосування захисту без урахування часу його однократного використання;
- обчислення ймовірності застосування захисту з урахуванням часу його однократного використання;
- формування реалізації $i(t)$;
- конкретне керування захистами відповідно до керуючого впливу $i(t)$.

Перші три етапи є підготовчими й можуть бути реалізовані до початку функціонування системи S_1. Четвертий етап реалізується в процесі

функціонування системи S_1. При керуванні системою відповідно до програми i(t), ефективність системи в середньому не нижче *M*.

Оптимальна змішана стратегія Ξ^*, яка реалізується, отримана з P^* з урахуванням термінів однократного застосування захистів.

Відхилення системи S_1 від Ξ^* може тільки знизити ефективність її функціонування. Зміна термінів застосування хоча б одного із захистів вимагає зміни ймовірностей застосування всіх вхідних захистів в Ξ^*. При цьому ефективність функціонування системи S_1 зберігається на рівні не нижче *M*, а якщо ні, то ефективність системи S_1 може тільки понизитися. При переході від P^* до Ξ^* склад активних захистів зберігається, змінюються тільки ймовірності їх застосування. Стратегія Ξ^* не залежить від поведінки антисистеми S_2. Зміна ймовірностей застосування перешкод і часів їх застосування в порівнянні з H^* може тільки підвищити ефективність системи S_1.

Наявність в системі S_1 інформації про терміни однократного застосування перешкод не приводить до підвищення ефективності системи S_1 у порівнянні з випадком відсутності інформації про ці терміни, а дозволяє лише висунути вимоги до часів розпізнавання цих перешкод. Умова наявності інформації про часи однократного застосування перешкод не є істотною і не впливає на систему керування захистами, у цьому випадку ця інформація є надлишковою.

У наведеному вище випадку приймемо поведінку 2-го гравця "нерозумним", що відповідає випадку гри 1-го гравця з "природою" (перешкодами на частотах, на яких працює 1-й гравець). У розглянутій грі дані множин чистих стратегій 1-го гравця й "природи"

$$x = \{x_1, x_2, \dots x_i, \dots x_m\} \text{ і } y = \{y_1, y_2, \dots y_j, \dots y_n\}.$$

Множини часу однократного застосування зазначених стратегій

$$T^x = \{T_1^x, T_2^x, \dots T_i^x, \dots, T_m^x\} \text{ і}$$
$$T^y = \{T_1^y, T_2^y, \dots T_j^y, \dots, T_n^y\}.$$

"Природа" не аналізує поведінку 1-го гравця. Ця умова означає, що $t_i^x = \infty$ для кожного $i = \overline{1,m}$. 1-й гравець не встигає визначити застосовувану природою стратегію й $t_j^y > T_j^y$ для кожного $j = \overline{1,n}$

За результатами аналізу статистичних випробувань поведінки природи 1-му гравцеві відома стратегія природи *H*, записана у вигляді множини

$$H = \{\eta_1, \eta_2, \dots \eta_j, \dots, \eta_n\}, \quad (5)$$

де η_j – ймовірність застосування стратегії y_j – з урахуванням часу її однократного застосування.

Слід знайти оптимальну стратегію 1-го гравця, що забезпечує йому одержання максимального середнього виграшу *M* за час гри *T*.

За даних умов вибір оптимальної стратегії необхідно робити, використовуючи методи теорії статистичного розв'язання. У відповідності із зазначеною теорією для кожної стратегії x_i 1-го гравця обчислюється середній виграш $\overline{a_i}$ по формулі

$$\overline{a_i} = \sum_{j=1}^{n} q_j \cdot a_{ij},$$

де q_j – ймовірність застосування "природою" стратегії y_j без урахування часу T_j^y.

Оптимальною стратегією $x^* = x_i$ виявиться та, при якій величина $\overline{a_i}$ обертається в максимум. При цьому максимальний середній виграш M_{max} дорівнює.

$$M_{max} = max_i \overline{a_i} = max_i \sum_{j=1}^{n} q_j \, a_{ij}. \quad (6)$$

В розглянутій задачі задані ймовірності η_j $(j = 1, n)$, а вхідні ймовірності q_j у виразі (6) невідомі.

Тому дане завдання є зворотним завданню визначення невідомої ймовірності η_j по відомій q_j.

Значення q_j знайдемо по відомим η_j і T_j^y. Із загального числа змін стратегій N^y стратегія y_j використовується $(\eta_j \cdot N^y)$ раз протягом часу $(\eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y)$. Тоді

$$q_j = \frac{\eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y}{T} = \frac{\eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y}{\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot N^y \cdot T_j^y} = \eta_j \frac{T_j^y}{\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y}. \quad (7)$$

Перетворимо вираз до виду

$$q_j = \frac{\eta_j}{k_j^y}. \quad (8)$$

Порівнюючи (7) і (8) одержимо вираз для K_j^y

$$K_j^y = \frac{\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y}{T_j^y}, \quad (9)$$

при цьому

$$\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y = \Delta T_{\text{экв}}^y. \quad (10)$$

Помітимо, що при відомій множині

$$H = \{\eta_1, \eta_2, \dots \eta_j, \dots, \eta_n\}$$

для обчислення $\Delta T_{\text{экв}}^{y}$ використовується вираз (10) і при відомих

$$Q = \{q_1, q_2, \dots q_j, \dots, q_n\}.$$

Формула (7) дозволяє обчислити ймовірності q_j, не враховуючи часи однократного застосування стратегій, по ймовірностях η_j, які ці часи враховують.

Підставляючи у формулу (6) вираз для q_j, одержуємо

$$M_{max} = max_i \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \cdot \left(\frac{\eta_j \cdot T_j^y}{\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y} \right) = = max_i \frac{\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y \cdot a_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y}. \quad (11)$$

З аналізу виразу (11) випливає, що знаходження визначення x^* можна спростити. Оскільки $\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y$ не залежить від i, де при відшуканні x^* слід визначити таке i, при якому забезпечується

$$max_i \sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y \; a_{ij}. \quad (12)$$

Таким чином, оптимальною стратегією 1-го гравця є чиста стратегія $x^* = x_i$ що забезпечує йому середній виграш M_{max}, причому, при визначенні x^* використовується вираз (12), а при визначенні одержуваного при цьому виграшу використовується вираз (11).

Якщо системі S_1 протидіє "природа" з відомими перешкодами, часом їх однократного застосування і ймовірностями застосування цих перешкод, то система S_1 повинна використовувати захист x^*, при цьому ефективність функціонування такої системи в середньому M_{max}. Якщо ймовірності застосування перешкод "природою" не відомі, то слід використовувати оптимальну змішану стратегію Ξ^*, при цьому ефективність функціонування системи S_1 у середньому буде не нижче *M*.

В процесі визначення оптимальної стратегії 1-го гравця отримані формули переходу від ймовірностей η_j до ймовірностей q_j. Узагальнюючи результати, розглянемо формули переходу від ймовірностей P_i, q_j до ймовірностей ξ_i, η_j і назад:

$$\xi_i = \frac{P_i}{T_i^x} \cdot \left(\sum_{i=1}^{m} \frac{P_i}{T_i^x} \right)^{-1};$$

$$\eta_j = \frac{q_j}{T_j^y} \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} \frac{q_j}{T_j^y} \right)^{-1}; \quad (13)$$

$$P_i = \frac{\xi_i \cdot T_i^x}{\sum_{i=1}^{m} \xi_i \cdot T_i^x}; \;\; q_j = \frac{\eta_j \cdot T_j^y}{\sum_{j=1}^{n} \eta_j \cdot T_j^y}. \quad (14)$$

Висновки.

1. Задача розробки і впровадження нових методів і технічних рішень, які дозволять забезпечити управління по радіо технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності, є однією з актуальних на сучасному етапі розбудови ЗС України. Можливість визначення рівня шумів і перешкод, які зустрічаються в радіоефірі, дозволяє ставити завдання побудови моделі технічної системи, яка буде оптимальною при експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

2. Запропонований алгоритм моделювання дозволяє реалізовувати оптимальні змішані стратегії складної системи радіоуправління технічними засобами з урахуванням ЕМС і може бути використаний в подальших дослідженнях з розробки пристрою для управління технічним засобом, який буде більш пристосований до експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

3. Важливим напрямком подальших досліджень роботи систем по управлінню технічними засобами є здатність виконувати покладені на них завдання з урахуванням сучасної електромагнітної сумісності.

Список використаних джерел

1. Максименко Ю. А. Вихідні дані методик для визначення структури системи радіоуправління технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності / Ю. А. Максименко // Сборник научных трудов SWORLD. – Одеса, 2014. – № 4(37). – С. 49-52.

2. Тихонов В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов.– М.: Радио и связь, 1983. – 234 с.

3. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем: Изд-во «Наука»/ Н. П. Бусленко, 1968. – 356 с.

4. Гуткин Л. С. Проектирование радиосистем и радиоустройств / Л. С. Гуткин. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.

Надійшла до редакції 05.05.15

Рецензент: д.т.н., проф., провідний науковий співробітник Скачков В.В., Військова академія, м. Одеса.

Ю. А. Максименко

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СМЕШАННЫХ СТРАТЕГИЙ СЛОЖНОЙ СИСТЕМОЙ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

В данной статье проведена реализация оптимальных смешанных стратегий сложной системы радиоуправления техническими средствами методом статистических испытаний. Предложена блок-схема алгоритма моделирования процесса формирования реализации оптимальной смешанной стратегии, которая необходима для дальнейшей разработки устройств управления техническими средствами, более приспособленными к эксплуатации с учетом электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: *технические средства, система радиоуправления, смешанные стратегии.*

Y. A. Maksymenko

IMPLEMENTATION OF OPTIMAL MIXED STRATEGIES COMPLEX SYSTEM RADIO TECHNICAL MEANS

In this article the realization of optimal mixed strategies of a complex system of radio technical means by statistical tests is performed. Block diagram of an algorithm that simulates the implement of optimal mixed strategy for continued work on the development of devices for the management of technical equipment that will be more suitable for operation considering EMC is proposed.

Keywords: *technical means, radio control system, mixed strategies.*

УДК 632.564

В. І. Мілованов, д.т.н., **В. М. Ярошенко,** к.т.н., **А. А. Ябс**

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

Розглянуто можливості визначення ефективних режимів експлуатації газотурбінних установок. Розглянуто та проаналізовано метод утилізації тепла відпрацьованих газів, як один з основних раціональних напрямків підвищення енергоефективності всієї енергоустановки в цілому, шляхом охолодження циклового повітря на вході в компресор, а також охолодження перекачувального газу тепловикористовуючими холодильними машинами. У статті пропонується інтегральний критерій оцінки ефективності роботи систем компримування компресорних станцій і методика визначення оптимальних режимів роботи газоперекачувальних агрегатів з метою зниження енерговитрат завдяки використанню енергохолодильних установок на низькокиплячих робочих тілах, що працюють на основі використання теплоти відпрацьованих газів газотурбінних установок, в конкретних кліматичних умовах експлуатації.

Ключові слова: *компресорна станція, газотурбінна установка, відпрацьовані гази, теплоутилізаційна енергоустановка, теплоутилізаційна холодильна установка.*

Вступ

Газотранспортна система України є другою в Європі і однією з найбільших у світі. Газотранспортна система «Укртрансгазу» складається з магістральних газопроводів протяжністю 37,6 тис. км в однонитковому обчисленні, 72 компресорної станції (КС) загальною потужністю 5405 МВт. Пропускна спроможність на кордоні Російської Федерації з Україною становить 288 млрд. м³ на рік, на кордоні України з Польщею, Румунією, Білоруссю, Молдовою – 178,5 млрд. м³ на рік, у тому числі з країнами ЄС – 142,5 млрд. м³ на рік [1].

У 2012 році через українські газопроводи до Європи було транспортовано близько 81 млрд. м³ російського газу. В склад вище зазначених компресорних станцій входить 122 компресорних цехи з газотурбінним і парогазовим енергетичним

устаткуванням. Ці установки мають особливі конструкції основного і допоміжного обладнання, режими роботи і управління. Основні тенденції із забезпечення якісної безперебійної і ефективної роботи компресорних станцій полягають у: підвищенні економічності і надійності обладнання; забезпеченні високого рівня автоматизації; створенні устаткування на базі уніфікованих модулів, що забезпечить зниження трудомісткості виробництва і потреби в запасних частинах у процесі експлуатації обладнання, а також підвищення рівня його ремонтопридатності.

Газоперекачувальні станції магістральних газопроводів України використовують для приводу нагнітачів природного газу газотурбінні установки (ГТУ). Температура вихлопних газів даних установок коливається від 400 ºС до 570 ºС. Незначна частина цієї теплоти використовується для обігріву елементів газоперекачувального агрегату і в противообмерзаючій системі, інша частина на потреби компресорної станції, решта значна частина викидається в атмосферу.

Існують різні способи утилізації теплоти вихлопних газів газотурбінних двигунів (ГТД) для вироблення електроенергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо результатів розробок енергетичних та холодильних циклів, застосування яких дозволить вирішити задачу зниження енерговитрат на перекачування природного газу та підвищення енергоефективності всього циклу в цілому, ґрунтується на застосуванні холодильних установок, що функціонують на високій та низько потенційній скидній теплоті газотурбінних установок. Для аналізу ефективності роботи газотурбінних установок використовують різноманітні методи, що відрізняються як за своєю суттю, так і за метою, яку необхідно досягти в результаті їх застосування. Серед таких методів, що набули поширення в останні роки, необхідно відзначити ексергетичний.

Розглянемо більш детально застосування тепловикористовуючих холодильних машин з подальшим використанням холоду в технологічних процесах компресорних станцій (КС) газотранспортної системи.

Треба зазначити, що з безлічі проблем, які стоять перед нафтогазовою промисловістю, основною залишається зменшення витрат газу на власні потреби та посилення уваги до питань економії природного газу в цілому. Насамперед, це досягається на основі підвищення загальної енергетичної ефективності газотурбінної установки, так як витрати паливного газу складають 80-90% від суми експлуатаційних витрат на обслуговування газоперекачувального агрегату (ГПА).

В силу ряду переваг газотурбінні установки є основним силовим приводом компресорних станцій [2]. Однак одним з істотних недоліків є їх невисокий ККД. Одним з шляхів підвищення їх загального ККД є утилізація теплоти відпрацьованих газів. Тому використання теплоти відпрацьованих газів газотурбінної установки цілком реальна і економічно вигідна задача.

Розглянемо утилізацію тепла відпрацьованих газів, температура яких коливається від 280-550 ºС, як один з основних раціональних напрямків підвищення енергоефективності всієї енергоустановки в цілому. Відомо, що завдяки утилізації тепла відпрацьованих газів можна отримувати електроенергію, тепло, та холод.

Потенціал теплових потоків газотурбінної установки можна ефективно використати в тепловикористовуючих холодильних установках, з послідуючим використанням холоду в технологічних процесах компресорних станцій газотранспортної системи.

По перше можна знизити температуру перекачувального газу і тим самим підвищити пропускну спроможність газотранспортної системи (ГТС) в цілому.

Через дефіцит водних ресурсів на компресорній станції охолодження природного газу, яке стискається компресорами, здійснюється навколишнім повітрям, висока температура якого в літній сезон приводить до значного підвищення температури перекачувального газу і як наслідок до значного скорочення пропускної спроможності газопроводів. Відомо, що кожне підвищення температури на градус перекачувального газу, приводить до зниження пропускної спроможності газопроводу порядком на 0,4 %.

По друге можливо істотно знизити температуру атмосферного повітря, яке направляється до входу в компресор газотурбінної установки. Наприклад, при підвищенні температури атмосферного повітря від 15 ˚С до 35 ˚С потужність газотурбінної установки простого циклу знижується до 75% в порівнянні з номінальною, а ефективний ККД зменшується близько 3% [3].

Розглянемо більш детально процес охолодження повітря на вході в компресор, за допомогою теплоутилізаційних холодильних машин. Глибина охолодження повітря (зниження температури повітря) $\Delta t_в = t_{нв} - t_{в2}$ залежить, крім температури зовнішнього повітря $t_{нв}$, ще й від температури повітря $t_{в2}$ охолодженого в теплоутилізаційних холодильних машинах (ТХМ), яка визначається температурою холодоносія t_x (робочого тіла ТХМ), тобто залежить від конкретного типу ТХМ. Так, в абсорбційних бромістолітієвих холодильних машинах (АБХМ) мож-

ливо охолоджувати повітря до $t_{в2}$ = 12…15 ºС (t = 7…10 ºС), абсорбційних водоаміачних (ВАХМ) або ежекторних хладонових (ЕХМ) холодильних машинах – до більш низьких $t_{в2}$ = 7…10 ºС (t_x = 2…5 ºС) і нижче. При експлуатації ГТУ мають місце як сезонні, так і добові зміни кліматичних умов, що обумовлює відповідну епізодичність використання такого напрямку утилізації теплоти відпрацьованих газів.

Слід відзначити, що утилізаційні системи мають бути універсальними для того, щоб в літній період виробляти холод, а в зимовий – теплоту.

Температурний рівень відпрацьованих газів ГТУ на КС не дозволяє ефективно на їх основі здійснювати паросиловий цикл Ренкіна на самому доступному і дешевому робочому тілі – воді. Тому необхідно використовувати інші види теплоутилізуючих енергоустановок для вироблення електроенергії, тепла, холоду за рахунок утилізації вторинних енергетичних потоків ГТУ [4].

Але практично, не всю можливу кількість теплоти відпрацьованих газів можна використовувати. Дійсно, теоретично температура газів в утилізаційних пристроях могла б знижуватись до початкової температури холодного теплоносія. Однак при цьому хвостові поверхні будуть працювати при дуже малому температурному теплоперепаді, що потребує великих капіталовкладень на їх виготовлення. Крім того, при визначені кінцевої температури відхідних газів доводиться враховувати значення точки роси водяної пари у вихідних газах, яка залежить від складу палива, кількості водню і водяної пари. Для природного газу вона знаходиться на рівні 50 °С. Різниця між гарячим і холодним теплоносієм в утилізаційних пристроях зазвичай не буває менше ніж 50 °С, а температура відпрацьованих газів в кращому випадку коливається в межах 100-110 °С. Однак вичерпної методики для визначення температури відхідних газів поки немає (вважається, що температура газів повинна бути не нижче 120°С).

Задача скорочення теплових витрат з відпрацьованими газами ГТУ є важливим фактором підвищення загальної техніко-економічної ефективності КС і зниження собівартості транспортування природного газу [5].

Одним з перспективних варіантів глибокої утилізації теплоти ГТУ є використання абсорбційних холодильних машин, які, незважаючи на ряд недоліків (складність у виготовленні та експлуатації), мають ряд істотних переваг (мінімальне споживання електроенергії, мінімальний рівень шуму, екологічна безпечність, тривалий термін служби, повна автоматизація, пожежо- та вибухобезпечність) [6].

Мета і постановка завдання: розглянути один з альтернативних напрямків утилізації теплоти відпрацьованих газів газотурбінної установки шляхом застосування тепловикористовуючих холодильних машин з подальшим використанням холоду в технологічних процесах компресорних станцій газотранспортної системи.

Основний зміст дослідження.

На рівень ефективності холодильної машини впливає ряд факторів, безпосередньо пов'язаних з експлуатацією. З одного боку, це фактори, обумовлені конструкцією системи (надійність, рівень автоматизації та ін.), з іншого – її на навколишнє середовище. Експлуатаційні показники абсорбційної холодильної машини, які пов'язані з надійністю і рівнем автоматизації є достатньо високими, а рівень негативного впливу на навколишнє середовище є незначним.

В абсорбційній холодильній машині роль компресора виконує система абсорбер-генератор. При цьому процеси, пов'язані з роботою компресора, здійснюються за допомогою розчинів, що складаються з двох або трьох компонентів. У холодильній техніці це, як правило, розчин, що складається з двох (бінарних) компонентів з різними температурами кипіння при однаковому тиску. Один компонент, з більш низькою температурою кипіння, є холодильним агентом, інший – абсорбентом (поглиначем). Розчин, що забезпечує процеси в абсорбційній холодильній машині, носить назву її робочої речовини (тіла). До робочих тіл абсорбційних холодильних машин пред'являються дві основні вимоги: повна взаємна розчинність компонентів та значна відмінність величин нормальних температур кипіння компонентів.

Найбільше застосування в холодильній техніці отримали абсорбційні холодильні машини, що працюють на розчинах вода-аміак (водоаміачних), вода-бромистий літій (бромістолітієві). У водоаміачних холодильних машинах холодильним агентом є аміак, в бромістолітієвих – вода. Розчин при здійсненні циклу в абсорбційній холодильній машині змінює свій стан.

Робочі тіла АБХМ представляють дві групи сумішей: розчин аміаку у воді відноситься до першої групи, у ньому обидва компоненти є летючими; розчин бромистого літію у воді відноситься до другої групи, у ньому абсорбент (бромистий літій) характеризується практично нульовою летючістю. У паровій фазі розчинів першої групи присутні обидва компонента, а в другій – тільки один [7].

На рис. 1 представлена схема абсорбційної

холодильної машини, яка може працювати на бінарних сумішах як першого, так і другого типу.

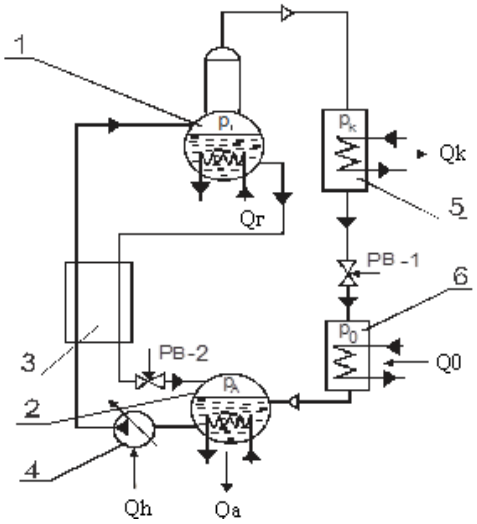


Рисунок 1 – Схема абсорбційної холодильної машини: 1 – генератор; 2 – абсорбер; 3 - теплообмінний апарат; 4 – насос; 5 – конденсатор; 6 – випарник

Розчин з великим вмістом легкокиплячого компонента, що утворюється в абсорбері, надходить в насос при тиску кипіння, де його тиск підвищується до тиску конденсації. За рахунок роботи насоса до розчину підводиться тепло $Q_и$. Концентрація розчину при цьому не змінюється. Через нестисливість рідини ентальпія розчину до і після насоса залишається практично постійною. У рекуперативному теплообміннику розчин підігрівається і зі зміненою концентрацією подається в генератор. У генераторі при підводі тепла Q_h розчин кипить, його концентрація по легкокиплячому компоненті зменшується [8].

Процес дроселювання відбувається при постійній ентальпії і концентрації. Холодильний агент переходить зі стану переохолодженої рідини в стан вологої насиченої пари і надходить далі у випарник, де кипить при підводі тепла Q_0. Концентрація по легкокиплячому компоненту підвищується, і на цьому цикл замикається.

Таким чином, абсорбер виконує роль всмоктувальної сторони компресора, а генератор – нагнітаючої. Рівняння теплового балансу одноступінчастої абсорбційної холодильної машини матиме вигляд:

$$Q_h + Q_0 + N_n = Q_a + Q_k. \qquad (1)$$

Енергетична ефективність роботи абсорбційної холодильної машини оцінюється коефіцієнтом перетворення енергії, який зазвичай називається тепловим коефіцієнтом:

$$\text{COP} = Q_0/Q_h, \qquad (2)$$

Вирішити проблему оптимізації роботи компресорних станцій ГТС можливо лише при умові використання системного підходу, тобто с урахуванням термодинамічної ефективності процесів, відповідних капітальних внесків та інших витрат при реалізації технологічного процесу на КС. Це дозволить скоротити ресурси, необхідні для енергетичної модернізації КС, що в умовах зростання вартості енергетичних ресурсів вкрай важливо [9].

Як відомо загальна техніко-економічна ефективність енерготехнологічної системи та її оптимізація визначається на основі мінімізації приведених витрат, які складаються із капітальних внесків та експлуатаційних витрат.

Оцінка ефективності роботи КС полягає у співставленні використовуваного критерію оптимізації, при дійсних режимах роботи газокомпресорного обладнання, до значення цього критерію при оптимальному режимі експлуатації.

В даний час в якості критеріїв оптимізації систем стиснення КС використовується цілий ряд критеріїв: витрати паливного газу та електричної енергії в натуральному вираженні, сумарна ефективна потужність енергоприводів ГПА, значення політропного коефіцієнта корисної дії ККД процесу стиснення і наведеного ефективного ККД енергоприводів.

Використання кожного з наведених критеріїв при вирішенні задачі визначення оптимальних режимів роботи систем стиснення може призвести до помилкових результатів, що викривляє оцінку ефективності роботи систем компримування КС.

Оцінка ефективності роботи системи стиснення за величиною витрати паливного газу коректна тільки в тому випадку, коли в системі не використовуються агрегати з електроприводом, використання зазначеного критерію оптимізації витрат електроенергії виправдано при включенні в систему тільки електроприводних ГПА.

Використання як критерію оптимізації режимів роботи систем стиснення КС величини сумарних витрат потужності на стиснення газу також може привести до перевитрати енергетичних витрат у грошовому вираженні через істотну розбіжність цін на енергоносії [10].

У ряді випадків в якості критерію оптимізації режимів роботи системи стиснення газу використовується політропний ККД процесу

$\eta_{пол}$, значення якого може бути визначено за співвідношенням [10]

$$\eta_{пол} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \eta_i N_i}{\sum_{i=1}^{i=n} N_i}, \qquad (3)$$

де η_i – політропний ККД процесу стиснення в *i*-му нагнітачі, N_i – внутрішня потужність, що витрачається на стиснення природного газу в і-му ГПА, n — кількість ГПА, які працюють на КС.

Результати оптимізації систем компримування ряду лінійних КС показують, що використання в якості критерію політропного ККД процесу стиснення може привести до істотних витрат енергетичної складової експлуатаційних затрат $\Delta C_{ен}$, що ілюструється на рис. 2. Отже, використання тільки політропного ККД як критерію регулювання не є коректним з точки зору мінімізації енерговитрат у системі компримування компресорної станції.

Такі результати, в першу чергу, характерні для систем компримування КС, які працюють з недовантаженням. У цих умовах режими роботи агрегатів, що характеризуються максимальною енергетичною ефективністю процессу стиснення технологічного газу в нагнітачах, не збігаються з режимами максимальної ефективності роботи ГТУ, і як наслідок – завантаження агрегатів. Зниження ступеня стиснення на КС при недовантажені приводить до порушення характеристик, що визначають оптимальний режим роботи ГТУ, в області більш високих об'ємних витрат технологічного газу. Разом з цим, характеристики оптимального режиму роботи нагнітача залишаються незмінними.

Оптимальний режим роботи ГПА (рис. 2), визначений з використанням в якості критеріїв оптимізації енергетичних витрат у грошовому еквіваленті ($C_{ен}$ => min) і наведеного ККД ГПА ($h_{ГПА} = h_{пол} \times$ Не => max) **1**, оптимальний режим роботи ГПА, визначений з використанням в якості критерію оптимізації – політропного ККД процесу стиснення ($h_{пол}$ =>max) **2**, $\Delta C_{ен}$ – перевитрата енергетичної складової експлуатаційних витрат при некоректному виборі критерію оптимізації, $\eta_{ГПА}$ – ефективний ККД енергоприводів, $\eta_{пол}$ – політропний коефіцієнт корисної дії ККД процесу стиснення, $Q_{вх.і}/Q_{вх.кц}$ – відношення об'ємних витрат технологічного газу в залежності від визначеного оптимального режиму.

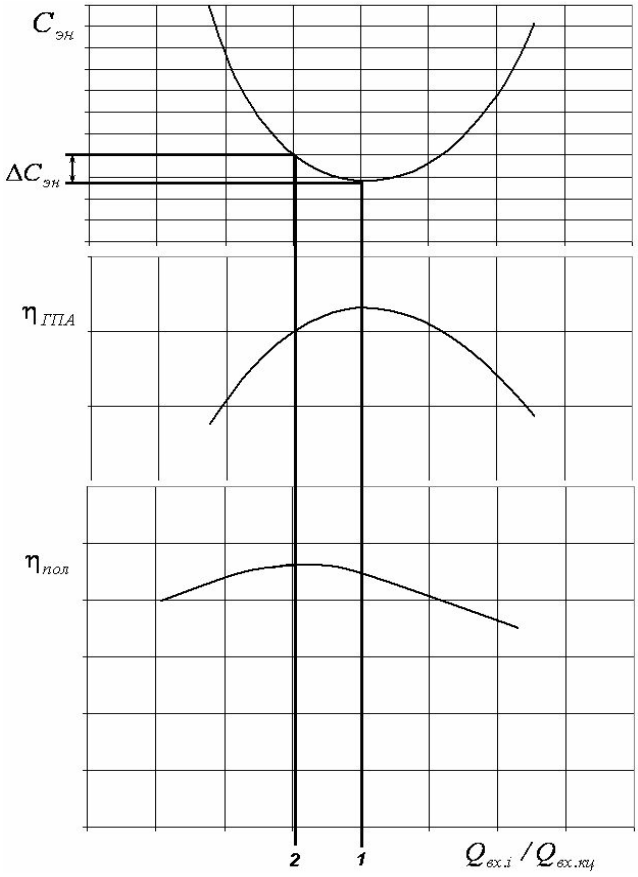


Рисунок 2 – Зіставлення характеристик роботи ГПА при використанні різних критеріїв оптимізації

Аналіз методик визначення системних і локальних показників енергетичної ефективності роботи систем стиснення КС показує, що можна привести всі розглянуті показники до одного інтегрального критерію, який враховуватиме коливання подачі газу по газопроводу, взаємний вплив об'єктів магістральних газопроводів, розподіл навантаження між компресорними станціями технологічних ділянок, енергетичну доцільність вибору систем компримування і розподілу навантаження між ГПА в цих системах, зміна технічного стану енерготехнологічного обладнання КС, використання в системах компримування як паливного газу, так і електричної енергії, рівень і співвідношення цін на енергоносії, режими роботи систем охолодження природного газу на КС і енерговитрати в них.

В якості критерію оцінки енергетичної ефективності роботи систем стиснення газу КС можливо використовувати енергетичні витрати у грошовому еквіваленті при реалізованих режимах експлуатації систем компримування $C_{ен}$ в порівнянні зі значенням енергетичної складової

експлуатаційних витрат при оптимальному режимі їх роботи $C_{\text{ен.опт}}$:

$$\Delta C_{\text{эн}} = C_{\text{эн}} - C_{\text{эн.опт}} \qquad (4)$$

Відповідно до такого критерію, енергетично оптимальним режимом роботи агрегатів є такий режим, при якому енергетична складова експлуатаційних витрат приймає мінімальне значення $C_{\text{ен}} \Rightarrow \min$, а перевитрата енергетичних витрат у грошовому вираженні відсутня $\Delta C_{\text{ен}} \Rightarrow 0$ [11].

Спрощується також розрахунок економії палива, для цього необхідно знати залежність питомої витрати палива b_e (або загальної витрати палива) від температури повітря на вході. Для розрахунку річної економії палива в результаті охолодження повітря на вході ГТУ, наприклад, в ВАХМ або ЕХМ до $t_{\text{в2}} = 10$ºС досить помножити річний термогодинний потенціал охолодження П = 36000 ºС · год на величину зменшення питомої витрати палива Δb_e, що припадає на 1 °С зниження температури повітря на вході ГТУ та на потужність.

Для оцінки капітальних витрат і вибору раціональної ТХМ, що забезпечує досягнення найбільшого економічного ефекту (з урахуванням економії палива і витрат на ТХМ) в певних кліматичних умовах конкретного регіону, необхідно крім типу ТХМ, що визначає глибину охолодження повітря (кінцеву температуру $t_{\text{в2}}$ і відповідний її річний термогодинний потенціал охолодження П), визначити ще й раціональну встановлену холодильну потужність ТХМ (холодопродук-тивність) Q_0, що забезпечує найбільший сумарний (річний) термогодиний потенціал П охолодження повітря при високих темпах його нарощування (темпах зростання П). Інакше при завищеній встановленій холодильній потужності Q_0 буде мати місце невисокий коефіцієнт використання ТХМ (експлуатація великої частини часу не на повну потужність і, отже, як наслідок, завищені капітальні витрати на ТХМ), а при заниженій Q_0, навпаки, – значне недоохолодження повітря на вході ГТУ при підвищені температури $t_{\text{нв}}$ (у періоди пікових теплових навантажень на ТХМ).

Але такий метод аналізу не враховує якісні характеристики енергетичних потоків в комбінованих системах ГПА та утилізації теплоти вихідних газів і тому досить складно визначити критерій оптимізації системи (визначити цільову функцію оптимізації).

Для аналізу складних енерготехнологічних систем в яких існують різні за якістю енергетичні потоки (теплота та холод різного потенціалу, потоки стиснутого газу та повітря і т. і.) найбільш ефективним є так званий термоекономічний метод. В основі цього методу лежить універсальна термодинамічна функція – ексергія, по відношенню до якої враховуються відповідні капітальні витрати та експлуатаційні витрати. Таким чином, термоекономіний метод аналізу та оптимізації поєднує термодинамічний та економічний аналізи.

Відповідно до цього методу будь-яку теплоенергетичну установку або будь-який її вузол можна умовно представити у вигляді "поверхні", яка обмежена деяким контрольним значенням, до якої підводяться і відводяться різні за якістю та кількістю види енергії придатні для технічного використання в чотирьох різних формах – механічної (або електричної) енергії, ексергії теплоти, ексергії потоку та хімічної ексергії (ексергії палива). Через цю ж поверхню відводяться ексергетичні втрати. В окремих випадках деякі потоки можуть бути відсутні.

Ексергетичний баланс будь-якої теплоенергетичної установки базується на рівнянні

$$Ex_1 = Ex_2 + \sum_{i=1}^{i=n} T_{\text{зс}} \Delta S_i \,, \qquad (5)$$

де Ex_1, Ex_2 – ексергія на вході і виході з установки, $\sum_{i=1}^{n} T_{\text{зс}} \Delta S_i$ сума ексергетичних витрат, обумовлених незворотністю процесів в складових елементах установки.

Енергетична ефективність процесів в системі та в окремих апаратах устаткування оцінюється за допомогою ексергетичного коефіцієнта корисної дії, який розраховується як відношення ексергетичних потоків на вході до корисного ексергетичного потоку на виході

$$\eta_{\text{ex}} = \frac{Ex_2}{Ex_1} = \frac{Ex_1 - \sum_{i=1}^{n} T_{\text{зс}} \Delta S_i}{Ex_1} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{\text{зс}} \Delta S_i}{Ex_1} < 1. \qquad (6)$$

Ексергетичний ККД характеризує термодинамічну досконаліть роботи як будь-якого вузла, так і установки в цілому.

Термоекономічний баланс такої установки складається

$$Ex_2 C_2 = Ex_1 C_1 + \sum_{i=1}^{n} \left(K_i + A_i \right), \qquad (7)$$

де Ex_2, Ex_1 кількість ексергії на виході (кінцевий енергетичний ефект) та кількість ексергії на вході відповідно; C_1 та C_2 ціна (собівартість) одиниці ексергіїї на виході та вході відповідно, $\sum_{i=1}^{n}\left(K_i + A_i\right)$ – сума приведених витрат на практичну реалізацію та експлуатацію окремих елементів (вузлів) установки.

Загальна техніко-економічна ефективність установки розраховується з використанням коефіцієнту термоекономічної ефективності. Цей коефіцієнт відображає якість енергетичних перетворювань та кількість супроводжуючих економічних витрат, показуючи відношення ціни одиниці ексергіїї на вході та виході

$$\phi = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\eta_{ex}}{1 + \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(K_i + A_i\right)}{Ex_1 C_1}}. \qquad (8)$$

Коефіцієнт техніко-економічної досконалості змінюється від 0 до 1 та зростає з підвищенням ексергетичного коефіцієнту корисної дії та знижується при збільшенні економічних витрат. Як завжди, підвищення ексергетичного коефіцієнту корисної дії супроводжується підвищенням економічних витрат і тому доцільне рішення відповідає максимальному значенню коефіцієнта техніко-економічного рівню, а не ексергетичного коефіцієнту корисної дії, як це робиться при термодинамічному аналізі [11].

При виборі систем утилізації ГТУ та оптимізації режимів роботи ГПА коефіцієнт техніко-економічної досконалості може розглядатись в якості цільової функції оптимізації, оскільки він враховує в повній мірі експлуатаційні витрати з урахуванням якості енергетичних потоків та відповідних приведених витрат при експлуатації елементів (вузлів) системи.

Висновки

1. Розглянуті та проаналізовані можливості глибокої утилізації теплоти вихідних газів ГТУ з використанням абсорбційних тепловикористовуючих холодильних машин та їх застосування для додаткового охолодження природного газу та повітря на вході в турбокомпресор ГТУ. Визначено, що за допомогою таких установок можна знизити температуру перекачувального газу і тим самим підвищити пропускну спроможність ГТС в цілому.

2. Проведено аналіз існуючих методів оптимізації режимів роботи компресорних станцій з ГТУ та критеріїв оптимізації роботи. Показано, що використання кожного з наведених критеріїв оптимізації при вирішенні задачі визначення оптимальних режимів роботи систем стиснення може призвести до помилкових результатів, що викривляє оцінку ефективності роботи систем.

3. В якості цільової функції оптимізації режимів роботи газоперекачуючих агрегатів з глибокою утилізацією вихідних теплових потоків пропонується коефіцієнт термоекономічної досконалості, який враховує не тільки кількість та якість енергетичних потоків, але й відповідні приведені витрати в грошовому еквіваленті в кожному складовому елементі (вузлі) установки.

Список використаних джерел

1. Білека Б. Д. Комплексне використання утилізаційних енергоустановок на КС для підвищення ефективності ГПА / Б. Д. Білека, Є. П. Васильєв, В. М. Клименко, В. М. Коломоєв, В. І. Ізбаш, Д. А. Костенко, В. А. Кривуца // Нафтова і газова промисловість. – 2001. – № 4(197). – С. 40 – 62.

2. Билека Б. Д. Использование комплексных теплоутилизирующих энергохолодильных установок на низкокипящих рабочих телах для повышения эффективности работы компрессорных станций / Б. Д. Билека, Е. П. Васильев // Авиационно-космическая техника и технология. – 2004. – № 7(15). – С. 8 – 12.

3. Поршаков Б. П. Энергосберегающие технологии при магистральном транспорте газа / Б. П. Поршаков, А. Ф. Калинин, С. М. Купцов, А. С. Лопатин, К. Х. Шотиди. – М.: МПА-Пресс, 2006. – 311 с.

4. Завальный П. Н. О влиянии вида характеристики центробежного нагнетателя природного газа / П. Н. Завальный, Б. С. Ревзин, А. В. Тарасов. – Труды второго международного симпозиума "Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования" (21-23 мая 1996 г.). – С.-Петербург, 1996. – С. 165-167.

5. Осипов М. И. Перспективные направления повышения эффективности ГТУ / М. И. Осипов, В. Д. Моляков, К. А. Олесеевич, Р .З. Тумашев // Газотурбинные технологии. – 2011. – № 3(94). – С. 2-7.

6. Калинин А. Ф. Эффективность и регулирование режимов работы систем трубопроводного транспорта природного газа / А. Ф. Калинин. – М.: МПА-Пресс, 2004. – 168 с.

7. Кошкин Н. Н. Холодильные машины / Н. Н. Кошкин, И. А. Сакун, Е. М. Бамбушек. – Ленинград: Издательство «Машиностроение».

Ленинградское отделение, 1985. – 311 с.

8. Сапожников М. Б. Электрические станции на низкокипящих рабочих телах / М. Б. Сапожников, Н. И. Тимошенко // Теплоэнергетика. – 2005. – № 3 – С. 73 – 77.

9. Манушин Є. А. Теория и проэктирование газотурбинных установок / Є. А. Манушин, В. Е. Михальцев, А. П. Чернобривкин. – М.: Машиностроение, 2000. – С. 400 – 447.

10. Галеркин Ю. Б. К оценке некоторых методов измерения и расчета газодинамических характеристик модельных ступеней и нагнетателей природного газа / Ю. Б. Галеркин // Компрессорная техника и пневматика. – 2001. – № 2. – С. 6-11.

11. Бродянский В. М., Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие / В. М. Бродянский, Г. П. Верхивкер, Я. Я. Карчев. – К.: Наукова думка, 1991. – 361 с.

Надійшла до редакції 06.03.2015

Рецензент: д.т.н., професор, Хмельнюк М. Г., Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

В. И. Милованов, д.т.н., **В. М. Ярошенко,** к.т.н., **А. А. Ябс**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Рассмотрены возможности определения эффективных режимов эксплуатации газотурбинных установок. Рассмотрен и проанализирован метод утилизации тепла отработавших газов, как одно из основных рациональных направлений повышения энергоэффективности всей энергоустановки в целом, путем охлаждения воздуха на входе в компрессор, а также охлаждения перекачиваемого газа теплоиспользующими холодильными машинами. В статье предлагаются интегральный критерий оценки эффективности работы системы компримирования компрессорных станций и методика определения оптимальных режимов работы газоперекачивающих агрегатов с целью снижения энергозатрат, благодаря использованию енергохолодильных установок на низкокипящих рабочих телах, работающих на основе использования тепла отработанных газов газотурбинных установок, в конкретных климатических условиях эксплуатации.

Ключевые слова: *компрессорная станция, газотурбинная установка, отработанные газы, теплоутилизационная энергоустановка, теплоутилизационная холодильная установка.*

V. I. Milovanov, DSc, **V. M. Yarochenko,** PhD, **A. A. Yabs**

TECHNOLOGY UTILIZATION OF HEAT EXHAUST GASES GAS TURBINE COMPRESSOR STATION AS ONE METHOD OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF COMPRESSOR STATIONS

The possibilities of determining effective modes of gas turbines operation are considered. The method of recovering the heat of exhaust gases by cyclic cooling air inlet to the compressor and cooling heat-pumped gas refrigeration machines is considered and analyzed as the one of the efficient ways to increase energy efficiency throughout the power plant as a whole. In the article the integral criterion for evaluating the effectiveness of compression system compressor stations and the method of determining the optimal operating conditions of gas compressor units in order to reduce energy consumption through the use of refrigeration plants with low-boiling working bodies, working on the use of exhaust heat of gas-turbine plants in specific climatic conditions, are proposed.

Keywords: *compressor station, gas turbine, exhaust gases, heat recovery power plant, refrigeration recovery installation.*

УДК 519.878.5

Л. В. Коломієць[1], д.т.н., **О. М. Лимаренко[2],** к.т.н., **О. О. Дащенко[2], Н.М. Дащенко[2]**

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса
Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕЛЕСКОПІЧНОЇ СТРІЛИ АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНУ

Підйомно-транспортні машини (ПТМ) є істотною частиною майже кожного виробництва і відіграють велику роль при механізації виробничих процесів і вантажно-розвантажувальних роботах. Очевидно, що процес створення конструкцій ПТМ характеризується великою трудомісткістю та наук місткістю і неможливий без широкого використання систем автоматизованого проектування (САПР), заснованих на застосуванні комп'ютерів і програм призначених для створення, переробки і використання усієї необхідної інформації про властивості виробів і супроводжуючих процесів, тому обраний напрямок наукових досліджень є актуальним.

Ключові слова: *підйомно-транспортні машини, деталь, системи автоматизованого проектування, чисельний метод, метод скінченних елементів, комп'ютерне моделювання.*

Створення високонадійних, продуктивних машин, для яких характерна низька матеріалоємність, без науково обґрунтованих методів розрахунку немислемо. Сучасні, строго математичні розрахунки в значній мірі потіснили інтуїцію при проектуванні. Поштовхом до інтенсивних теоретичних розробок послужив різкий стрибок у розвитку техніки, ускладненням конструкцій та, відповідно, розрахункових схем споруд що проектуються.

ПТМ є складними технічними спорудами, а їх конструкція повинна задовольняти певним, часто суперечливим критеріям - мати велику вантажопідйомність, забезпечувати високі середні швидкості руху, відповідати необхідним характеристикам міцності і жорсткості, а також бути економічною і технологічною.

Одним з найбільш важливих етапів проектування ПТМ є етап формування геометрії конструкції. Значущість його не лише в тому, що на цьому етапі формується концептуальний вигляд майбутнього виробу, але і в тому, що саме на етапі конструювання створюються математично точні геометричні моделі як окремих деталей, так і всієї конструкції.

Питання конструювання і розрахунку металоконструкцій ПТМ докладно розглянуті в роботах відомих механіків і фахівців М.П. Александрова, Д.Н. Решетова, Ф.К. Іванченка, О.І. Дубінца, В.С. Бондарєва, М.М. Андрієнка та інш. Запропоновані в цих роботах підходи до розрахунку та конструювання елементів металоконструкції ПТМ базуються на «традиційних» методах, що призводить до перевитрат матеріалу, обваження конструкції, не рівноміцності відповідальних вузлів, і перепадів жорсткості [1].

Сучасним напрямком при проектуванні і аналізі напружено-деформованого стану металоконструкцій несучих елементів металоконструкції ПТМ є використання систем автоматизованого проектування, методу скінченних елементів, методів числового експерименту та імітаційного моделювання.

Метою роботи є оптимізація параметрів металоконструкції телескопічної стріли автомобільного крану на основі застосування сучасних систем для моделювання і розрахунку.

Вантажопідйомність крану прототипу, згідно документації складала 25-27 тонн для автокранів цього класу. У результаті досвіду експлуатації крану з'явилася необхідність збільшення його вантажопідйомності до 30 тонн. І також розглянути можливість застосування телескопічної стріли з трьох секцій що дозволяє оперативно приводити кран в робочий стан, а ніж у випадку стріли з чотирьох секцій. З метою визначення такої можливості був виконаний розрахунок, який полягає у визначенні коефіцієнтів запасу міцності та жорсткості металоконструкції стріли.

Для аналізу моделей стрілових самохідних кранів на пневмоколесному ходу, вантажопідйомністю від 25 до 30 тонн, що випускаються на теренах країн СНД і України, обираємо такі моделі кранів: КС 55713-4 і КС 55713-1 що випускаються Галичським автомобільним заводом, Одеським заводом Краян – КС 557 Кр, Івановським заводом автомобільних кранів – КС 45717-1.

За результатами проведеного аналізу технічних характеристик автомобільних кранів зупинимося на конструкції стріловидного самохідного крану марки КС 557 Кр на шасі КрАЗ-65101, оскільки виліт його стріли і максимальна вантажопідйомність значно вищі, ніж у інших моделей. Крім того, шасі КрАЗ – 65101 має високу проходимість, що дозволяє експлуатувати цей автокран по усіх видах доріг і місцевості (рис. 1).



Рисунок 1 – Загальний вигляд автомобільного крану КС-557Кр

В основу розрахунку стрілової системи при підвищеній вантажопідйомності покладено оцінку загальної міцності і прогинів.

Аналітичні дослідження напруженого стану стріл, як і інших металоконструкцій, потребують постійного підтвердження натурними випробуваннями або чисельними експериментами, що дозволяє проводити їх подальше вдосконалення аж до завдань оптимізації.

Телескопічна стріла автомобільного крану є консольною стержневою системою ступінчастої жорсткості. Зазвичай секції телескопічних стріл виконують коробчастими стержнями. Вибір геометрії перерізів мотивується можливостями технології виробництва.

У роботі розглядається "чиста стріла" шарнірно зчленована з ходовою рамою і гідроциліндром (поворотна рама показані схематично), оскільки подальше нарощування кінематичної схеми стріловидного устаткування не несе в собі принципових ускладнень, а призводить до збільшення трудомісткості розрахунку.

Розрахунок телескопічної стріли і окремих її елементів виконується з урахуванням різних випадків її вантаження і різних положеннях висувних секцій [2, 3].

З метою скорочення часу на створення стержневого аналога для реалізації методу скінченних елементів на комп'ютері і часу на розрахунок модель дещо спрощена – створені основні несучі складові металоконструкції.

В роботі розглянуто шість варіантів розрахункових схем.

Моделі 1, 3, 5 складаються з 483 вузлів і 264 елементів, моделі 2, 4, 6 складаються з 580 вузлів і 316 елементів. Для моделювання стрілової системи було побудоване і збережене в бібліотеці програми ANSYS 29 поперечних перерізів (15 стандартних, 2 перерізи що забезпечують змінну жорсткість елементів і 12 оригінальних) [4].

З'єднання стріли, гідроциліндра і елементів поворотної рами виконано шарнірно. У ходовій рамі в місцях розташування виносних опор (передня і задня балки) накладені обмеження у вигляді заборони усіх лінійних переміщень [5].

Границя текучості для матеріалу стріли $\sigma_T = 330$ МПа, нормативний запас міцності $n_T = 1{,}4$ допустиме напруження $[\sigma] = 235$ МПа. Допустимий прогин стріли приймається $[f] \le 2\%$ від довжини стріли. Модуль пружності матеріалу $E = 2{,}1$ МПа [6].

При проведенні аналізу напруженого і деформованого стану металоконструкції стріли велика увага приділена найбільш навантаженим ділянкам і ділянкам, що мають мінімальні коефіцієнти запасу міцності за результатами моделювання, а саме – місця з'єднання стріли з гідроциліндром та ходовою рамою, місця з'єднання складових секцій стріли [7].

Результати розрахунку наведені в табл. 1 і на рис. 2 - 4.

Таблиця 1 – Результати статичного розрахунку стріловидної системи

Розрах. випадок	Вантаж Q, m	Кут нахилу стріли до горизонту, град.	Довжина стріли, м	Эквив. напруження МПа	Коэф запасу	Эквив. переміщення мм	Коэф запасу
1	30	62	9,7	139,7	1,68	62,8	3,2
2	11,3	62	25	117,3	2	288,84	1,73
3	17,9	50	9,7	123,4	1,9	94,1	2,1
4	5,4	50	25	111,6	2,1	187,4	2,7
5	10,0	22	9,7	94,1	2,5	128,66	1,55
6	2,3	22	25	82,5	2,85	239,7	2,1

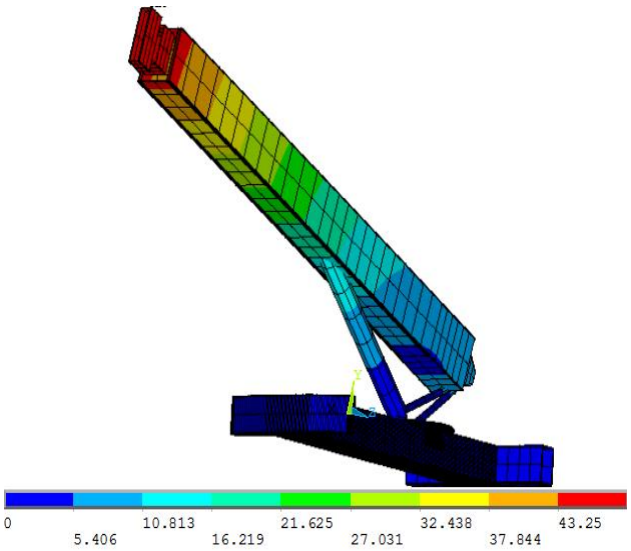


Рисунок 2 – Еквівалентні переміщення в моделі 1

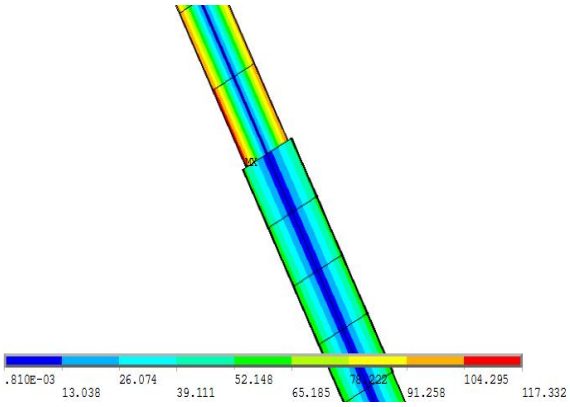


Рисунок 3 – Еквівалентні напруження в моделі 2

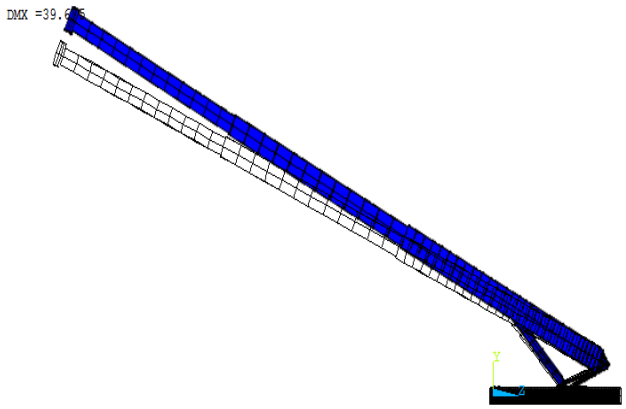


Рисунок 4 – Деформована форма моделі 6

Висновки

На основі створеної моделі та проведених розрахунків із використанням методу скінченних елементів, який реалізовано в програмному комплексі ANSYS, авторами виконано оптимізацію параметрів металоконструкції телескопічної стріли автомобільного крану моделі КС-557Кр.

В розрахунковій схемі враховані різні умови закріплення й навантаження, які характерні для підйомно-транспортних машин.

Розрахунки міцності і жорсткості елементів металоконструкції телескопічної стріли показали, що напруження і деформації в шести розрахункових випадках не перевищують допустимих значень.

Список використаних джерел

1. Ухов А. В. Расчет и проектирование металлоконструкций мобильных машин и механизмов: монография в 4-х книгах / А. В. Ухов, А. Ф. Дащенко, Л. В. Коломиец. – Одесса: Астропринт, 1998.

2. Справочник по кранам. В 2-х томах / под редакцией А. И. Дукельского. – Л.: Машиностроение, 1971.

3. Андриенко Н. Н. Краны грузоподъемные. Практические расчеты, рекомендации: монография / Н. Н. Андриенко, В. Л. Корень. – Одесса: Экология, 2014. – 274 с.

4. Лимаренко А. М. Оптимизация шатуна автомобильного двигателя / А. М. Лимаренко, А. А. Романов, М. А. Алексеенко // Труды ОНПУ. – 2012. – вып. 2 (39). – С. 98 – 100.

5. Дащенко О. Ф. Розрахунок напружено-деформованного стану станини гідропресу / О. Ф. Дащенко, В. Д. Ковальов, О. М. Лимаренко // Труды ОНПУ. – 2012. – вып. 2 (39). – С. 35 – 43.

6. Калініченко П. М. Напружений стан товстостінного циліндра з концентраторами / П. М. Калініченко, О. М. Лимаренко, Ю. В. Зяблов // Труды ОНПУ. – 2006. – вып. 2 (26). – С. 20 – 23.

7. Лимаренко О. М. Розрахунок телескопічної стріли автомобільного крану / О. М. Лимаренко, О. О. Дащенко, А. С. Лимаренко // Наука і цивілізація – 2015: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Англія, Шеффілд, 2015 р. – Том 24. – С. 69-73.

Надійшла до редакції 13.03.2015

Рецензент: д.т.н., професор Оробей В.Ф., Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

Л. В. Коломиец, д.т.н., **А. М. Лимаренко,** к.т.н., **А. А. Дащенко, Н. Н. Дащенко**

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЫ АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА

Подъемно-транспортные машины (ПТМ) являются существенной составной частью почти каждого производства, а также играют большую роль при механизации производственных процессов и погрузочно-разгрузочных работах. Очевидно, что процесс создания конструкций ПТМ характеризуется большой трудоемкостью и наукоёмкостью и невозможен без широкого применения систем автоматизированного проектирования (САПР), основанных на применении компьютеров и программ, предназначенных для создания, переработки и использования всей необходимой информации про особенности изделий и сопровождающих процессов, поэтому выбранное направление научных исследований является актуальным.

Ключевые слова: *подъемно-транспортные машины, деталь, системы автоматизированного проектирования, численный метод, метод конечных элементов, компьютерное моделирование.*

L. V. Kolomiets, DSc, **A. M. Limarenko,** PhD, **A. A. Dashchenko, N. N. Dashchenko**

COMPUTER MODELING AND NUMERICAL ANALYSIS TELESCOPIC BOOM TRUCK CRANE

Lifting machinery (LM) an essential part of almost every production, but also play a big role in the mechanization of production processes, and loading and unloading. It is clear that the process of creating designs LM is characterized by high complexity and high-tech and impossible without extensive use of computer-aided design (CAD), based on the use of computers and software for creating, processing and use of all necessary information about the features of products and accompanying processes, so the chosen direction research is relevant.

Keywords: *lifting machinery, detail, computer-aided design, numerical method, finite element method, computer modeling.*

УДК 621.56

В. І. Мілованов, д.т.н., **О. Д. Волошин**

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

РОЗРОБКА ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРА ДЛЯ РОБОТИ В МАЛІЙ ХОЛОДИЛЬНІЙ МАШИНІ НА CO_2

В роботі дана інформація по розробці і дослідженню герметичного поршневого компресора, працюючого на CO_2. Основна увага приділялась конструктивним особливостям та технічним характеристикам малих холодильних компресорів, призначених для роботи на CO_2.

Ключові слова: *компресор, холодоагент, діоксид вуглецю, холодильна установка, коефіцієнт подачі, ізоентропний ККД.*

Вступ

За останні роки перспективність діоксину вуглецю (CO_2) як альтернативного холодоагенту суттєво зросла. Діоксид вуглецю - один з небагатьох холодоагентів для холодильних систем, актуальних з точки зору ефективності застосування та безпеки для навколишнього середовища. Застосування фреонів і інших традиційних холодоагентів сьогодні обмежується різними нормативами, причому в усьому світі спостерігається тенденція до їх посилення цих обмежень. У зв'язку з цим природні альтернативні холодоагенти знаходять все більше застосування. Розглянемо перспективи використання холодоагенту діоксида вуглецю в галузі побутових та торгівельних холодильних машин невеликої холодопродуктивності.

Холодоагент CO_2 належить до групи так

званих природних холодоагентів (аміак, пропан, бутан, вода та ін.) [1]. Він має нульовий потенціал руйнування озонового шару Землі (ODP = 0) і є еталонною одиницею при розрахунку потенціалу глобального потепління земної атмосфери (GWP = 1). У кожного з природних холодоагентів є свої недоліки, наприклад, аміак токсичний, пропан горючий, а у води обмежена область застосування. На відміну від них діоксид вуглецю не токсичний і не горючий, хоча його вплив на навколишнє середовище не однозначний. З одного боку, діоксид вуглецю міститься в навколишньому повітрі і необхідний для протікання життєвих процесів. З іншого боку, вважається, що надмірно велика концентрація вуглекислоти в повітрі є однією з причин глобального потепління.

Метою роботи є обгрунтування покращеної конструкції нового компресора, що не містить озоноруйнуючих газів і речовин, порівняно з розробкою компанії «Данфосс» та експериментальні випробування герметичних поршневих холодильних компресорів, сконструйованих і виготовлених у відповідності із розробленими рекомендаціями [2].

Дослідження герметичного CO_2-компресора

Розробка компанії «Данфосс» є однією з найбільш перспективних серед нових технологій, в основі яких – створення холодильних компонентів, що не містять озоноруйнуючих газів і речовин [2].

Співробітники фірми «Данфосс» в останні роки розробили цілий ряд елементів новітньої технології в області холодильної техніки. Серед них виділяється малий герметичний компресор для діоксиду вуглецю (R744), показаний на рис. 1.



Рисунок 1 – Герметичний холодильний компресор, призначений для роботи на CO_2

Проектування нового компресора велось на основі конструкції існуючого компресора типу S, що серійно випускається компанією «Данфосс» [2]. Компресори цього типу мають найбільшу потужність в номенклатурном ряді герметичних холодильних компресорів. Багато компонентів компресора типу S були адаптовані для нового холодоагенту. Ступінь стиснення в холодильному циклі холодильної машини з R744 менше, ніж у холодильних машинах із традиційними холодоагентами, а різниця тисків більш значна. Проведені дослідження показали, що падіння тиску на лінії всмоктування CO_2-компресора не значно впливає на його ізоентропний ККД (рис. 2). Цей вплив для компресора, що працює на CO_2, в 4-12 разів менше, ніж для компресорів, які працюють на інших холодоагентах. Однак при роботі компресора неминучі пульсації тиску, і R744 з малим питомим об'ємом виявляється дуже чутливим до пульсацій тиску в камерах всмоктування і нагнітання. Тому об'єми камер всмоктування і нагнітання для компресора на R744 повинні бути суттєво більше об'єму циліндра для зниження рівня пульсацій тиску до прийнятних значень. Для зниження втрат від теплопередачі камери повинні бути спроектовані так, щоб значна частина газу постійно перебувала в них і працювала як газова теплоізоляція, в той час як основний потік газу проходив через них. В результаті оптимізації вдалося домогтися зменшення теплопередачі на шляху газу, а відповідно і об'ємних втрат від підігріву холодоагента, однак при цьому погіршуються шумові та вібраційні характеристики компресора. R744 дуже чутливий до перегріву холодоагента на всмоктуванні в компресор, що видно з графіків (рис. 2).

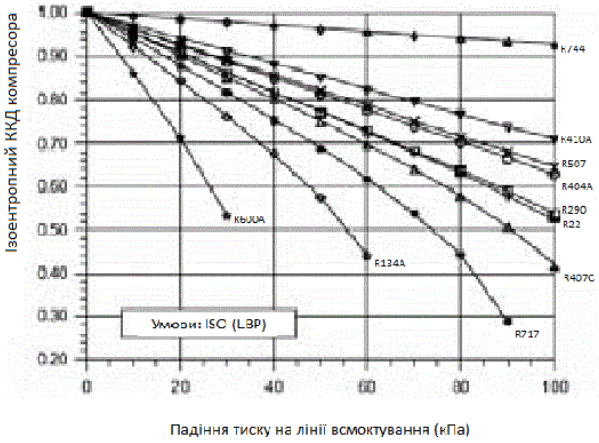


Рисунок 2 – Залежність ізоентропного ККД малого холодильного компресора, працюючого на різних холодоагентах від падіння тиску на всмоктуванні

Дослідження показали значний вплив витоків через зазор між поршнем і циліндром в процесі стиснення на величину коефіцієнта подачі компресора, працюючого на R744. Цей факт показав, необхідність використання поршневих кілець, в той час як працюючі на традиційних холодоагентах компрессори малої продуктивності, як правило, не мають поршневих кілець.

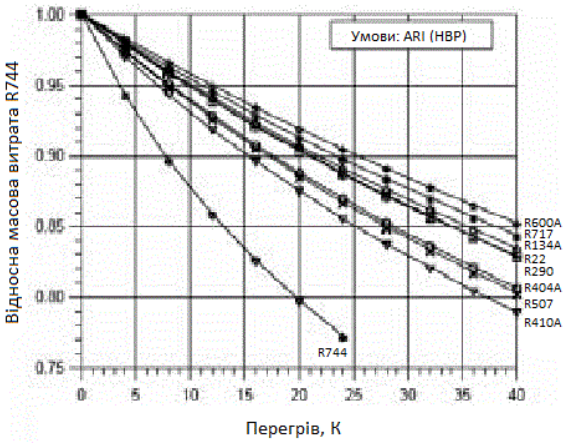


Рисунок 3 – Залежність відносної масової витрати компресора, працюючого на R744 від перегріву на всмоктуванні

Досвід з компресорами для автомобільних кондиціонерів продемонстрував добру ефективність застосування трьох поршневих кілець. Витоки в клапанах можуть бути знижені при застосуванні традиційних язичкових клапанів, хоча ці витоки зневажливо малі, порівняно з витоками між поршнем і циліндром через відносно великий зазор між ними. Для зменшення витоків через зазор між поршнем і циліндром бажано зменшувати діаметр циліндра, що приводить до збільшення відносного ходу поршня до діаметру циліндра, зменшує прохідний перетин отворів клапанів, в результаті чого зростає депресія тиску в клапанах. З іншого боку, ця депресія в компресорі на R744 порівняно мало впливає на ефективність роботи компресора за умови оптимізації конструкції усмоктувальної і нагнітальної порожнин. Розрахунок був зроблений для компресора з постійним об'ємом циліндра, тиском всмоктування 4 МПа, тиском нагнітання 12 МПа. Оптимальна ефективність компресора спостерігається при відношенні ходу поршня до діаметру циліндра від 1,2 до 1,6 (див. рис. 4), яке незвично велике для традиційних компресорів даної продуктивності. При зменшенні цього відношення збільшуються втрати від витоків між поршнем і циліндром, при збільшенні – ростуть втрати від депресії тиску в клапанах.

Об'єм циліндра компресора був прийнятий 2,5 см^3. З стандартного ряду були обрані: хід поршня – 16 мм і діаметр циліндра – 14 мм, що відповідає відношенню ходу поршня до діаметру циліндра – 1,14, що близько до оптимального значення.

Для камер всмоктування і нагнітання був обраний об'єм 25 см^3, що в 10 разів перевищує об'єм циліндра. Розроблено високоефективні язичкові клапани на основі сучасних технологій. Отвір клапана має діаметр 4 мм. Хід клапана обмежений і становить приблизно 1 мм. Камера нагнітання спроектована на максимальний робочий тиск 140 бар і температуру 150 °C.

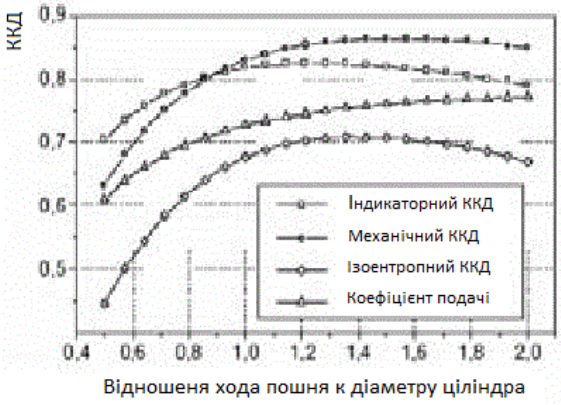


Рисунок 4 – Розрахункові робочі коефіцієнти компресора, на CO_2, з постійним об'ємом циліндра для різного відношення ходу поршня до діаметру циліндра

В герметичному компресорі, який працює на діоксині вуглецю, через великі газові навантаження на поршень маємо великі зусилля, які діють на шатун компресора навіть при малих діаметрах поршня. Тому від конструкції підшипника в парі поршень-шатун залежить надійність роботи компресора. Оскільки розмір циліндра дуже малий, то умови для гідродинамічної роботи мастила в підшипнику несприятливі. Тому підшипник поршневого пальця був замінений на кульовий підшипник, який являє собою сталеву кулю, з'єднану з шатуном (рис. 5).

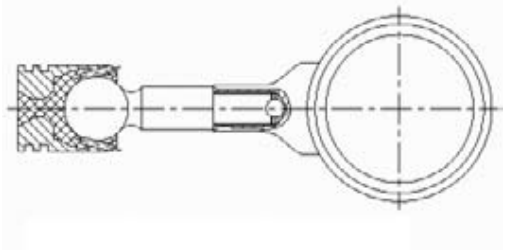


Рисунок 5 – Шатунно-поршнева група герметичного компресора, що працює на діоксиді вуглецю

Діаметр колінчастого вала був прийнятий рівним 8 мм, підшипники колінчастого вала залишилися без змін. Електродвигун компресора був вибраний з стандартного ряду відповідно до потужності, необхідної для стиску R744.

Кожух компресора піддався значному зміцненню для того, щоб витримувати робочий тиск 50 бар і піковий тиск, який під час зупинки компресора в разі високої температури навколишнього середовища може сягнути 80 бар.

Принцип системи змащення сполучень деталей компресора залишився без змін [2]. Система адаптована для збільшення витрати мастила в підшипнику «поршень-шатун». Компресор також охолоджується мастилом, яке розбризкується при обертанні колінчастого вала. Проведено випробування компресора з різними марками мастил, після чого обрана оптимальна марка мастила. Охолодження двигуна компресора забезпечується всмоктуваним газом.

Експериментальні дослідження герметичного компресора на діоксді вуглецю

Для більш широкого визначення показників герметичного поршневого компресора, працюючого на діоксді вуглецю, були проведені калориметричні визначення його продуктивності. За результатами калориметричних випробувань герметичного CO_2-компресора були одержані експериментальні залежності основних параметрів компресора [3], від режимів його роботи.

На рис. 6, 7 приведені експериментальні залежності коефіцієнта подачі λ і ізоентропного ККД η компресора від ступеня стиснення компресора при постійному перегріві на всмоктуванні в компресор 30° К. Ці графіки будувались при іспитах компресора з різними тисками на всмоктувані P_1, які змінювались від 1,3 до 5,0 МПа. По цим графікам можливо виділити область раціонального застосування компресора в одноступеневому виконанні: ступені стиснення в компресорі – від 2 до 6, а тиски на всмоктувані – від 2 до 5 МПа. В цій області робочих параметрів компресор характеризується допустимими величинами $\bar{\lambda}$ (від 0,95 до 0,55) і ККД (від 0,57 до 0,43).

Іспити компресора проводилися при постійному перегріві газу на всмоктуванні, рівному 30° К.

На рис. 8. приведені експериментально одержані залежності ізоентропного ККД герметичного компресора від тиску нагнітання при різних тисках всмоктування. В ході іспитів компресора значна увага приділялась ефективності роботи випарника холодильної системи.

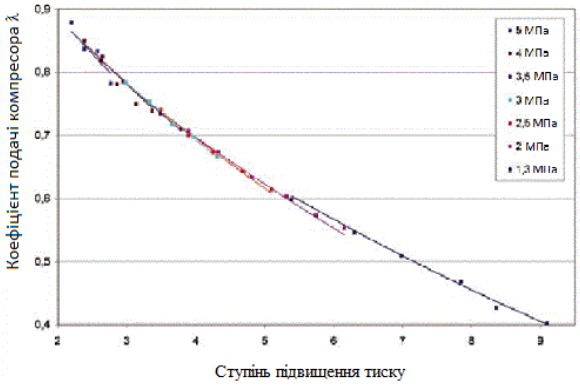


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнту подачі герметичного вуглекислотного компресора від ступеня стиснення при перегріві газу на всмоктуванні 30° К при різних тисках на всмоктуванні в компресор

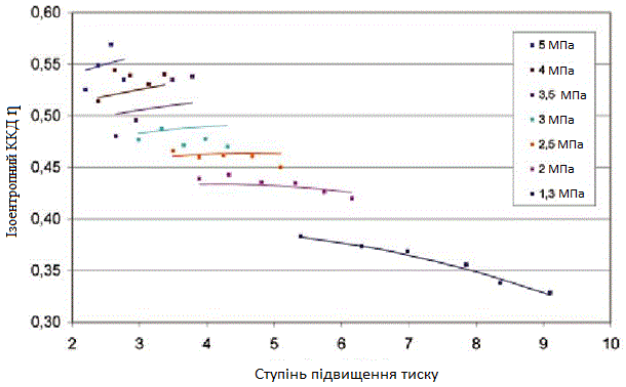


Рисунок 7 – Залежність ізоентропного ККД η компресора від ступеня стиснення при перегріві газу на всмоктуванні 30° К при різних тисках на всмоктуванні в компресор

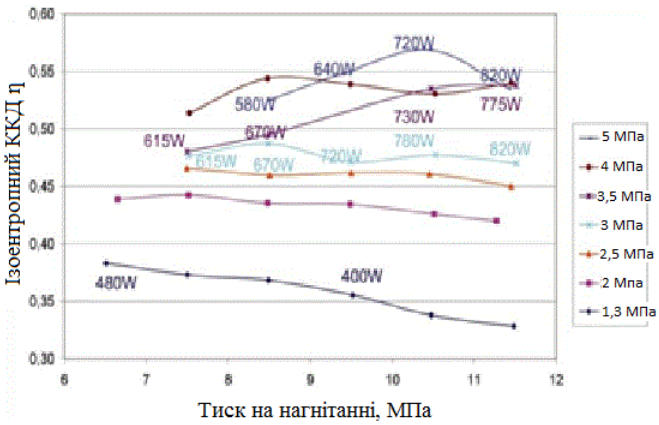


Рисунок 8 – Експериментальні залежності ізоентропного ККД герметичного компресора від тиску нагнітання при різних тисках всмоктування

На цьому рисунку видно, що зміна тиску на нагнітанні від 6,5 до 11,5 МПа мало впливає на величину ізоентропного ККД компресора при тисках на всмоктувані від 2 до 5 МПа. Величини цього коефіцієнту в даних діапазонах параметрів роботи компресора мають задовільні значення.

Одержані експериментальні залежності ефективності випарника η при різних продуктивностях і значних коливаннях напруги електричного струму в мережі приведені на рис. 9. З цих графічних залежностей добре видно, що ефективність випарника є задовільною при коливанні продуктивності компресора від 400 до 1000 Вт.

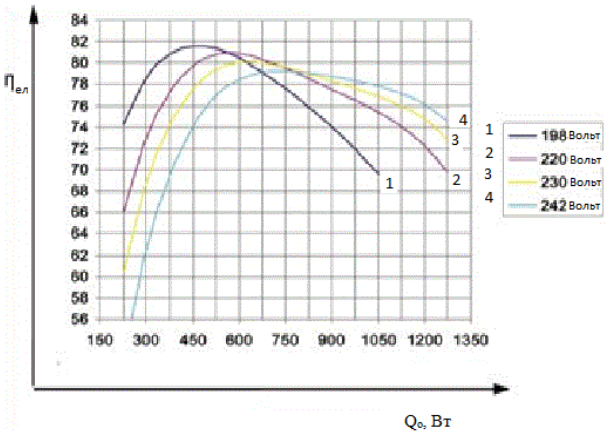


Рисунок 9 – Ефективність випарника η в залежності від продуктивності компресора та напруги в електричній мережі живлення компресора

Розглянемо також одержані експериментальні залежності коефіцієнта подачі λ і ізоентропного ККД η_{is} компресора від температури холодоагента на всмоктуванні в компресор при різних тисках.

На рисунках 10 і 11 приведені експериментальні данні по цим залежностям для герметичного CO_2-компресора коефіцієнта подачі λ і ізоентропного ККД герметичного CO_2-компресора.

На цих рисунках видно, що ізоентропний ККД суттєво змінюється при зростанні температури всмоктування компресора. Коефіцієнт подачі компресора не так значно залежить від температури всмоктування. Ці показники компресора можна вважати задовільними, при тиску на всмоктуванні від 3 до 4 МПа.

Таким чином калориметричні випробування CO_2-компресора показали, що його основні показники можна вважати задовільними практично в усьому діапазоні робочих умов компресора за виключенням режимів роботи з низьким тиском на всмоктувані (нижче 2 МПа).

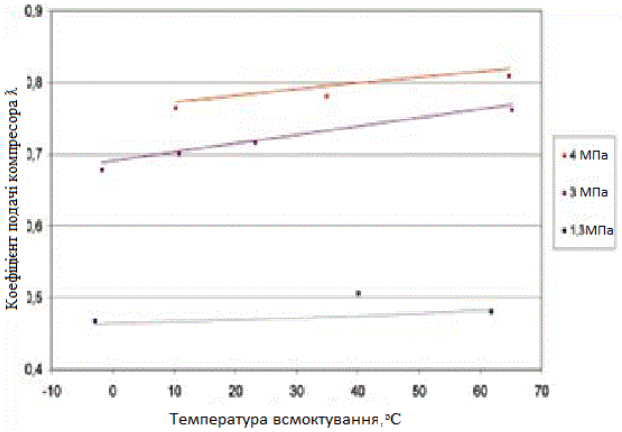


Рисунок 10 – Експериментальні залежності коефіцієнта подачі λ герметичного CO_2-компресора від температури пара на всмоктувані при різних тисках всмоктування

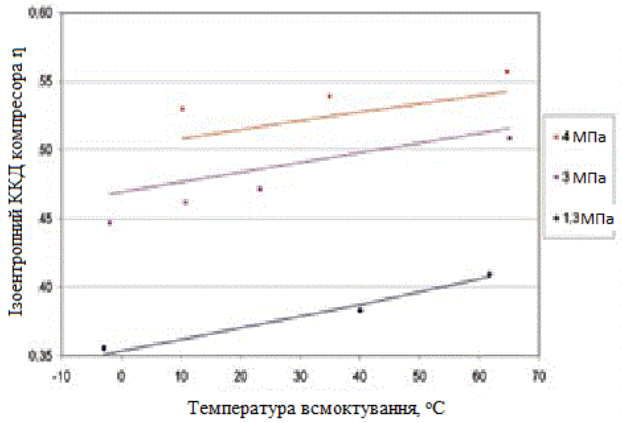


Рисунок 11 – Експериментальні залежності ізоентропного ККД η герметичного CO_2 компресора від температури пара на всмоктувані при різних тисках всмоктування в компресор

Висновки

На основі розгляду і аналізу досвіду проектування малого холодильного компресора, що працює на діоксиді вуглецю, а також результатів його експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Найбільш складною задачею впровадження CO_2 в малих холодильних машинах виглядає проблема розробки і виробництва нових конструкцій холодильних компресорів, призначених для роботи на цьому холодоагенті.

2. При конструюванні малих поршневих холодильних компресорів герметичного типу,

призначених для роботи на CO_2 слід виконувати такі рекомендації:

– відношення ходу поршня до діаметру циліндра слід забезпечувати в діапазоні (1,1 – 1,4);

– для забезпечення доброї роботоздатності сполучень деталей кривошипно-шатунного механізму поверхні цих сполучень слід виконувати по можливості значними по площі. Сполучення шатун-поршневий палець доцільно виконувати у формі кулі;

– при розробці клапанної дошки та клапанів компресора слід оптимізувати профіль і перерізи відповідних отворів, враховуючи високі швидкості протікання газу. Камери всмоктування та нагнітання, розташовані на клапанній дошці компресора, слід виконувати із значними обсягами, а також максимально ізольованими одна від одної;

– поршні компресора слід виконувати з трьома поршневими кільцями;

– товщину стінок блоккартера компресора (кожуха компресора) слід виконувати завищеною, розраховуючи на тиск 5-8 МПа;

– вибір способу охолодження статора вбудованого електродвигуна компресора слід здійснювати у відповідності із числом ступенів і діапазоном робочих режимів компресора.

3. Проведені експериментальні випробування герметичних поршневих холодильних компресорів, сконструйованих і виготовлених у відповідності із переліченими рекомендаціями, показали їх роботоздатність, відповідно сучасним техніко-економічним і екологічним вимогам і конкурентоспроможність із малими холодильними компресорами традиційних типів і конструкцій.

Список використаних джерел

1. Fahl, J., Lubricants for CO_2. – DKV Conference (Germany), 1997.

2. Süb, J.: Kruse, H. Efficiency of the Indicated Process of CO_2-Compressors. International Journal of Refrigeration, Vol. 21, No. 3, 1998.

3. Klaus Lambers., Kalorische Leistungs-messung kleiner CO_2-Verdichter. – Kl Luft- und Kältetechnik**.** – 7/2005. – S. 259/262.

Надійшла до редакції 19.02.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Хмельнюк, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

В. И. Милованов, д.т.н., **А. Д. Волошин**

РАЗРАБОТКА ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕССОРА ДЛЯ РАБОТЫ В МАЛОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЕ НА CO_2

В работе дана информация по разработке и исследованию герметичного поршневого компрессора, работающего на діоксину вуглецю. Основное внимание уделялось конструктивным особенностям и техническим характеристикам малых холодильных компрессоров, предназначенных для работы на диоксиді вуглецю.

Ключевые слова: *компрессор, хладагент, диоксид углерода, холодильная установка, коэффициент подачи, изоентропний КПД.*

V. I. Milovanov, DSc, **O. D. Voloshyn**

HERMETIC COMPRESSORS FOR SMALL REFRIGERATORS WORKING ON CARBON DIOXIDE

In this article, the information on development and research findings of hermetic reciprocating compressors working on carbon dioxide is given. The main attention is paid to the features and specifications of small refrigeration compressors working on carbon dioxide.

Keywords: *compressor, refrigerant, coefficient of heat transfer, refrigerator, feed rate, isentropic.*

УДК 531:535

Г. В. Банзак, к.т.н., **О. В. Банзак,** к.т.н., **О. И. Лещенко,** к.т.н.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В статье исследуются четыре тестовых объекта, различающиеся по своим надежностным и структурным характеристикам. Это позволило проверить и одновременно продемонстрировать "работоспособность" разработанных методик определения оптимальных параметров различных стратегий технического обслуживания при различных исходных данных.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, процесс моделирования, оптимальные параметры, характеристики процесса.*

Вступление. Сложность процессов технического обслуживания (ТО) и многообразие влияющих на них факторов существенно затрудняют выбор между различными стратегиями ТО. Для объективного сравнения достоинств и недостатков различных стратегий ТО необходимо обеспечить примерное равенство (одинаковость) условий, в которых они применяются.

"Всплеск" количества теоретических работ по вопросам ТО сложных систем приходится на 70-е годы прошлого века, что можно объяснить массовым производством в то время сложной радиоэлектронной аппаратуры военного и специального назначения. В настоящее время наблюдается спад количества научных публикаций, посвященных вопросам ТО сложных технических объектов. Одной из причин этого, на наш взгляд, является резкое возрастание уровня интеграции и надежности комплектующих изделий. Благодаря этому разработчикам сложной техники удавалось решать вопросы обеспечения требуемого уровня безотказности без значительных затрат на ТО (или вообще без ТО). Однако та же причина (высокая интеграция и надежность комплектующих элементов) открыла возможность реализации все более сложной техники с новыми функциями, что при старой элементной базе было невозможно. Это вновь приводит объективно к проблемам обеспечения надежности и, следовательно, опять становится актуальным вопрос о необходимости ТО и выборе оптимальной стратегии его проведения.

При сравнении различных стратегий ТО мы будем руководствоваться следующими принципами:

– сравнивать различные стратегии ТО можно только по результатам их применения к одному и тому же объекту;

– тестовые объекты (на которых производится сравнение стратегий ТО) должны быть сопоставимы по структуре временных и стоимостных затрат на ТО и текущий ремонт;

– показатели качества процесса ТО (целевые функции), по которым производится сравнение различных стратегий ТО, должны оцениваться на одинаковых интервалах эксплуатации объекта и при одинаковых параметрах процесса моделирования (если сравнение стратегий ТО производится по результатам моделирования);

– сравниваться должны характеристики процесса ТО, полученные при оптимальных параметрах стратегий ТО, то есть сравниваться должны потенциальные возможности различных стратегий ТО.

Задача исследования различных стратегий ТО сложных систем исследовалась в научных работах Барзиловича Е. Ю., Куликова Ю. Д., Сергеева Ю. А. [1, 2]. Однако в них не проводились сравнения по единой методике при равных исходных условиях и пр. различных стратегий, в том числе приведенных в [3]. Целью данной работы является исследование тестовых объектов, различающиеся по своим надежностным и структурным характеристикам, что позволяет проверить и одновременно продемонстрировать "работоспособность" разработанных методик определения оптимальных параметров различных стратегий ТО при различных исходных данных.

Основная часть. В настоящем исследовании используются 4 тестовых объекта, различающиеся по своим надежностным и структурным характеристикам [1, 2, 4]. Это, помимо прочего, позволяет проверить и одновременно продемонстрировать "работоспособность" разработанных методик определения оптимальных параметров различных стратегий ТО при различных исходных данных.

Для обеспечения сопоставимости структуры временных и стоимостных затрат на ТО и теку-

щий ремонт задавались одинаковые для всех элементов и объектов характеристики ремонтопригодности и стоимости:

– среднее время восстановления элемента $\tau_{вi} = 1$ ч;

– средняя продолжительность ТО $\tau_{тоi} = 1$ ч;

– стоимость элемента $C_i = 10$ у.е.;

– стоимость операции текущего ремонта (замены) элемента $C_{трi} = 1$ у.е.;

– стоимость операции ТО элемента $C_{тоi} =$ $= 1$ у.е.

Характеристики СТД для тестовых объектов заданы следующие:

– продолжительность диагностирования при ТО $\tau_д = 0{,}5$ ч;

– стоимость операции диагностирования при ТО $C_д = 1$ у.е.

Одинаковым для всех тестовых объектов заданы также и показатели, зависящие от предназначения объекта – удельные потери стоимости, которые несет внешняя система (в которой используется данный объект) в состоянии отказа объекта $c_{отк} = 10$ у.е./ч, и в состоянии ТО $c_{то} =$ $=1$ у.е./ч.

Для всех тестовых объектов по разработанным методикам [1, 5, 6] определены оптимальные параметры для трех стратегий ТО. Для краткости, как и ранее, будем называть их: “ТО по состоянию”, “адаптивное ТО” и “ТО по ресурсу”.

Все расчеты производились для продолжительности эксплуатации $T_э = 20$ лет при непрерывной работе объектов.

Оптимальные параметры различных стратегий ТО определялись при идеализированном предположении о существовании для тестовых объектов измеряемых определяющих параметров для наименее надежных элементов, относящихся к множеству восстанавливаемых элементов $E_в$. Подмножества потенциально обслуживаемых элементов $E_{то}$ задавались таким образом, что в них включались все наименее надежные элементы. В тестовых объектах отсутствуют элементы, надежность которых была бы ниже, чем надежность любого из элементов $E_{то}$ ($E_{то} \subset E_в$). Очевидно, что при этом условии при оптимальных параметрах стратегий ТО обеспечивается максимальная, потенциально возможная эффективность ТО, скорее всего недостижимая на практике.

В табл. 1-4 представлены итоговые результаты расчетов оптимальных параметров различных стратегий ТО. На рис. 1-4 приведены графики средней наработки на отказ T_0 и удельной стоимости эксплуатации $c_{уд}$ от числа обслуживаемых элементов, получаемые при оптимальных параметрах соответствующих стратегий ТО. Все детальные расчеты, на основе которых построены эти таблицы и графики, были приведены ранее [5-7].

Таблица 1 – Сравнительные оценки показателей T_0, $c_{уд}$ и $K_{ти}$ для объекта Test-1 при различных стратегиях ТО

Стратегия ТО		ТО по состоянию	Адаптивное ТО	ТО по ресурсу	Без ТО
Показатели (целевые функции)	T_0, ч	1660	1662	1609	1236
	$c_{уд}$, у.е./ч	0,01461	0,01408	0,01695	0,02187
	$K_{ти}$	0,99851	0,99877	0,99689	0,99919
	ε	0,180	0,179	0,184	0,085
Параметры оптимальной стратегии ТО ($T_0^{тр} = 1500$ ч)		$\lvert E_{то}^* \rvert = 3$ $U_{то}^* = \{0{,}5;0{,}4;0{,}5\}$ $T_к^* = 1200$ ч	$\lvert E_{то}^* \rvert = 3$ $U_{то}^* = \{0{,}5;0{,}4;0{,}5\}$ $\gamma^* = 0{,}45;\ \beta = 0{,}5$	$N_{то}^* = 1$ $\lvert E_{то1}^* \rvert = 3$ $T_{то}^* = 1400$ ч	–

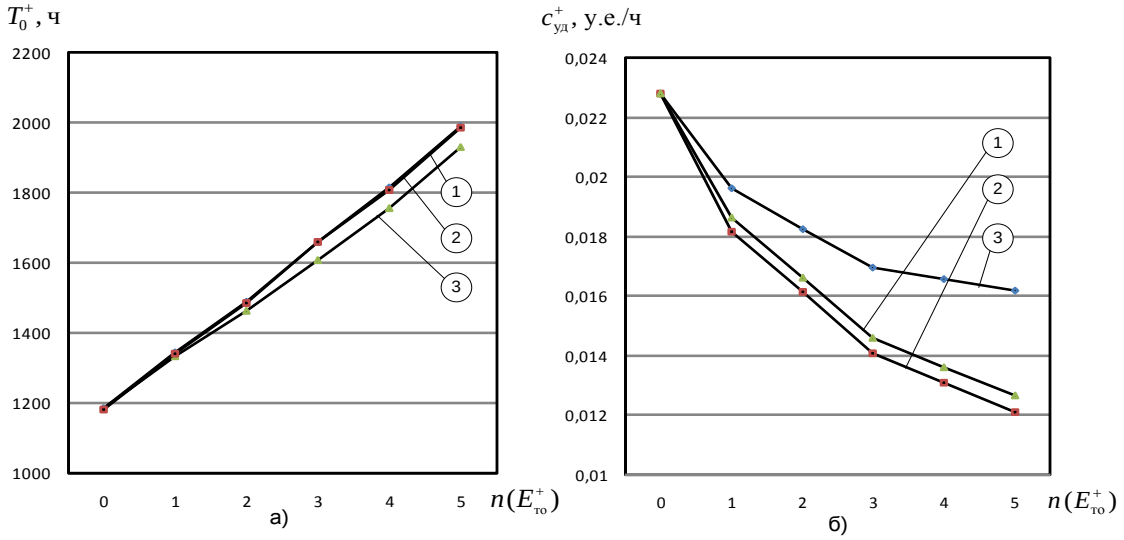


Рисунок 1 – Графики зависимости показателей T_0^+ и $c_{уд}^+$ от числа обслуживаемых элементов при различных стратегиях ТО (объект Test-1):
1 – ТО по состоянию; 2 – адаптивное ТО; 3 – ТО по ресурсу

Таблица 2 – Сравнительные оценки показателей T_0, $c_{уд}$ и $K_{ти}$ для объекта Test-2 при различных стратегиях ТО

Стратегия ТО		ТО по состоянию	Адаптивное ТО	ТО по ресурсу	Без ТО
Показатели (целевые функции)	T_0, ч	695	702	676	294
	$c_{уд}$, у.е./ч	0,09852	0,08801	0,12009	0,66572
	$K_{ти}$	0,98610	0,99374	0,97564	0,99708
	ε	0,111	0,112	0,113	0,069
Параметры оптимальной стратегии ТО ($T_0^{тр}$ = 600 ч)		$\lvert E_{то}^* \rvert$ = 5 $U_{то}^*$ ={0,55;0,45; 0,25;0,6;0,5} $T_к^*$ = 250 ч	$\lvert E_{то}^* \rvert$ = 5 $U_{то}^*$ ={0,6;0,55;0,6, 0,5;0,6} γ^* = 0,45; β = 0,5	$N_{то}^*$ = 1 $\lvert E_{то1}^* \rvert$ =5 $T_{то}^*$ = 240 ч	–

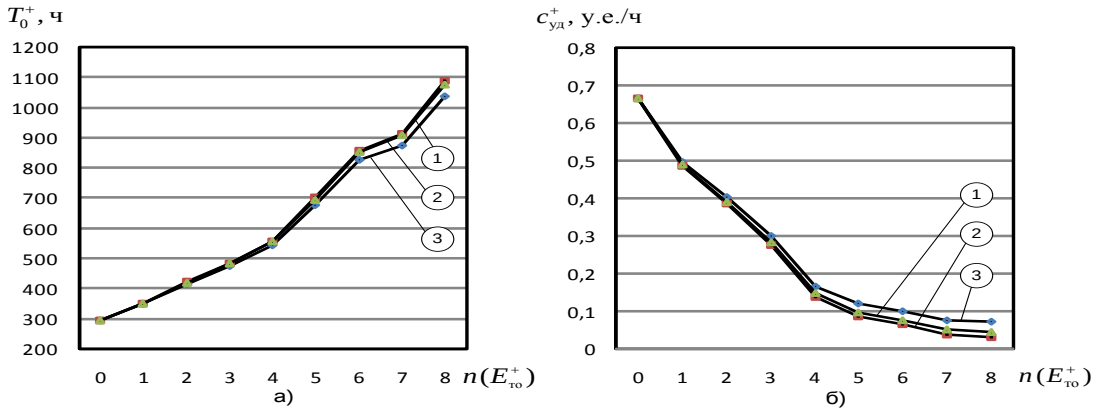


Рисунок 2 – Графики зависимости показателей T_0^+ и $c_{уд}^+$ от числа обслуживаемых элементов при различных стратегиях ТО (объект Test-2):
1 – ТО по состоянию; 2 – адаптивное ТО; 3 – ТО по ресурсу

Таблица 3 – Сравнительные оценки показателей T_0, $c_{уд}$ и $K_{ти}$ для объекта Test-3 при различных стратегиях ТО

Стратегия ТО		ТО по состоянию	Адаптивное ТО	ТО по ресурсу	Без ТО
Показатели (целевые функции)	T_0, ч	15194	15136	15009	9458
	$c_{уд}$, у.е./ч	0,00154	0,00151	0,00169	0,00232
	$K_{ти}$	0,99982	0,99984	0,99967	0,99978
	ε	0,487	0,448	0,493	0,367
Параметры оптимальной стратегии ТО ($T_0^{тр}$ = 15000 ч)		$\lvert E_{то}^* \rvert = 3$ $U_{то}^* = \{0,5;0,5;\ 0,5\}$ $T_к^* = 10500$ ч	$\lvert E_{то}^* \rvert = 3$ $U_{то}^* = \{0,7;0,6;0,5\}$ $\gamma^* = 0,4;\ \beta = 0,5$	$N_{то}^* = 1$ $\lvert E_{то1}^* \rvert = 4$ $T_{то}^* = 16000$ ч	–

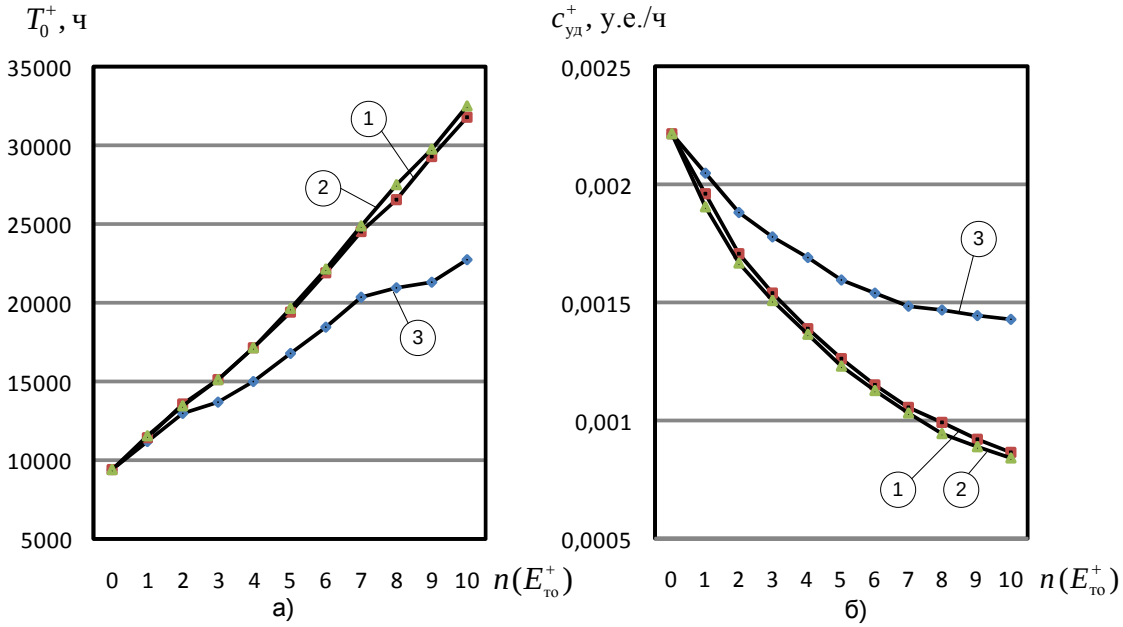


Рисунок 3 – Графики зависимости показателей T_0^+ и $c_{уд}^+$ от числа обслуживаемых элементов при различных стратегиях ТО (объект Test-3):
1 – ТО по состоянию; 2 – адаптивное ТО; 3 – ТО по ресурсу.

Таблица 4 – Сравнительные оценки показателей T_0, $c_{уд}$ и $K_{ти}$ для объекта Test-4 при различных стратегиях ТО

Стратегия ТО		ТО по состоянию	Адаптивное ТО	ТО по ресурсу	Без ТО
Показатели (целевые функции)	T_0, ч	6575	5566	4879	914
	$c_{уд}$, у.е./ч	0,00668	0,00637	0,01180	0,02296
	$K_{ти}$	0,99736	0,99776	0,99323	0,99890
	ε	0,268	0,209	0,311	0,113

Стратегия ТО	ТО по состоянию	Адаптивное ТО	ТО по ресурсу	Без ТО
Параметры оптимальной стратегии ТО ($T_0^{тр}$ = 5000 ч)	$\lvert E_{то}^* \rvert$ = 4 $U_{то}^*$ ={0,5;0,55; 0,65;0,85} $T_к^*$ = 500 ч	$\lvert E_{то}^* \rvert$ = 3 $U_{то}^*$ ={0,55;0,55; 0,55} γ^* = 0,5; β = 0,5	$N_{то}^*$ = 3 $\lvert E_{то1}^* \rvert$ = 3 $T_{то1}^*$ = 600 ч $\lvert E_{то2}^* \rvert$ = 3 $T_{то2}^*$ = 6000 ч $\lvert E_{то3}^* \rvert$ = 4 $T_{то3}^*$ = 22000 ч	–

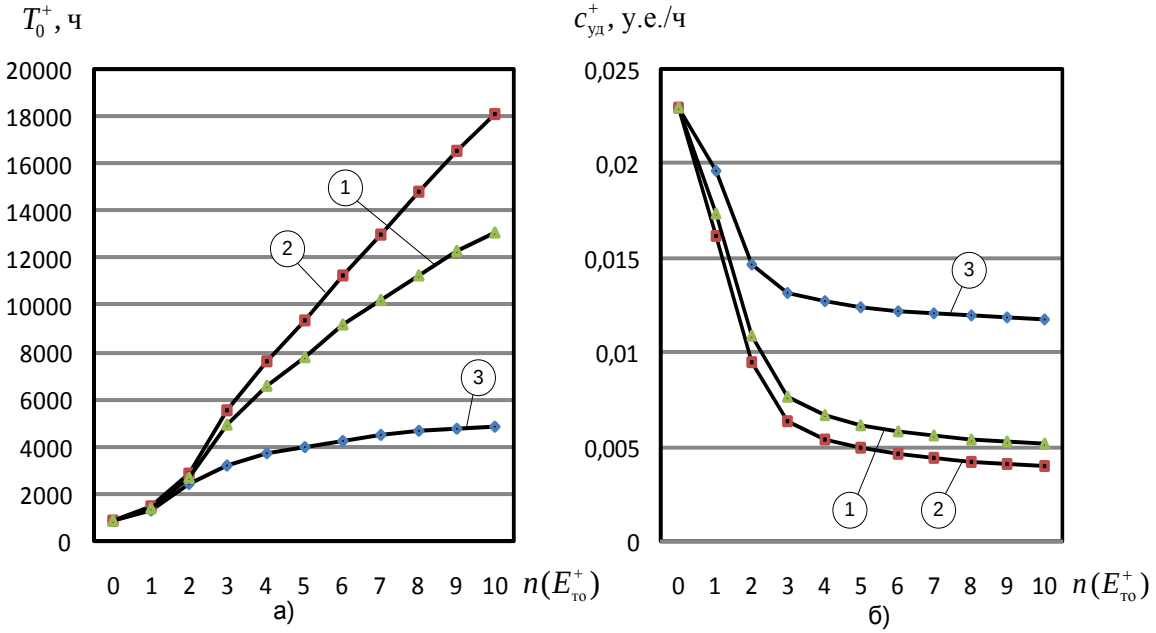


Рисунок 4 – Графики зависимости показателей T_0^+ и $c_{уд}^+$ от числа обслуживаемых элементов при различных стратегиях ТО (объект Test-4):
1 – ТО по состоянию; 2 – адаптивное ТО; 3 – ТО по ресурсу.

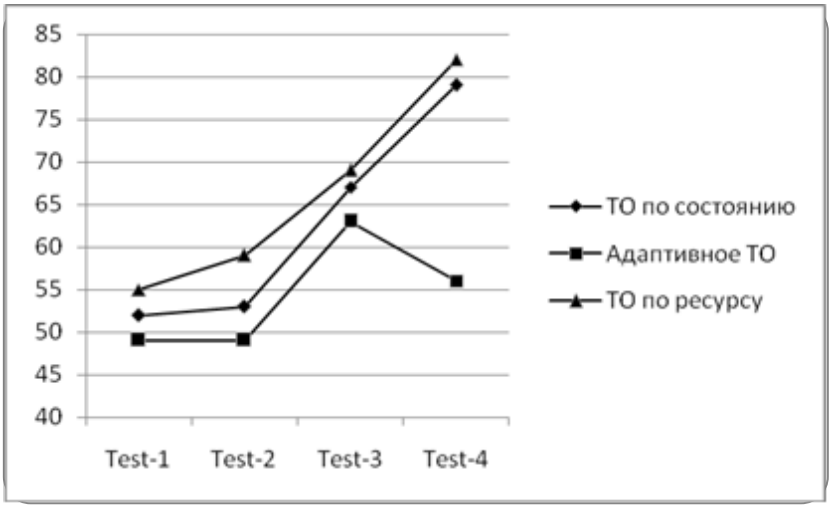


Рисунок 5 – Коэффициент относительных потерь уровня безотказности δ_{T_0}, %

По полученным результатам можно сделать такие выводы:

1. Лучшей по показателям средней наработки на отказ T_0 и удельной стоимости эксплуатации $c_{\text{уд}}$ является стратегия “адаптивное ТО”. Затем следует стратегия “ТО по состоянию”. Худшей является стратегия “ТО по ресурсу”. Стратегия ТО считается лучшей, если график функции T_0^+ располагается выше (для функции $c_{\text{уд}}^+$ – ниже) по отношению к соответствующему графику для сравниваемой стратегии. Стратегия ТО, лучшая по показателю T_0^+, как правило, является лучшей и по показателю $c_{\text{уд}}^+$, и наоборот.

2. Стратегии “ТО по состоянию” и “адаптивное ТО” весьма близки по получаемым показателям. Это объясняется их общей сущностью – при проведении ТО используется информация о фактическом текущем состоянии объекта.

3. Эффективность различных стратегий ТО существенно зависит от надежностно-стоимостной структуры объекта. Если распределение стоимости восстанавливаемых (в том числе и обслуживаемых) элементов близко коррелируется с распределением их показателей безотказности, различие в эффективности различных стратегий ТО сокращается. Это хорошо видно на примере объекта Test-2, для которого наименее надежные элементы одновременно являются и наиболее дорогостоящими.

4. Оптимальные параметры различных стратегий ТО существенно зависят как от надежностно-стоимостной структуры объекта, так и от заданного требования к уровню безотказности объекта $T_0^{\text{тр}}$. Чем больше заданное значение $T_0^{\text{тр}}$, тем большее количество обслуживаемых элементов должно включаться в оптимальную стратегию ТО.

Для объекта Test-4 заданное требование $T_0^{\text{тр}}$ = 5000 ч при оптимальной стратегии “ТО по ресурсу” не обеспечивается[1] (несмотря на то, что использованы все потенциально обслуживаемые элементы).

Стратегия “адаптивного ТО” отдельно не исследовалась. Параметр адаптивного ТО β (постоянная экспоненциального сглаживания) был задан равным 0,5 для всех тестовых объектов. Это соответствует нейтральной ситуации, когда “вес” исходных данных о показателях безотказности элементов (априорная информация) и данных о фактических измеренных значениях определяющих параметров (апостериорной информации) примерно одинаков.

Не углубляясь в исследования стратегии “адаптивного ТО” можно предположить, что адаптивное ТО является более выгодным в случае недостоверной исходной информации о показателях безотказности элементов объекта. Это предположение проверим следующим образом.

Произведем расчеты показателей T_0 и $c_{\text{уд}}$ для тестовых объектов в случае, когда средняя наработка до отказа всех восстанавливаемых элементов $T_{\text{ср}i}$ в 2 раза меньше по сравнению с показателями, при которых были рассчитаны параметры оптимальной стратегии ТО **STO***.

Очевидно, что получаемые в этом случае показатели T_0' и $c_{\text{уд}}'$ должны быть хуже, по сравнению с показателями T_0 и $c_{\text{уд}}$, полученными при исходных значениях $T_{\text{ср}i}$. В табл. 5 и 6 приведены значения коэффициентов относительных потерь в уровне безотказности δ_{T_0} и в удельной стоимости эксплуатации $\delta_{C_{\text{уд}}}$, которые определялись по формулам:

$$\delta_{T_0} = \frac{T_0 - T_0'}{T_0} \cdot 100; \quad \delta_{C_{\text{уд}}} = \frac{c_{\text{уд}}' - c_{\text{уд}}}{c_{\text{уд}}} \cdot 100,$$

где T_0 ($c_{\text{уд}}$) – средняя наработка на отказ (удельная стоимость эксплуатации), полученная при оптимальных параметрах **STO*** при условии, что показатели $T_{\text{ср}i}$ соответствуют значениям, заданным для тестовых объектов в контрольных примерах;

T_0' ($c_{\text{уд}}'$) – те же показатели, полученные при оптимальных параметрах **STO***, но при условии, когда показатели $T_{\text{ср}i}$ в исходных данных уменьшены в 2 раза.

На рис. 5 и 6 эти же коэффициенты показаны в виде графиков.

Полученные данные полностью подтверждают выдвинутое предположение о том, что стратегия “адаптивного ТО” является более предпочтительной в случае недостоверной (неточной) информации о показателях надежности элементов объекта.

[1] При неоптимальной стратегии ТО это требование может быть обеспечено, например, простым уменьшением периодичности ТО.

Таблица 5 – Коэффициент относительных потерь уровня безотказности δ_{T_0} (в %)

Вид стратегии ТО	Технический объект			
	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4
ТО по состоянию	52	53	67	79
Адаптивное ТО	49	49	63	56
ТО по ресурсу	55	59	69	82

Таблица 6– Коэффициент относительных потерь удельной стоимости эксплуатации $\delta_{C_{уд}}$ (в %)

Вид стратегии ТО	Технический объект			
	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4
ТО по состоянию	110	144	187	192
Адаптивное ТО	98	100	167	117
ТО по ресурсу	121	712	185	166

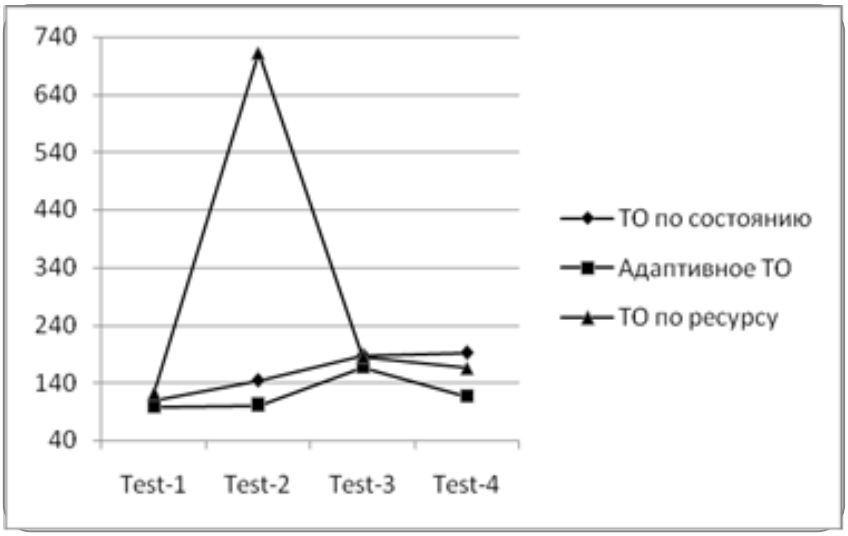


Рисунок 6 – Коэффициент относительных потерь удельной стоимости эксплуатации $\delta_{C_{уд}}$, %

Полученное для объекта Test-4 значение коэффициента потерь $\delta_{C_{уд}}$ = 712 % не является случайным выбросом или ошибкой. Такие большие потери в удельной стоимости при “ТО по ресурсу” объясняются высокой стоимостью наименее надежных элементов объекта Test-4. Этот результат является дополнительным подтверждением критической чувствительности оптимальных параметров стратегии “ТО по ресурсу” в случае недостоверности исходных данных о надежности объекта.

Список использованных источников

1. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высш. школа, 1992. – 231 с.

2. Барзилович Е. Ю. Проблемы обеспечения эффективности сложных систем / Е. Ю Барзилович, Ю. Д. Куликов, Ю. А. Сергеев // Основные вопросы теории и практики надежности. – Мн.: Наука и техника, 1992. – С. 155-167.

3. Боряк К.Ф. Дослідження процесу технічного обслуговування складних відновлюваних об’єктів радіоелектронної техніки за допомогою імітаційної статистичної моделі // Вісник інженерної академії України. – К., 2008. - № 2. – С. 85 – 91.

4. Банзак Г. В. Оптимизация процессов технического обслуживания сложных технических объектов / С. В. Лєнков, О. Б. Лантвойт, Г. В. Банзак // IV-міжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси», НАУ. – Київ, 2011. – С. 474 – 475.

5. Банзак Г. В. Моделирование и оптимизация процес сов технического обслуживания сложных технических объектов / Г. В. Банзак, В. О. Браун // Науково-практична конференція «Актуальні задачі фінансового, психологічного,

правового, топогеодезичного, радіотехнічного та лінгвістичного забезпечення підрозділів та частин Збройних Сил України». – Київ, 2011. – С. 112.

6. Браун В. О., Боряк К. Ф., Лантвойт О. Б., Цыцарев В. Н. Моделирование процессов технического обслуживания сложных восстанавливаемых объектов радиоэлектронной техники // Вісник інженерної академії України. – К., 2008. – №1. – С. 47 – 52.

7. Банзак Г. В. База данных о надежности сложных объектов радиоэлектронной техники / К. Ф. Боряк, В. Н. Цыцарев, Г. В. Банзак // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2010. – № 27. – С. 89 – 97.

Поступила в редакцию 19.05.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Мокрицкий В. А., Одесский национальный политехнический университет, г. Одеса.

Г. В. Банзак, к.т.н., **О. В. Банзак,** к.т.н., **О. І. Лещенко,** к.т.н.

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ СТРАТЕГІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

У статті досліджуються чотири тестові об'єкти, що розрізняються за своїми надійностними і структурними характеристиками. Це дозволило перевірити і одночасно продемонструвати "працездатність" розроблених методик визначення оптимальних параметрів різних стратегій технічного обслуговування при різних початкових даних.

Ключові слова: *технічне обслуговування, процес моделювання, оптимальні параметри, характеристики процесу.*

G. V. Banzak, PhD, **O. V. Banzak,** PhD, **O. I. Leshenko,** PhD

COMPARATIVE RESEARCH OF VARIOUS STRATEGY OF MAINTENANCE SERVICE

In clause four test objects differing on reliability and structural characteristics are investigated.. That allows to check up and simultaneously to show "working capacity" of the developed techniques of definition of optimum parameters various strategy of maintenance service at various initial data.

Keywords: *maintenance service, process of modeling, optimum parameters, characteristics of process.*

УДК 621.396.6:621.317

Г. Д. Братченко, д.т.н., **Г. Г. Смаглюк**

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУ ДАЛЬНІСНИХ ПОРТРЕТІВ В РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ З АНТЕННИМИ РЕШІТКАМИ

Запропонована імітаційна математична модель для дослідження впливу дестабілізуючих факторів на рівень спотворень радіолокаційних дальнісних портретів (РЛДП) та якість розпізнавання повітряних цілей в радіолокаційних системах з адаптивними антенними решітками (АР). Представлені результати моделювання, які ілюструють ступінь впливу фазових гармонічних спотворень при генеруванні зондувального широкосмугового лінійно-частотно-модульваного сигналу та широкосмуговості АР на форму РЛДП.

Ключові слова: *імітаційна модель, широкосмуговий сигнал, адаптивна антенна решітка, радіолокаційний дальнісний портрет, дестабілізуючі фактори, спотворення сигналу, вимірювання спотворень.*

Вступ.

Радіолокаційне розпізнавання передбачає вимірювання різних радіолокаційних характеристик об'єктів (цілей), вибір інформативних і стійких ознак, навчання пристрою розпізнавання та в подальшому прийняття рішень про приналежність об'єктів, які спостерігаються, до того чи іншого класу (типу).

За активної радіолокації можуть застосовуватись різні сукупності траєкторних, поведінкових та сигнальних ознак розпізнавання об'єктів. Сигнальні ознаки є найбільш інформативними. Серед них: ефективна площа розсіювання (ЕПР), поляризаційні, спектральні та часові характеристики відбитих від цілі сигналів. Вони містять інформацію про розміри, параметри руху цілі, її форму, модуляції, викликані обертанням крильчаток турбін або гвинтів, а також коливаннями різних частин літальних апаратів.

Аналітичне обґрунтування вибору сукупності ознак та дослідження їх інформативності є доволі складним завданням, тому для попередньої оцінки якості розпізнавання за тією, чи іншою сукупністю ознак, застосовують методи математичного моделювання [1, 2], які потребують розробки адекватних моделей для конкретних засобів радіолокаційного спостереження.

Радіолокаційний дальністний портрет (РЛДП), який є обвідною відбитого сигналу на виході узгодженого з випромінюваним сигналом фільтра, є однією з найбільш поширених ознак розпізнавання, що пов'язана з формою об'єкта (цілі). Для отримання РЛДП потрібна достатньо висока роздільна здатність за дальністю, яка забезпечується застосуванням широкосмугових сигналів (ШСС) [3, 4]. Серед них поширеними є лінійно-частотно-модульовані (ЛЧМ) радіоімпульси, що пов'язано з відносною простотою їх генерування та обробки, а також можливістю досягнення більш низького в порівнянні з іншими складними сигналами рівня бічних пелюсток стиснутого сигналу на виході приймача [5].

Сполучення високого розділення за дальністю з високим розділенням у напрямку поперечному до лінії візування, яке може бути забезпечене методом інверсного синтезування апертури, дозволяє отримувати двовимірні радіозображення [1, 6]. Потрібний час супроводження повітряної цілі при цьому визначається необхідною роздільною здатністю і може складати одиниці-десятки секунд. В радіолокаційних станціях (РЛС) огляду такий режим спостереження може бути реалізований за умови застосування електронного сканування променем з використанням фазованих антенних решіток (ФАР). Необхідність підвищення терміну спостереження цілі також виникає за умов впливу сукупності дестабілізуючих факторів, які викликають зростання похибок вимірювання ознак, для забезпечення потрібної ймовірності вірного розпізнавання об'єктів послідовними методами [7, 8].

В числі факторів, що можуть викликати спотворення форми отриманого РЛДП при зондуванні ШСС достатньо великої тривалості [9-11]:

- нелінійні спотворення сигналу в передавальному та приймальному трактах;
- неідентичність частотних характеристик приймально-передавальних трактів ФАР;
- вплив зовнішніх завад;
- затримка сигналу по апертурі антени на передачу та прийом;
- рух цілі з високою радіальною швидкістю;

- наявність на цілі елементів, що обертаються;
- зміни просторової орієнтації цілі.

Тобто, при дослідженні якості розпізнавання повітряних цілей з використанням ШСС, особливо із застосуванням двовимірних радіозображень, потрібно враховувати особливості руху цілі та дестабілізуючі фактори, які спотворюють сигнал в процесі його формування і обробки, а у випадку ФАР – її широкосмуговість.

Антенна решітка вважається широкосмуговою, якщо добуток ширини спектра сигналу на різницю часових затримок до крайніх точок антенної системи $\Pi \cdot \Delta t_З \geq 1$ [12]. Якщо у випадку вузькосмугового сигналу достатньо вводу комплексного вагового коефіцієнту в кожний канал ФАР, то для широкосмугових сигналів необхідно проводити операцію частотно-залежного зважування. Це може бути реалізовано з використанням в кожному каналі ФАР трансверсальних фільтрів [13], однак при цифровій обробці може бути простішим перехід у частотну область з використанням алгоритмів швидкого перетворення Фур'є [12, 14].

Для дослідження впливу дестабілізуючих факторів на якість розпізнавання об'єктів в РЛС з ФАР при застосуванні ШСС можуть бути застосовані методи математичного моделювання розглянуті в [1, 2]. Наприклад, програма Radar Target Backscattering Simulation (RTBS) [15] дозволяє імітувати відбиті сигнали від повітряних цілей декількох типів з урахуванням прямолінійного руху в умовах впливу турбулентностей атмосфери при опроміненні цілей різними видами ШСС. Однак в ній розраховуються ідеальні РЛДП цілей без врахування впливу дестабілізуючих факторів в процесі випромінювання та обробки сигналу для одноканальної РЛС.

Для оцінки впливу дестабілізуючих факторів в РЛС з ФАР може бути використаний узагальнений ентропійний показник [16], який характеризує втрати інформації, або ж часткові показники, що вказують ступінь спотворення ШСС на виході системи обробки сигналу, наприклад, коефіцієнт взаємної кореляції спотвореного та опорного (зразкового) сигналів або пов'язаний з ним коефіцієнт (у відсотках) [17]

$$K_\rho = 100 \cdot \sqrt{2\left(1 - \rho_{\max}\right)}, \qquad (1)$$

де $\rho_{\max}$ – максимальне значення коефіцієнта взаємної кореляції обвідних цих сигналів.

Метою статті є розробка математичної моделі для дослідження впливу спотворень сигналу на якість розпізнавання в РЛС з антенною решіткою та широкосмуговим зондувальним сигналом і попередня оцінка ступеня спотворень РЛДП.

Виклад основного матеріалу.

В роботі пропонується математична модель для дослідження впливу спотворень ШСС на якість розпізнавання повітряних цілей згідно представленої на рис. 1 структурної схеми. Модель призначена для імітації обробки відбитих від повітряних цілей ШСС в РЛС з адаптивною антенною решіткою (ААР) з урахуванням її широкосмуговості. Для цього передбачається включення в кожний з N приймальних каналів ААР трансверсальних фільтрів з M комплексними регульованими коефіцієнтами, $M = N \cdot (n_{лз} + 1)$, де $n_{лз}$ – кількість ліній затримки, виходи яких об'єднуються в суматорі для обробки сигналу у часовій області [13]. Сумарний портрет після узгодженої фільтрації і детектування поступає в блок оцінки якості РЛДП та розпізнавання, в якому проводиться оцінка ступеня спотворень РЛДП та в подальшому передбачається реалізація процедури розпізнавання цілей.

На основі вихідних даних з програми RTBS – проекцій положення «блискучих точок» на лінію візування та їх амплітуд (кореня квадратного з ЕПР) з урахуванням параметрів зондувального сигналу в блоці формування відбитого НВЧ сигналу обчислюються комплексні відліки сигналу відлуння $\dot{S}mod_i$ згідно співвідношення

$$\dot{S}mod_i = \sum_{k=0}^{kt-1} A_k \cdot \dot{s}\left(t_k - tz_k\right), \qquad (2)$$

де kt – кількість «блискучих точок», A_k – амплітуда та tz_k – час затримки сигналу від n-ї «блискучої точки», $\dot{s}(\bullet)$ – комплексна обвідна зондувального ШСС з урахуванням спотворень сигналу в передавальному пристрої, вид яких задається в блоці імітації шумів і спотворень сигналу, t_i – момент часу, що відповідає в i-му відліку сигналу.

Блок імітації шумів і спотворень сигналу, окрім формування видів спотворень сигналів при їх випромінюванні, призначений для відтворення адитивних власних шумів та зовнішніх завад в приймальних каналах ААР та видів спотворень сигналів при обробці в приймальному тракті. Тоді сигнал в n-му приймальному каналі ААР

$$\dot{S}mod_{in} = \sum_{k=0}^{kt-1} A_k \cdot \dot{s}_n\left(t_i - tz_k - t_{зп}\right) + \dot{N}_{in}, \qquad (3)$$

де $\dot{s}_n(\bullet)$ – комплексна обвідна ШСС з можливим її додатковим спотворенням та $\dot{N}_{in}$ – ком-

плексні відліки власних шумів та зовнішніх завад в n-му приймальному каналі антенної решітки, $t_{зп}$ – час затримки сигналу до n-го приймального елементу ААР.

У запропонованій моделі можливо вносити спотворення як у зондувальний, так і у відбитий сигнал, і оцінювати рівень спотворень РЛДП та їх вплив на якість розпізнавання цілей з їх використанням. Подальшим завданням дослідження може бути порівняння якості розпізнавання для ідеальної форми сигналу та за умов її спотворення. Крім цього, може досліджуватись вплив адаптації антенної решітки в умовах зовнішніх завад на якість розпізнавання.

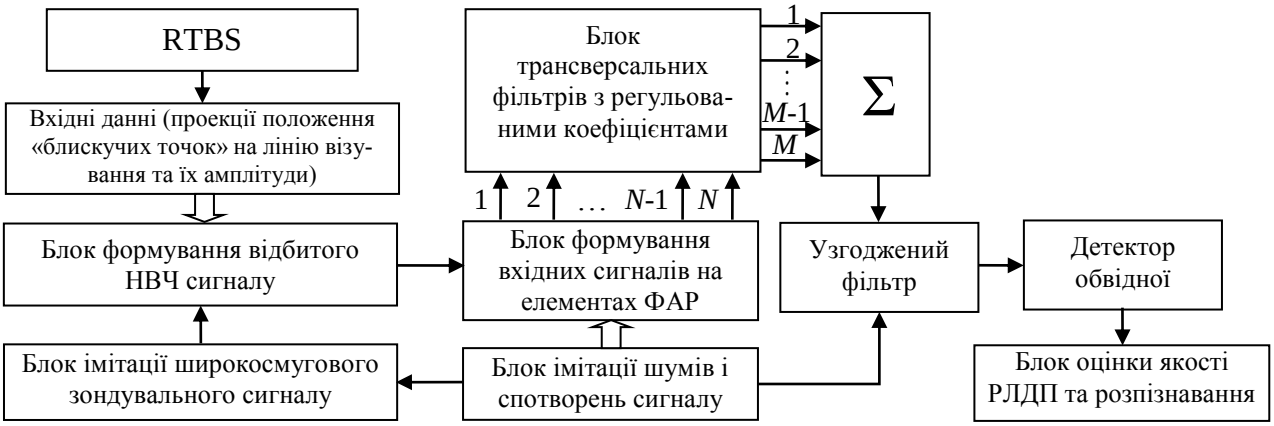


Рисунок 1 – Структурна схема математичної моделі для дослідження впливу дестабілізуючих факторів на якість розпізнавання об'єктів в РЛС з адаптивною антенною решіткою

Попередня перевірка функціонування моделі проведена без імітування адаптації антенної решітки. Оцінювалась ступінь спотворень РЛДП за рахунок введення паразитної фазової модуляції при генеруванні зондувальних сигналів, а також вплив затримки ШСС на апертурі решітки.

Умови моделювання. Моделювався радіолокатор, з носійною частотою f_0=2,9 ГГц (довжиною хвилі λ=13 см), зондувальним ЛЧМ сигналом з прямокутною обвідною та параметрами: тривалість імпульсу 13,65 мкс, девіація частоти 150 МГц і параметрами лінійної антенної решітки: кількість елементів решітки N=50, відстань між елементами решітки λ/2. Коефіцієнт широкосмуговості антенної решітки складає $\Pi \cdot \Delta t_3$=1,84. Параметри просторового положення цілі відносно РЛС було обрано такими: дальність спостереження – 50 км, висота польоту цілі – 8 км, ракурс спостереження цілі – 10°. Швидкість польоту цілі – 800 км/год.

Для дослідження спотворень РЛДП в одноканальній РЛС імітувався зондувальний ЛЧМ радіоімпульс при паразитній гармонічній фазовій модуляції $\varphi(t) = M_\varphi \sin(2\pi f_м t)$, $f_м = 105$ кГц з індексом фазової модуляції M_φ = 0, 0,1, …, 1. В цьому випадку довжина хвилі РЛС λ=3 см. Відношення сигнал-шум на один портрет задавалось рівним 20 Дб, як і в подальшому моделюванні.

Приклади спотворених та неспотворених РЛДП при M_φ = 0,9 представлені на рис. 2, 3.

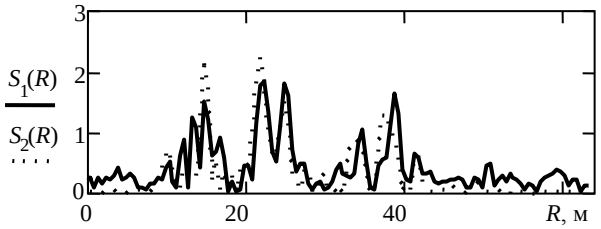


Рисунок 2 – Спотворений $S_1(R)$ та ідеальний $S_2(R)$ радіолокаційні дальнісні портрети літака В-1В

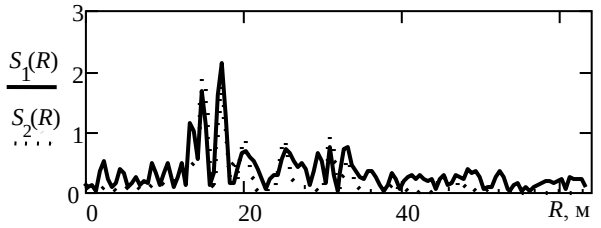


Рисунок 3 – Спотворений $S_1(R)$ та ідеальний $S_2(R)$ радіолокаційні дальнісні портрети літака Ту-16

Ступінь впливу спотворень ЛЧМ сигналу при його випромінюванні ілюструється залежностями максимуму коефіцієнта кореляції обвідних спотвореного та неспотвореного РЛДП при різних індексах фазової гармонічної модуляції при формуванні ЛЧМ радіоімпульсу (рис. 4) та відповідних йому коефіцієнта $K_ρ$ (рис. 5). Отримані залежності аналогічні графікам $K_{ρ1}$ для одиночного спотвореного імпульсу [17, 18]. Однак, рівні

спотворень РЛДП відмінні для різних типів цілей.

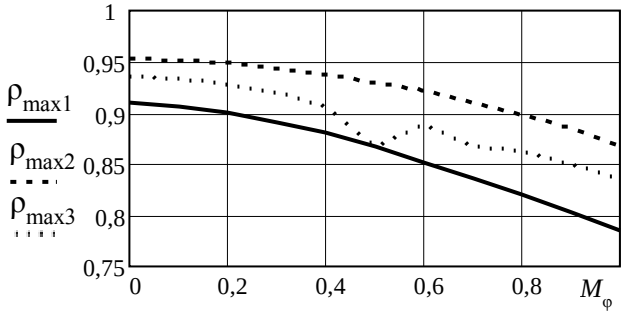


Рисунок 4 – Залежність максимуму кореляції спотвореного та ідеального РЛДП літаків Ту-16 (ρ_{max1}), В-1В (ρ_{max2}) та МіГ-29 (ρ_{max3})

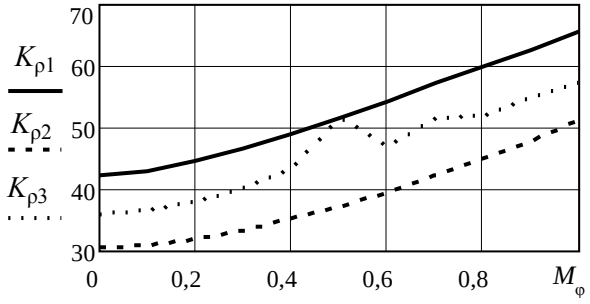


Рисунок 5 – Графік залежності коефіцієнта K_ρ спотвореного та ідеального РЛДП літаків Ту-16 ($K_{\rho1}$), В-1В ($K_{\rho2}$), та МіГ-29 ($K_{\rho3}$)

З рисунків видно, що при збільшенні рівня паразитної модуляції кореляція портретів одного типу зменшується. Разом цим в деяких випадках зростає взаємна кореляція спотворених РЛДП з очікуваними портетами цілей інших типів, що ілюструють результати розрахунків кореляції для чотирьох випадків: спотвореного РЛДП літака МіГ-29 з неспотвореним РЛДП літака Ту-16 ρ_{max1}; спотвореного РЛДП літака МіГ-29 з неспотвореним РЛДП літака В-1В ρ_{max2}; спотвореного РЛДП літака Ту-16 з неспотвореним РЛДП літака МіГ-29 ρ_{max3} та взаємна кореляція спотвореного РЛДП літака Ту-16 з неспотвореним РЛДП літака В-1В ρ_{max4} (рис. 6).

У випадку моделювання опромінення цілі локатором з антенною решіткою сигнали на елементи решітки поступають з затримками. При цьому, якщо не враховувати широкосмуговість антени і компенсувати лише фазові набіги, сумарний портрет буде спотворений тим більше, чим більше кут повороту Θ променя відносно нормалі до решітки (рис. 7, 8). Портрет $S_2(R)$ за затримкою відповідає РЛДП з виходу середнього елементу решітки (i=26).

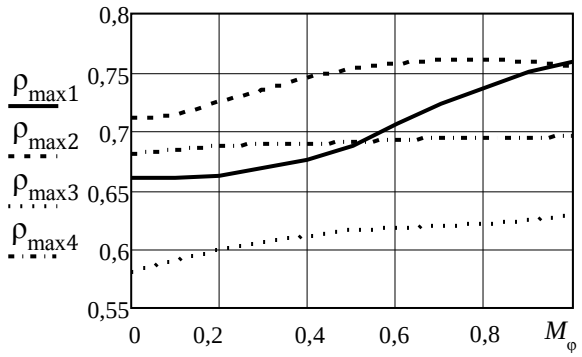


Рисунок 6 – Взаємна кореляція РЛДП літаків Ту-16, В-1В та МіГ-29

Часова затримка сигналу на елементах решітки пов'язана з кутом повороту наступним чином:

$$\Delta t_{зп} = \frac{n \cdot \sin\Theta}{f_0}, \qquad (4)$$

де n – номер елемента решітки, $n=\overline{1, N}$,
f_0 – носійна частота.

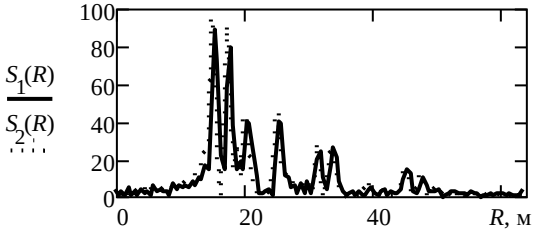


Рисунок 7 – Спотворений $S_1(R)$ та неспотворений $S_2(R)$ радіолокаційні дальнісні портрети літака: Ту-16 при куті спостереження 5°

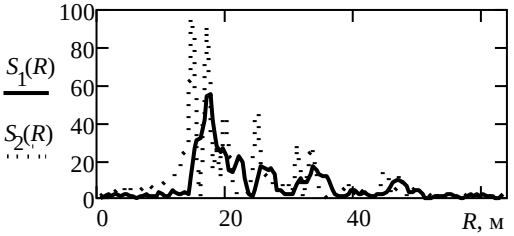


Рисунок 8 – Спотворений $S_1(R)$ та неспотворений $S_2(R)$ радіолокаційні дальнісні портрети літака Ту-16 при куті спостереження 65°

Графіки залежностей взаємної кореляції РЛДП на виході суматора з неспотвореним портретом (рис. 10) та відповідні їм – для коефіцієнта K_ρ (рис. 11) показують ступінь спотворення РЛДП при різних значеннях індексу фазової модуляції (при різному рівні спотворень сигналу).

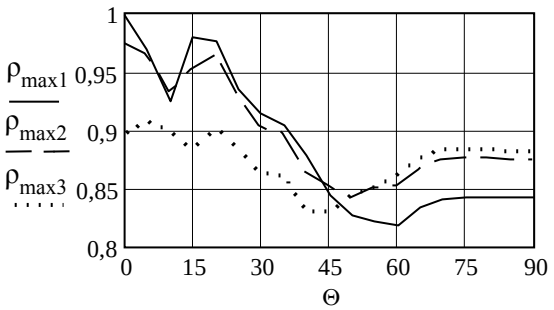


Рисунок 10 – Графіки залежностей кореляції портретів від кута спостереження для літака Ту-16 при індексах фазової модуляції M_φ=0 (ρ_{max1}), M_φ=0,4 (ρ_{max2}), та M_φ=0,9 (ρ_{max3})

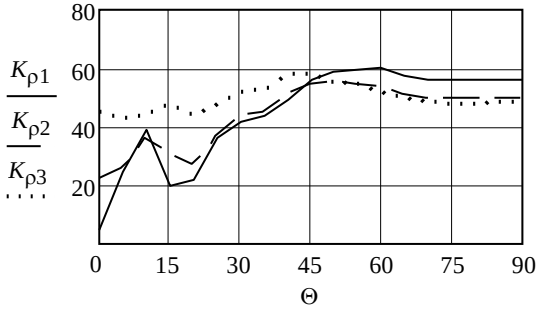


Рисунок 11 – Графік залежності коефіцієнта K_ρ від кута спостереження для літака Ту-16 при індексах фазової модуляції M_φ=0 ($K_{\rho1}$), M_φ=0,4 ($K_{\rho2}$), та M_φ=0,9 ($K_{\rho3}$)

Таким чином, при використанні широкосмугового зондувального сигналу нехтування відмінністю часової затримки сигналів в каналах АР веде до зниження кореляції РЛДП з очікуваними (еталонними) портретами. В той же час, як і при гармонічному фазовому спотворенні зондувального ШСС, в окремих випадках спостерігається певне зростання кореляції РЛДП на виході АР з еталонними портретами цілей інших типів (наприклад, взаємна кореляція РЛДП літака ТУ-16 з РЛДП літака В1-В зросла на 0,06 до 0,74, і навпаки кореляція РЛДП літака В1-В з еталонним РЛДП літака ТУ-16 – на 0,05 до 0,72).

Висновки.

Розроблена математична модель, яка дозволяє імітувати процес обробки широкосмугових сигналів в РЛС з ААР з метою оцінювання ступеня спотворень РЛДП і якості розпізнавання цілей.

Представлені результати з оцінки впливу гармонічних фазових спотворень зондувального ЛЧМ радіоімпульсу та спотворень РЛДП викликаних нехтуванням широкосмуговістю антенної решітки. Вони вказують очікувані рівні спотворень РЛДП за показниками максимуму взаємної кореляції та коефіцієнта K_ρ, що може бути використано при визначенні вимог щодо якості розпізнавання в РЛС з антенною решіткою та ШСС.

Зростання рівня спотворень сигналу в окремих випадках підвищує взаємну кореляцію РЛДП цілей різних типів. Це може призвести до збільшення умовних ймовірностей їх хибного розпізнавання та потребує подальшого дослідження.

Список використаних джерел

4. Ширман Я. Д. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование / Я. Д. Ширман, С. А. Горшков, С. П. Лещенко, Г. Д. Братченко, В. М. Орленко // Зарубежная радиоэлектроника: успехи современной радиоэлектроники. – 1996. – № 11. – С. 3-63.

5. Computer Simulation of Aerial Target Radar Scattering, Recognition, Detection and Tracking / Y. D. Shirman, S. A. Gorshkov, S. P. Leshchenko, V. M. Orlenko, S. Y. Sedyshev, O. I. Sukharevskiy / Y.D. Shirman editor. – Boston – London: Artech house, 2002. – 294 c.

6. Ширман Я. Д. Разрешение и сжатие сигналов / Я. Д. Ширман. – М.: Сов. радио, 1974. – 360 с.

7. Кук Ч. Радиолокационные сигналы / Ч. Кук, М. Бернфельд. – М.: Сов. радио, 1971. – 568 с.

8. Гомозов В. И. Теория и техника формирования сложных СВЧ сигналов с высокой скоростью угловой модуляции для радиотехнических систем [Текст] : монография / В. И. Гомозов. – Х. : Издатель Шуст А. И., 2002. – 398 с.

9. Стайнберг Б. Д. Формирование радиолокационного изображения самолета в диапазоне СВЧ / Б. Д. Стайнберг // ТИИЭР. – 1988. – т. 76, № 12. – С. 26-46.

10. Фу К. Последовательные в методы распознавания образов и обучении машин / К. Фу: Пер. с англ. – М.: Наука, 1971. – 255 с.

11. Грешилов А. А. Статистические методы принятия решений с элементами конфлюэнтного анализа / А. А. Грешилов, В. А. Стакун, А. А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1998. – 112 с.

12. Горшков С.А. Адаптивная компенсация искажений широкополосных дискретных частотно-манипулированных сигналов в РЛС с активной антенной решеткой // Сборник научных трудов 4-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития», 18-21 октября 2011 г. – Харьков, 2011. – Т. I. – С. 265 – 268.

13. Батурин Н. Г. Измерение параметров линейно-частотно-модулированных сигналов и их

нестабильностей / Н. Г. Батурин, В. И. Гомозов, А. В. Зюзин. – М.: Вузовская книга, 2011. – 176 с.

14. Ширман Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с

15. Братченко Г. Д. Классификация дестабилизирующих воздействий в процессе радиолокационного распознавания / Г. Д. Братченко, В. В. Скачков // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2010. – Вип. 4(26). – С. 64-67

16. Монзинго Р. А. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию / Р. А. Монзинго, Т. У. Миллер: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.

17. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К. Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.

18. Radar Target Backscattering Simulation Software and User's Manual / S. A. Gorshkov, S. P. Leshchenko, V. M. Orlenko, S. Yu Sedyshev, Y. D. Shirman – Boston-London: Artech House, 2002. – 71 p.

19. Скачков В. В. Энтропийный подход к исследованию информационных возможностей адаптивной радиотехнической системы при внутрисистемной неопределенности / В. В. Скачков, В. В. Чепкий, Г. Д. Братченко, А.Н. Ефимчиков // Радиоэлектроника. – 2015. – Т. 58, № 6. – (Изв. вузов). – С. 3-12.

20. Братченко Г. Д. Числове моделювання вимірювання спотворень широкосмугових складних сигналів / Г. Д. Братченко, І. С. Сеніва, В. Б. Лубманенко, Г. А. Губернатор // Збірник наукових праць ОДАТРЯ. – Одеса, 2014. – № 1(4). – С. 24 – 28.

21. Братченко Г. Д. Моделювання вимірювання спотворень широкосмугових сигналів з метою їх метрологічного забезпечення / Г. Д. Братченко, С. В. Бугаєв, І. С. Сеніва, Д. В. Григор'єв // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 2014. – Вип. 2(5). – С. 68-73.

Надійшла до редакції 20.05.2015

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

Г. Д. Братченко, д.т.н., **Г. Г. Смаглюк**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМУ ДАЛЬНОСТНЫХ ПОРТРЕТОВ В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ

Предложена имитационная математическая модель для исследования влияния дестабилизирующих факторов на уровень искажений радиолокационных дальностных портретов (РЛДП) и качества распознавания воздушных целей в радиолокационных системах с адаптивными антенными решетками (АР). Представлены результаты моделирования, иллюстрирующие степень влияния фазовых гармонических искажений при генерировании зондирующего широкополосного линейно-частотно-модулированного сигнала и широкополосности АР на форму РЛДП.

Ключевые слова: *имитационная модель, широкополосный сигнал, адаптивная антенная решетка, радиолокационный дальностный портрет, дестабилизирующие факторы, искажения сигнала, измерение искажений.*

H. D. Bratchenko, DSc, **G. G. Smagluk**

MODELING DESTABILIZING INFLUENCES ON THE SHAPE OF RANGE PROFILES IN RADAR WITH ANTENNA ARRAY

The simulation model to study the effect of destabilizing factors in the distortion of radar range profiles (RRP) and recognition quality of air targets in radar systems with adaptive antenna array (AA) is offered. The simulation results for illustrate the degree of influence of phase harmonic distortion when generating probing wideband chirp signal and broadbandness of AA on the RRP shape are presented.

Keywords**:** *simulation model, wideband signal, adaptive antenna array, radar range profile, destabilizing factors, signal distortion, distortion measurement.*

УДК 621.391:519.72

Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина

Одесский национальный экономический университет, г. Одесса

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТА АППРОКСИМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ПСП

Приведено описание теста аппроксимационной энтропии из пакета STS NIST, и методика подбора оптимальных значений его входных параметров при испытании псевдослучайных последовательностей для нужд криптографии.

Ключевые слова: *аппроксимация, энтропия, тест, криптография, генератор ПСП, параметр, STS NIST.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Интерес специалистов, работающих в области криптографии, к совершенствованию средств тестирования генераторов псевдослучайных последовательностей (ПСП), объясняется стремлением к повышению стойкости создаваемых ими симметричных криптографических систем. Основным принципом, на котором базируются критерии стойкости современных шифров, является статистическая оценка равномерности распределения символов в гаммирующих последовательностях и в последовательностях, из которых формируются сеансовые ключи. К сожалению, опубликованные в этой области научные работы еще не сложились в самостоятельный раздел криптоанализа, базирующийся на фундаментальных методах математической статистики. К настоящему времени известно несколько тестовых пакетов [1-3], позволяющих выполнять ориентировочную оценку криптографической стойкости ПСП, предназначенных для нужд криптографии. Окончательный же вывод об их надежности делается путем применения различных методов взлома, что требует огромных временных, интеллектуальных и вычислительных ресурсов.

Анализ исследований и публикаций. В работе «Искусство программирования на ЭВМ» [4], сформулировано правило, которое сводится к тому, что число тестов, применяемых для анализа последовательности, не должно быть строго оговорено. Чем их больше, тем выше уровень доверия к полученному результату. Отчасти это так. По этой причине тесты, включаемые в состав предлагаемых пакетов, базируются на статистической обработке различных показателей ПСП, с последующей оценкой их отклонения от ожидаемых теоретических значений.

Пакет тестов STS NIST [1], рекомендуемых Институтом стандартизации США, принято считать основным. Он содержит шестнадцать тестов, которые позволяют оценивать степень соответствия распределения вероятностей символов равномерному закону в двоичных последовательностях. Несмотря на то, что в руководстве, распространяемом NIST, содержится методика тестирования и упрощенные примеры, при попытке применения этого пакета возникает много вопросов, связанных с выбором таких параметров статистического материала, как размеры тестируемых сегментов последовательностей и некоторых иных индивидуальных показателей для каждого рекомендуемого теста. Эти показатели не могут быть универсальными. В каждом тесте их следует определять опытным путем. Дополнительная проблема состоит в том, что приводимые теоретические обоснования некоторых тестов явно недостаточны. В частности, это относится к тесту аппроксимационой энтропии, описанию и результатам работы с которыми посвящена данная статья. Для достижения указанной **цели** авторами использованы их публикации [5-15]. Учитывая это, перейдём к изложению основного материала.

Тест аппроксимационной энтропии

Понятие аппроксимационной энтропии было введено в 1991 году в [16] применительно к задаче проверки строки двоичных символов на случайность. Оно отличается от понятия информационной энтропии, введенного К. Шенноном [17]. Шенноновское понятие энтропии входит в него как составная часть. Суть метода исследования, предложенного Пинкусом, заключается в проверке частот однотипных m-разрядных «скользящих» фрагментов тестируемой n-разрядной последовательности

$$\varepsilon=\varepsilon_1,\varepsilon_2,\ldots,\varepsilon_n.$$

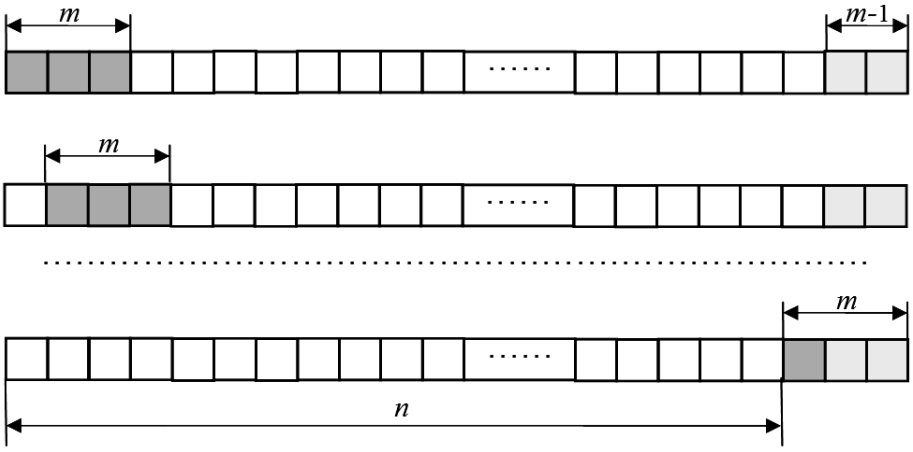


Рисунок 1 – Выделение фрагментов в тестируемом сегменте ПСП

Эти блоки (рис. 1) формируются с начала каждого символа тестируемого сегмента последовательности. Общее их число должно быть равно n. Для этого в конец n-разрядного сегмента добавляют $m-1$ символов следующего сегмента [1]. В этом случае общее число m-разрядных двоичных блоков равно 2^m. При высокой степени равномерности распределения вероятностей двоичных символов следует ожидать, что количества однотипных фрагментов будут также мало отличаться, а вероятности их появления в тестируемом сегменте p_i, $i = 1,2,\ldots 2^m$ будут стремиться к величине $1/2^m$. Однако в реальном случае эти величины отличаются, и степень этого отличия дает возможность оценить, насколько испытуемая последовательность «случайна» или «неслучайна». С этой целью, в процессе тестирования, предполагается выполнять оценку вероятностей p_i по правилу $p_i = k_i / 2^m$, где k_i – количество фрагментов i-го типа, встречающихся в тестируемом сегменте.

Рассматривая тестируемый сегмент последовательности как некоторый текст, составленный символами алфавита размером 2^m, и определив оценки величин p_i, можно посчитать значение шенноновской энтропии

$$\Phi^{(m)} = \sum_{i=1}^{2^m} p_i \log p_i ,$$

выражающее среднее количество информации на один символ 2^m-алфавита.

Значение введенной Пинкусом в [16] аппроксимационной энтропии определяется как

$$ApEn(m) = \Phi^{(m)} - \Phi^{(m+1)} ,$$

что представляет собой разницу энтропий, посчитанных для фрагментов с длинами m и $m+1$. В [18], показано, что для нерегулярных последовательностей величина ее приблизительной энтропии $ApEn(m)$ принимает наибольшее возможное значение. Напротив, если ее значение мало, испытуемая последовательность признается «неслучайной». Также в [18] показано, что при фиксированной длине блока m, следует ожидать, что в длинных «случайных» (нерегулярных) сегментах последовательности, $ApEn(m) \sim \log 2$, а предельное распределение $n[\log 2 - ApEn(m)]$ совпадает с распределением χ^2 с 2^m степенями свободы [19]. На основании этого утверждения, в этом же источнике, был предложен и обоснован количественный показатель, на основании которого может быть сделан вывод о качестве тестируемого сегмента псевдослучайной последовательности

$$P_v = igamc\left(2^{m-1}, \chi^2(n\,[\log 2 - ApEn(m)])/2\right) ,$$

где $igamc(m,x)$ – дополнительная неполная гамма-функция от аргументов m и x.

Руководство STS NIST [1] рекомендует признавать тестируемый сегмент последовательности «случайным», если полученное значение $P_v \geq 0.01$. В противном случае, он признается «неслучайным».

Если величина ошибки первого рода α, задается равной 0.01, тестируемая последовательность разделяется на более чем 100 сегментов и после тестирования определяется доля тех из них, которые не прошли тестирование. Если она оказывается меньше α, принимается решение о положительном завершении тестирования ПСП. При иных значениях α, поступают аналогично. Руководство также предлагает выбирать величину фрагмента m из условия

$$m < \lfloor \log_2 n \rfloor - 5 , \qquad (1)$$

однако в приводимых далее примерах это условие не всегда дает хороший результат. Кроме того, не существует и единого мнения о размерах тестируемых сегментов испытуемой последовательности. Этому вопросу посвящена публикация [20], в которой в результате анализа соответствующих нормативных документов, делается выводы о том, что к рекомендациям четвертого раздела руководства [1] следует относится с осторожностью, поскольку очевидно, что не может быть универсальных значений входных параметров для всех шестнадцати тестов, предлагаемых STS NIST. По результатам испытаний, приводимых в данной работе, делается вывод о том, что общая длина тестируемой последовательности должна колебаться от 20000 до 10^6 символов.

Скорее всего, при поиске ответа на вопрос о соотношении величин тестируемого сегмента n и фрагмента m, на основе которого рассчитывается аппроксимационная энтропия $ApEn(m)$, следует исходить из выражения (1), не забывая о том, что оно не является строгим. В работе [4] указывается на тот факт, что для достоверной оценки вероятностей p_i следует обеспечить величины k_i не менее 5. Это значит, что должно выполняться соотношение $n/2^m > 5$ и $n/2^{(m+1)} > 5$. Например, если n=1000, $m = \lfloor \log_2 1000 \rfloor - 5 = 4$, $1000/2^4 \approx 62$ и $1000/2^{(4+1)} \approx 31 > 5$, то значение m=4 с теоретической точки зрения подходит для тестирования при n=1000.

Однако опыт показывает, что при попытке создания программных продуктов, использование расчетных параметров не всегда обеспечивает желаемое качество тестирования. Так, например, тест, реализованный с параметрами приведенного выше примера и α=0.01, дает результаты тестирования, приведенные на рис. 2.

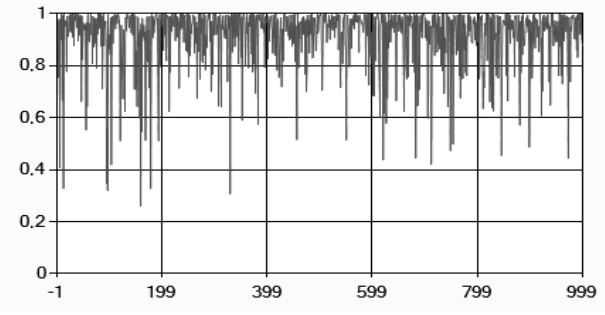


Рисунок 2 – Результаты тестирования ПСП, порождаемой генератором SHA-1. Используемые параметры теста: n=1000, m=4. Бракованных сегментов нет

Из приведенного графика видно, что все 1000 проверяемых 1000 битных сегментов дают положительный результат тестирования, а это говорит о том, чувствительность такого теста невысока. При правильной настройке теста и выбранном значении α, до одного процента сегментов должны быть забракованы (это логически вытекает из того факта, что в хорошей последовательности все сегменты, в том числе и те «случайные» сегменты, которые выглядят как «неслучайные», равновероятны). При увеличении значения m на единицу ($1000/2^{(5)} \approx 31 > 5$ и $1000/2^{(6)} \approx 15 > 5$), результаты тестирования изменятся, и будут иметь вид, приведенный на рис. 3.

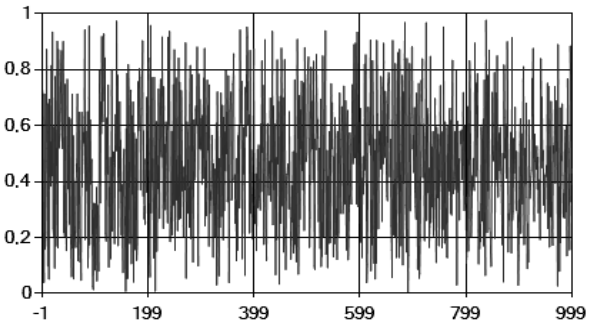


Рисунок 3 – Результаты тестирования ПСП, порождаемой генератором SHA-1. Используемые параметры теста: n=1000, m=5. Забраковано три сегмента

Как видно из приведенного графика, тест стал более чувствителен к выявлению «неслучайных» последовательностей (три сегмента из тысячи было забраковано, что укладывается в допуск, равный одному проценту). Дальнейшее увеличение числа m до 6 хотя и не нарушает требования, сформулированного в [4] ($1000/2^{(6)} \approx 15 > 5$) и условия (1) ($1000/2^{(7)} \approx 8 > 5$), приводит к увеличению вероятности ошибки второго рода – «случайные» сегменты последовательности признаются «неслучайными» (рис. 4.).

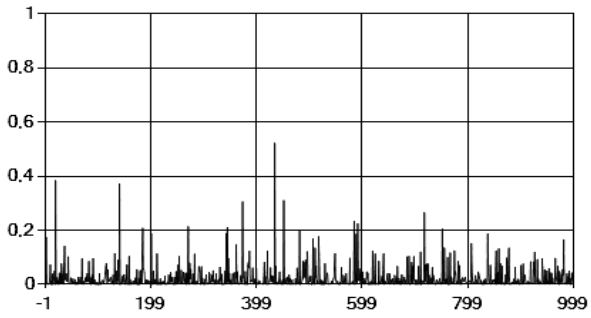


Рисунок 4 – Результаты тестирования ПСП, порождаемой генератором SHA-1. Используемые параметры теста: n=1000, m=6. Забраковано 542 сегмента

Выводы. При выборе тестов STS NIST, разработчики ориентировались на принцип их независимости. Все 16 тестов основаны на различных математических задачах из теории математической статистики. Естественно, что при этом трудно было выработать общие подходы к выбору для них входных параметров. В каждом конкретном случае попытка практической реализации того или иного теста требует некоторой доводки разрабатываемого программного обеспечения путем испытаний с применением заведомо качественных генераторов ПСП. В частности, что касается рассмотренного в статье теста аппроксимацтонной энтропии, то при увеличении размера статистического материала, например до 10^6 символов, для сохранения одинаковой чувствительности к ошибкам первого и второго рода, оптимальный размер фрагмента *m* придется определять заново.

Список использованных источников

1. 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.
2. The Marsaglia Random Number CDROM including the Diehard Battery of Tests of Randomness [Електронний ресурс] // Портал : stat.fsu.edu. – Режим доступу \www/ URL: http:// www.stat.fsu.edu/pub/diehard**.** -- Заголовок з екрана, доступ вільний, 30.03.2015.
3. Statistical test suite Crypt-X [Електронний ресурс] // Портал : isi. – Режим доступу \www/ URL: http://www.isi.qut.edu.au/resources/cryptx**.** -- Заголовок з екрана, доступ вільний, 30.03.2015.
4. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ : монография, Т. 2. – М. : Мир, 1977. – 727 с.
5. Казакова Н. Ф. аналитическое обоснование использования gfsr-генераторов в задачах криптографии [Текст] / Н. Ф. Казакова // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – № 5/5(13). – С. 45-47.
6. Казакова Н. Ф. Аналіз стану розвитку інструментальних засобів для тестування вихідних послідовностей симетричних шифрувальних пристроїв [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Метрологія та прилади. – 2011. – № 4(30). – С. 27-30.
7. Казакова Н. Ф. Застосування програмно реалізованого прогностичного контролю для вирішення практичних завдань забезпечення якості надання послуг у захищених інформаційних мережах [Текст] / Н. Ф. Казакова // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 2(29). – С. 86-95.
8. Казакова Н. Ф. Инструментальные средства для предварительного анализа криптографических программных генераторов ПСП [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Сучасний захист інформації. – К. : ДУІКТ. – 2010. – № 1. – С. 31-35.
9. Казакова Н. Ф. Поэтапное тестирование и подбор составных элементов генераторов псевдослучайных последовательностей [Текст] / Н. Ф. Казакова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. № 2/8(44). – С. 44-48.
10. Казакова Н. Ф. Проблемы оценки качества работы современных линейных генераторов псевдослучайных последовательностей [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2013. – № 1(2). – С 32-36.
11. Казакова Н. Ф. Проблемы построения комбинированных линейных генераторов псевдослучайных чисел [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Інформаційна безпека. – 2013. – № 2(10). – С. 58-64.
12. Казакова Н. Ф. Программная реализация универсального статистического теста Маурера для анализа псевдослучайных последовательностей [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – № 7(161). – Т. 1. – С. 289-296.
13. Казакова Н. Ф. Статистическое тестирование криптографических генераторов [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – № 9(151). – Т. 1. – С. 29-36.
14. Казакова Н. Ф. Частотное тестирование криптографических генераторов псевдослучайных последовательностей [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Сучасний захист інформації. – 2010. – № 3. – С. 51-57.
15. Щербина Ю. В. Обобщение результатов тестирования генераторов псевдослучайных оследовательностей [Текст] / Ю. В. Щербина, Н. Ф. Казакова // Інформаційна безпека. – 2012. – № 1(7). – С. 90-95.
16. Pincus S. Approximate entropy as a measure of system complexity [Текст] / S. Pincus // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. – 1991. – P. 2297-2301.
17. Шеннон К. Э. Математическая теория связи [Текст] / К. Э. Шеннон // Работы по теории информации и кибернетике. – 1963. – С. 243-322.
18. Pincus S. Not all (possibly) «random» sequences are created equal. [Текст] / S. Pincus, R. E.

Kalman // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1997. – Vol. 94. – P. 3513-3518.

19. Rukhin A. Approximate entropy for testing randomness [Текст] / A. Rukhin // Journal of Applied Probability. – 2000. – Vol. 37. – P. 24-29.

20. Hill J. ApEn Test Parameter Selection [Електронний ресурс] / J. Hill // Портал : untruth.org. – Режим доступу \www/ URL: http://www.untruth.org/~josh/papers/ApEn%20test%20parameter%20selection.pdf**.** -- Заголовок з контейнера, доступ вільний, 11.09.2014.

Поступила в редакцию 20.05.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Скопа А. А., Одеський національний економічний університет, м. Одеса.

Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕСТУ АПРОКСИМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ, ДЛЯ АНАЛІЗУ КРИПТОГРАФІЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ПВП

Наведено опис тесту апроксимаційної ентропії з пакету STS NIST, і методика підбору оптимальних значень його вхідних параметрів під час випробування псевдовипадкових послідовностей для потреб криптографії.

Ключові слова: *апроксимація, ентропія, тест, криптографія, генератор ПВП, параметр, STS NIST.*

N. F. Kazakova, Ju. V. Shherbina

APPLICATION TEST ANALYSIS APPROXIMATION ENTROPY FOR CRYPTOGRAPHIC GENERATOR OF PSEUDO-RANDOM SEQUENCE

The description of the test approximate entropy of packet STS NIST, and methods of selection of the optimal values of its input parameters in the test pseudorandom sequences for the needs of cryptography.

Keywords: *approximation, entropy, test, cryptography, pseudo-random sequence, parameter, STS NIST.*

УДК 004.45:004.057.02

Є. В. Вавілов

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

СЕРІЯ СТАНДАРТІВ SQuaRE ЯК ОСНОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКИ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

Розглянуто серію перспективних міжнародних стандартів ISO/IEC 25000 – ISO/IEC 25099. Зазначені стандарти регламентують якість програмних продуктів, які відносяться до особливих прикладних областей застосування. Показано, що стандарти, які розглядаються, доповнюють існуючі стандарти якості програмних засобів, об'єднують вже діючі стандарти або уточняють їх.

Ключові слова. *Стандарт, SQuaRE, якість, оцінка, міра, ISO/IEC, програма.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Застосування стандартів в області інженерії програмного забезпечення (ПЗ) відіграє велику роль. За останні роки спостерігається бурхливий ріст кількості різноманітного ПЗ. Це ставить гостре питання про його якість [1-10]. На сьогоднішній день одним з найефективніших методів розв'язку даної проблеми є розробка та національна адаптація стандартів, що регламентують процес проектування якісного ПЗ. Існує безліч визначень цього поняття. Так, наприклад, згідно до стандарту 1061-1998 IEEE «Standard for Software Quality Metrics Methodology», якість програмного забезпечення визначено як ступінь, у якому ПЗ має необхідну комбінацію властивостей. У міжнародному стандарті ISO 8402:1994 «Quality management and quality assurance» якість ПЗ трактується як сукупність характеристик ПЗ, що ставляться до його

здатності задовольняти встановлені та передбачувані потреби. Але загально прийнято вважати, що основними стандартами з якості в області інженерії ПЗ поки що є серія ISO/IEC 9126 «Software engineering – Product quality». Згідно якої *якість ПЗ* – це сукупність властивостей, які обумовлюють його придатність до задоволення встановлених потреб відповідно до призначення. Безумовно, що вимоги до якості ПЗ постійно підвищуються: воно повинно бути функціональним, надійним та зручним для роботи, простим для вивчення та ін. Крім зазначеного, користувач повинен бути впевненим у тому, що він може довіряти ПЗ дані, які підлягають обробці [11]. На сьогоднішній день реалізація вимог безпеки при розробці ПЗ є однією з найбільш актуальних складових частин загальної проблеми забезпечення його якості.

Проблема якості ПЗ має два аспекти:

– забезпечення якості;

– оцінка (вимір) якості.

Для забезпечення якості та надійності ПЗ у літературі та дослідниками пропонується безліч підходів, включаючи організаційні методи розробки, різні технології й технологічні програмні засоби. Для оцінки якості ПЗ на сьогодні не існує єдиного критерію та стандартної загальновизнаної методики. Наприклад, в [12-14] пропонуються різні підходи до розв'язку задачі, які, втім, не вирішують проблеми в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як зазначено вище та у [11], на поточний момент основою задоволення вимог користувачів до якості та оцінки програмних засобів є серія міжнародних стандартів ISO/IEC 9126. Додатком до неї, є серія стандартів ISO/IEC 14598 «Software engineering – Product evaluation». яка визначає способи оцінки якості.

Кожен з зазначених стандартів ISO/IEC 9126 та ISO/IEC 14598 обумовлює базову термінологію та загальні підходи до проблеми оцінки якості ПЗ, а саме:

– характеристики якості;

– метрики вимірювання характеристик якості;

– методологію оцінки отриманих характеристик якості.

Сукупність стандартів ISO/IEC 9126 та стандартів ISO/IEC 14598 утворює модель якості SQuaRE (англ.: *Software Quality Requirements and Evaluation*; SQuaRE). На відміну від кожного з зазначених стандартів окремо, модель SQuaRE визначає модель характеристик якості ПЗ, яка розглядається далі та складається з таких атрибутів якості, як:

– внутрішні атрибути якості, тобто вимоги до якості коду та до внутрішньої архітектури;

– зовнішні атрибути якості, тобто вимоги до функціональних можливостей;

– атрибути «якості у використанні», тобто ті атрибути якості, які встановлюються не тільки до ПЗ, а до всієї інформаційної системи.

Саме атрибути «якості у використанні» характеризують ефект для користувача від використання ПЗ в різних контекстах використання. Відповідно, доцільним є аналіз моделі SQuaRE, як основи забезпечення вимог до якості та оцінки програмних засобів, що є ***метою статті***. Це дозволить зменшити невизначеність при сумісній роботі організацій щодо розробки, впровадження та супроводу ПЗ, наприклад, між замовниками розробки, розроблювачами та незалежними оцінювачами. Доцільність застосування моделі SQuaRE обумовлюється тим, що використовувані підходи можуть бути також застосовані при роботі з закордонними партнерами [11].

Виклад основного матеріалу. Розглянемо структуру серії стандартів SQuaRE. У якості основи використаємо матеріали з [15, 16] та інших першоджерел, які зазначені у списку літератури. З них відомо, що на поточний момент часу ISO (англ.: *International Organization for Standardization*; ISO) та IEC (англ.: *International Electrotechnical Commission*; IEC) ведуть активні роботи зі створення серії стандартів під загальною назвою «Системна та програмна інженерія – Вимоги до якості та оцінка програмного продукту» (англ.: *Systems and software engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation*; SSE – SQuaRE). Ця серія покликана замінити собою вище зазначені серії стандартів ISO/IEC 9126-1-4:2001-2004 та ISO/IEC 14598-1-6:1998-2001.

Основними перевагами серії стандартів SQuaRE є те, що вони забезпечують координацію методології по вимірюванню та оцінці якості програмних продуктів, наявність керівництва по специфікації вимог до якості програмного продукту та гармонізацію зі стандартом ISO/IEC 15939:2007 у формі еталонної моделі вимірювань якості. Взаємозв'язок та організацію серії стандартів SQuaRE наведено на рис. 1 [17, 18]. Серія стандартів SQuaRE розділена на групи (розділи), які утворюють собою модель SQuaRE, що представлено у вигляді табл. 1.

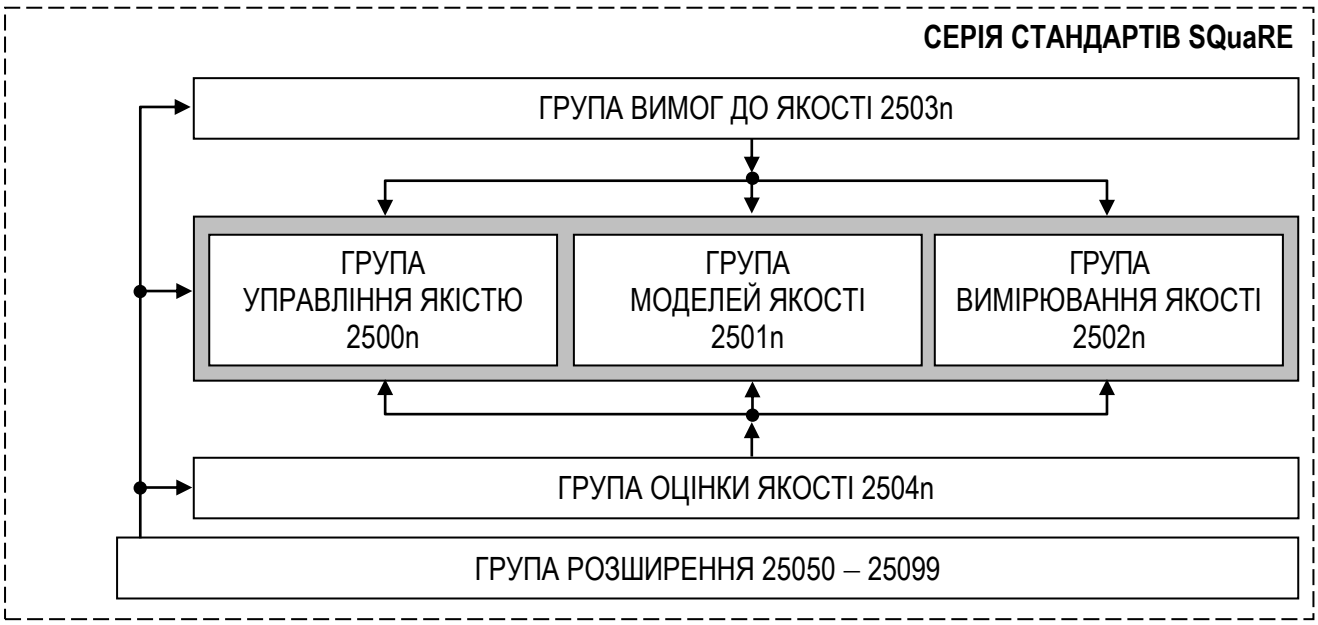


Рисунок 1 – Взаємозв'язок та організація серії стандартів SQuaRE

Таблиця 1 – Групи (розділи) серії стандартів SQuaRE

Назва, група	Призначення	Примітки
ISO/IEC 2500n група управління якістю	Визначено загальні моделі, терміни та визначення, які використовуються в інших стандартах серії SQuaRE	Містить посібник з використання стандартів серії SQuaRE
ISO/IEC 2501n група моделі якості	Представлено докладні моделі якості для комп'ютерних систем та програмних продуктів, якості у використанні та якості даних	Містить практичне керівництво з використання всіх моделей якості
ISO/IEC 2502n група вимірювання якості	Представлено еталонну модель вимірювань якості програмного продукту, математичні визначення мір якості та практичне керівництво щодо їх застосування. Визначено та представлені елементи мір якості, які є основою цих мір	Містить приклади внутрішніх та зовнішніх мір якості програмних продуктів та систем, а також мір якості у використанні
ISO/IEC 2503n група вимог до якості	Представлено методики визначення вимоги до якості, ґрунтуючись на моделях та мірах якості	Показано, що вимоги до якості можуть використовуватися в процесі виявлення вимог до якості розроблюваного програмного продукту або як вхідні дані для процесу оцінки
ISO/IEC 2504n група оцінки якості	Представлено вимоги, рекомендації та керівництва по оцінці програмного продукту оцінювачами, замовниками або розробниками	Представлено правила документування мір у вигляді модуля оцінки
ISO/IEC 25050-25099 група розширення	Представлено вимоги до якості комерційних готових програмних продуктів (англ.: *Commercial off the shelf Software*; COTS) та загальні промислові формати для звітів по практичності	–

Групу стандартів ISO/IEC 2500n представимо у вигляді рис. 2.

ISO/IEC 2500n – ГРУПА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ	
ISO/IEC 25000:2005 ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – КЕРІВНИЦТВО ПО SQUARE	ISO/IEC 25001:2007 ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

Рисунок 2 – Група стандартів ISO/IEC 2500n

Стандарт ISO/IEC 25000:2005 включає:

– основні терміни та визначення в області оцінки якості ПЗ та систем;

– опис структури серії стандартів SQuaRE;

– опис взаємозв'язків стандартів серій SQuaRE, ISO/IEC 9126 та ISO/IEC 14598.

У стандарті ISO/IEC 25001:2007 представлено:

– концепції управління оцінками;

– рекомендації щодо визначення вимог до якості та оцінки якості;

– зразок плану оцінки якості.

Групу стандартів ISO/IEC 2501n представимо у вигляді рис. 3.

ISO/IEC 2501n – ГРУПА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ	
ISO/IEC 25010:2011 СИСТЕМНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – МОДЕЛІ ЯКОСТІ СИСТЕМ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ	ISO/IEC 2501 2:2008 ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – МОДЕЛЬ ЯКОСТІ ДАНИХ

Рисунок 3 – Група стандартів ISO/IEC 2501n

Стандарт ISO/IEC 25010:2011 введено замість стандарту ISO/IEC 9126-1:2001 «ISO/IEC 9126–1:2001. Програмна інженерія. Якість продукту. – Ч. 1: Модель якості». Згідно до нього, *якість системи* – це ступінь задоволення системою вимог, як заданих, так і таких, що маються на увазі користувачами. Ці вимоги представляються моделями якості, наведеними в стандарті ISO/IEC 25010:2011. Моделі мають ієрархічну структуру, де на верхньому рівні знаходяться характеристики, які, за потребою, підрозділяються на підхарактеристики.

Вимірювані властивості, пов'язані з якістю системи або продукту, у ISO/IEC 25010:2011 названо *властивостями якості*. Властивості якості асоційовано з *мірами якості*. Згідно до стандарту, щоб отримати міру характеристики або підхарактеристики якості без їх безпосереднього вимірювання, необхідно:

1) визначити сукупність властивостей, які разом покривають характеристику або підхарактеристику;

2) отримати міри якості для кожної з властивостей;

3) об'єднати отримані міри за допомогою обчислень для отримання результуючої міри якості, пов'язаної з характеристикою або підхарактеристикою якості.

У стандарті ISO/IEC 25010:2011 визначено дві моделі якості:

Модель 1: модель якості у використанні, що складається з п'яти характеристик, які мають відношення до результатів взаємодій продукту при його застосуванні в заданому контексті використання.

Модель 2: модель якості продукту, що складається з восьми характеристик, які мають відношення до статичних властивостей ПЗ та динамічних властивостей комп'ютерної системи.

Модель 1 є моделлю системи, що застосовується до повних людино-комп'ютерних систем, включаючи як використовувані комп'ютерні системи, так та використовувані програмні продукти. Модель 2 може бути застосовна як до комп'ютерних систем, так і до програмних продуктів.

За стандартом ISO/IEC 25010:2011 передбачається застосування так званої «моделі якості у використанні». Цим самим розуміється, що *якість у використанні* – це ступінь застосовності продукту або системи заданими користувачами для задоволення їхніх потреб у досягненні заданих цілей з результативністю, ефективністю, свободою від ризику та задоволеністю в заданих контекстах використання. Поняття контексту використання властиво як для якості у використанні, так і для якості продукту. В останньому

випадку воно визначається стандартом як *задані умови*.

«Якість у використанні» характеризує вплив, який продукт (система або програмний продукт) здійснює на правовласників. Він визначається якістю програмного забезпечення, апаратних засобів та експлуатаційного середовища, а також характеристиками користувачів, завдань та соціального оточення.

Модель «якості у використанні» наведена на рис. 4.

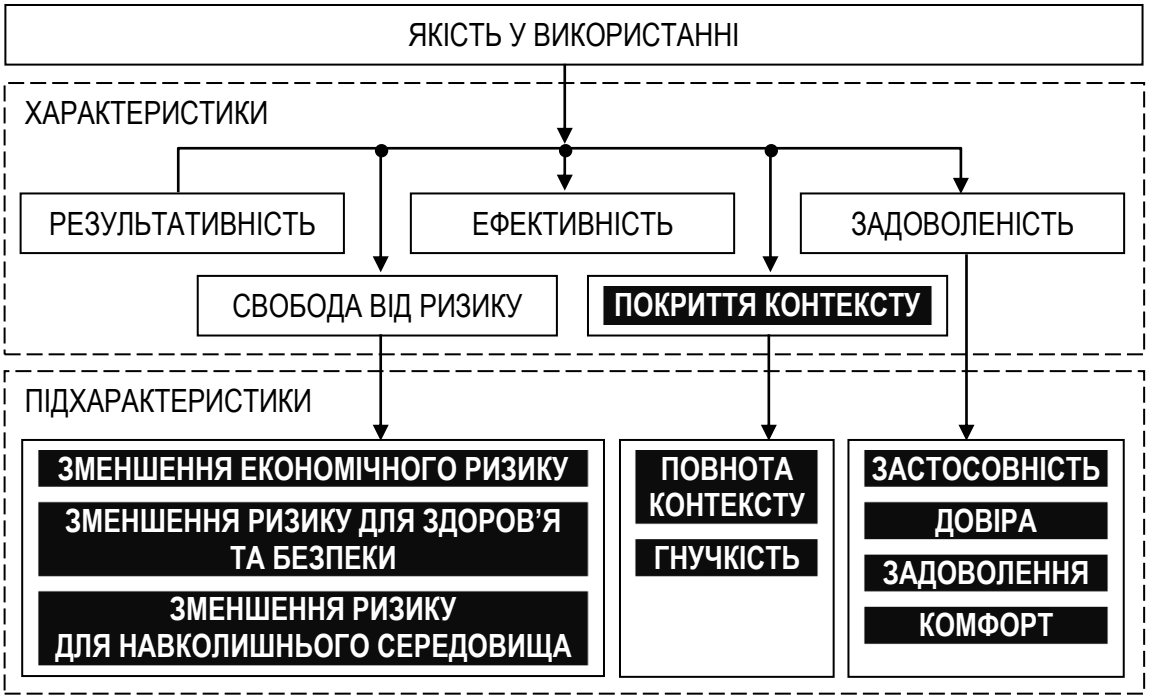


Рисунок 4 – Модель «якості у використанні» за стандартом ISO/IEC 25010:2011

Як видно з рис. 4, модель «якості у використанні» за стандартом ISO/IEC 25010:2011 складається з п'яти характеристик, які пов'язані з результатами взаємодії з системою, та є:

– результативністю;
– ефективністю;
– задоволеністю;
– свободою від ризиків;
– покриттям контексту.

На рис. 4 затемненням виділено відмінності моделі SQuaRE від попередньої версії моделі якості у використанні, яка визначалася стандартом ISO/IEC 9126-1:2001.

Стандартом ISO/IEC 25010:2011 введено основні поняття так, як це показано у табл. 2.

Таблиця 2 – Основні поняття міжнародного стандарту ISO/IEC 25010:2011

Поняття	**Опис поняття**	**Примітки**
Результативність Effectiveness	Точність та повнота, з якою користувачі досягають заданих цілей	–
Ефективність Efficiency	Ресурси, що витрачаються в залежності від точності та повноти, з якими користувач досягає цілей	–
Задоволеність Satisfaction	Ступінь задоволення потреб користувача при застосуванні продукту або системи в заданому контексті використання	Містить підхарактеристики Застосовність Usefulness Довіра Trust Задоволення Pleasure Комфорт Comfort
Свобода від ризику	Ступінь зменшення продуктом або системою потенційного ризику для економічного статусу, людського життя,	Містить підхарактеристики Зменшення економічного ризику

Поняття	Опис поняття	Примітки
Freedom from risk	здоров'я чи навколишнього середовища	Economic risk mitigation Зменшення ризику для здоров'я та безпеки Health and safety risk mitigation Зменшення ризику для навколишнього середовища Environmental risk mitigation
Покриття контексту Context coverage	Ступінь застосовності продукту або системи з результативністю, ефективністю, свободою від ризику та задоволеністю як в заданих контекстах використання, так і поза ними	Містить підхарактеристики Повнота контексту Context completeness Гнучкість Flexibility

Модель якості продукту за стандартом ISO/IEC 25010:2011 представлено на рис. 5. Як видно з нього, властивості якості системи або програмного продукту у моделі розділено на 8 характеристик (затемненням виділено відмінності моделі за стандартом ISO/IEC 25010:2011 від моделі внутрішньої та зовнішньої якості, як це визначено у стандарті ISO/IEC 9126-1:2001 [15]. У табл. 3 наведено пояснення щодо вказаних характеристик.

Таблиця 3 – Характеристики моделі якості за стандартом ISO/IEC 25010:2011

Назва характеристики	Опис характеристики	Підхарактеристики
Функціональна відповідність Functional suitability	Ступінь забезпечення програмним продуктом або системою функцій, що відповідають заданим або імовірною потребам при використанні в заданих умовах	Функціональна повнота Functional completeness Функціональна правильність Functional correctness Функціональна придатність Functional appropriateness
Ефективність функціонування Performance efficiency	Залежність функціонування від кількості ресурсів, що використовуються в заданих умовах. Ресурси можуть включати інші програмні продукти, програмну та апаратну конфігурацію системи, матеріали	Поведінка у часі Time behaviour Використання ресурсів Resource utilization Ємність Capacity
Сумісність Compatibility	Ступінь можливостей програмного продукту, системи або компонента обмінюватися інформацією з іншими продуктами, системами або компонентами та / або виконувати свої задані функції при спільному використанні однієї й тієї ж апаратної або програмної платформи	Співіснування Coexistence Здатність до взаємодії Interoperability
Практичність Usability	Ступінь застосовності програмного продукту або системи заданими користувачами для досягнення заданих цілей з результативністю, ефективністю та задоволеністю в заданому контексті використання	Доцільність розпізнання Appropriateness recognizability Здатність до навчання Leamability Простота використання Operability Захист від помилок користувачів User error protection Естетичність користувальницького інтерфейсу

Назва характеристики	Опис характеристики	Підхарактеристики
		User interface aesthetics Доступність Accessibility
Надійність Reliability	Ступінь виконання системою, програмним продуктом або компонентом заданих функцій в заданих умовах протягом заданого періоду часу. Для ПЗ обмеження надійності пов'язані з помилками у вимогах, проекті та його реалізації чи зі змінами контексту	Завершеність Maturity Готовність Availability Стійкість до помилок Fault tolerance Відновлюваність Recoverability
Захищеність Security	Ступінь захисту програмним продуктом або системою інформації та даних так, щоб особи, інші продукти або системи мали ступінь доступу до даних, відповідну типам та рівням їх авторизації	Конфіденційність Confidentiality Цілісність Integrity Незаперечність Non-repudiation Ідентифікованість Accountability Аутентичність Authenticity
Супроводжуємість Maintainability	Ступінь результативності та продуктивності модифікацій програмного продукту або системи запланованим персоналом супроводу. Модифікації можуть включати виправлення, поліпшення або адаптацію програмного засобу до змін у навколишньому середовищі, вимогах та функціональних специфікаціях	Модульність Modularity Повторне використання Reusability Здатність до аналізу Analysability Здатність до модифікації Modifiability Здатність до тестування Testability
Мобільність Portability	Ступінь результативності та ефективності переносу системи, програмного продукту або компонента з однієї апаратної, програмної чи іншої експлуатаційної платформи або використовуваного середовища в іншу (інше)	Здатність до адаптації Adaptability Простота установки Installability Взаємозамінність Replaceability

Чисельні значення властивостей якості системи або програмного продукту, які знаходяться на нижньому рівні ієрархічної структури моделей якості, можуть бути визначені за допомогою мір якості. Вимірюванню властивостей якості присвячена група стандартів вимірювання якості ISO/IEC 2502n. До неї входять стандарти, які представлено на рис. 6. На рис. 7 наведена структура групи стандартів вимірювання якості.

Стандарт ISO/IEC 25022 є ревізією стандарту ISO/IEC TR 9126-4:2004 та в даний час знаходиться в розробці. Стандарт ISO/IEC 25023 є ревізією стандартів ISO/IEC TR 9126-2:2003 ISO/IEC TR 9126-3:2003 та також знаходиться в стадії розробки. Стандарт ISO/IEC 25024 розробляється вперше.

У стандартах ISO/IEC 25020:2007 та ISO/IEC 25021:2012 визначено, що основою для знаходження значень мір якості є *елементи мір якості* (ЕМЯ), які визначають значення відповідних властивостей продукту. Значення ЕМЯ беруть участь в обчисленні деякого виразу, який в моделі SQuaRE названо *функцією вимірювання*, в результаті чого визначається *значення* відповідної міри якості.

У стандарті ISO/IEC 25021:2012 визначено початковий набір ЕМЯ для використання протягом життєвого циклу продукту, та наведено правила для проектування елементів мір якості та верифікації існуючих ЕМЯ. Вміст стандарту встановлює зв'язок між серіями стандартів ISO/IEC 9126-1-4:2001-2004 та SQuaRE. Зв'язок відображено на рис. 8.

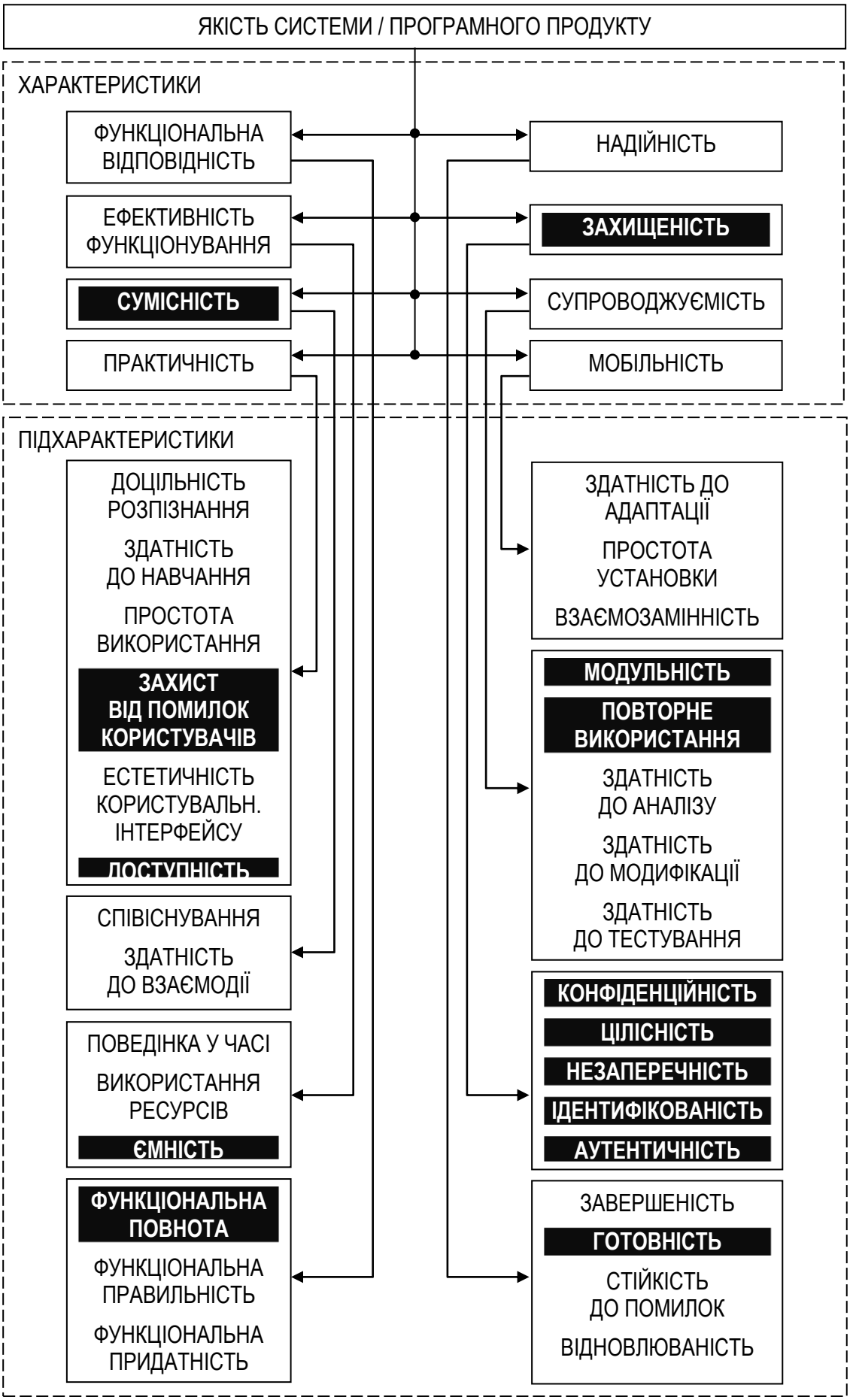


Рисунок 5 – Модель якості продукту за стандартом ISO/IEC 25010:2011

ISO/IEC 2502n – ГРУПА ВИМІРЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЯКОСТІ	
ISO/IEC 25020:2007 ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ВИМІРЮВАНЬ	ISO/IEC 25021:2012 СИСТЕМНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ЕЛЕМЕНТИ МІР ЯКОСТІ
ISO/IEC 25022 СИСТЕМНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ У ВИКОРИСТАННІ	ISO/IEC 25023 СИСТЕМНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМ ТА ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ
ISO/IEC 25024 СИСТЕМНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ – ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ОЦІНКИ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ – ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ ДАНИХ	

Рисунок 6 – Група стандартів ISO/IEC 2502n



Рисунок 7 – Структура групи вимірювання якості

Наведений у стандарті ISO/IEC 25021:2012 набір ЕМЯ використано при проектуванні мір якості, визначених у стандартах ISO/IEC 9126-2-4:2001-2004. Кожна з мір якості цих стандартів складається як мінімум з двох ЕМЯ.

Слід зазначити, що поняття «міра якості», яке використовується в стандартах серії SQuaRE, еквівалентно поняттю «метрика якості» в стандартах ISO/IEC 9126-1-4:2001-2004. Термін «міра» введено в стандарти серії SQuaRE для забезпечення сумісності зі стандартом ISO/IEC 15939:2007.

Висновки. Розглянуто міжнародну групу (серію) стандартів SQuaRE, яка включає у себе стандарти ISO/IEC 9126 та ISO/IEC 14598. Показано, що ця група є основою розробки перспективних міжнародних стандартів ISO/IEC 25050 – ISO/IEC 25099, які регламентуватимуть якість програмних продуктів прикладних областей застосування. Показано, що стандарти, які розглядаються, доповнюють існуючі стандарти якості програмних засобів, об’єднують вже діючі стандарти або уточнюють їх.

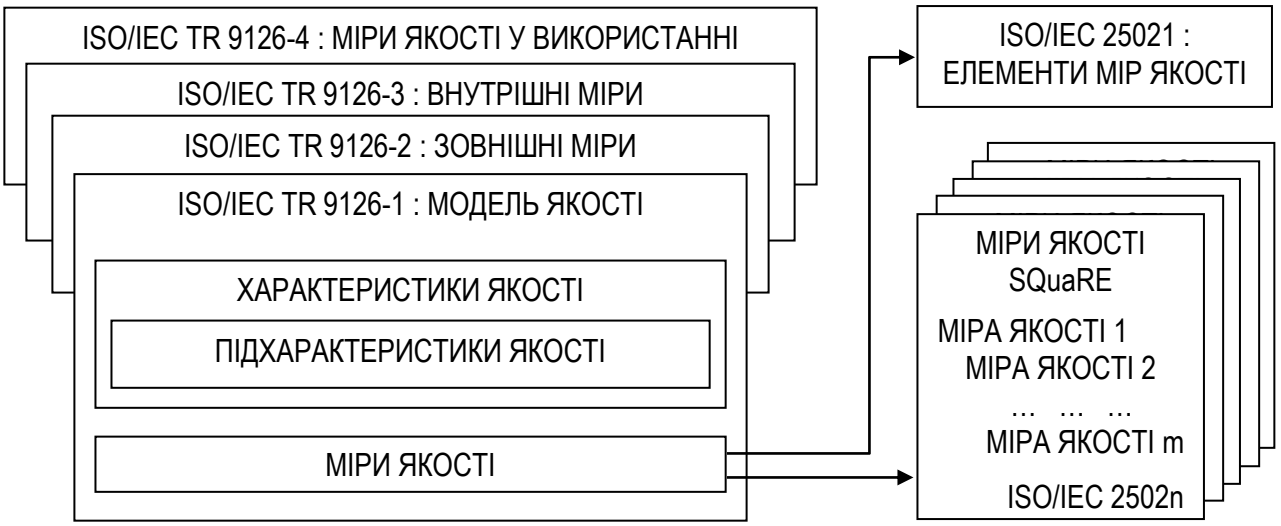


Рисунок 8 – Організація зв'язку між серіями стандартів 9126 та SQuaRE за допомогою стандарту ISO/IEC 25021:2012

Список використаних джерел

1. Скопа О. О. Концепція контрольних випробувань резервних систем на основі біноміальної схеми [Текст] / О. О. Скопа, С. Л. Волков, А. В. Мінін // Інформаційна безпека. – 2011. – № 2(6). – С. 69-76.
2. Щербина Ю. В. Принципи вибору формальних параметрів при побудові профілей захисту інфоресурсів [Текст] / Ю. В. Щербина, С. Л. Волков, О. О. Скопа // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №5/2(59). – С. 31-33.
3. Скопа О. О. Показники якості та життєві цикли захищених інформаційно-вимірювальних систем [Текст] / О. О. Скопа, С. Л. Волков, О. В. Грабовський // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 15(204). – Ч. 1. – С. 192-198.
4. Скопа О. О. Проблематика якості послуг інтернет-провайдерів [Текст] / О. О. Скопа, С. Л. Волков, К. Б. Айвазова // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 2013. – № 1(2). – С. 27-31.
5. Грабовський О. В. Регуляризація визначення показників якості функціонування ІВС з врахуванням нечіткості інформації [Текст] / О. В. Грабовський, С. Л. Волков, О. О. Скопа // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2013. – № 26(999). – С. 169-174.
6. Грабовський О. В. Візуалізація структури показників якості інформаційно-вимірювальних систем [Текст] / О. В. Грабовський, С. Л. Волков, О. О. Скопа // Метрологія та прилади. – 2013. – № 2(40). – С. 69-74.
7. Скопа О. О. Мультихромосомна генетична модель показників якості інформаційно-вимірювальних систем [Текст] / О. О. Скопа, С. Л. Волков, О. В. Грабовський // Бионика интеллекта. – 2015. – № 1(84). – С. 43-48.
8. Казакова Н. Ф. Застосування програмно реалізованого прогностичного контролю для вирішення практичних завдань забезпечення якості надання послуг у захищених інформаційних мережах [Текст] / Н. Ф. Казакова // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 2(29). – С. 86-95.
9. Казакова Н. Ф. Проблемы оценки качества работы современных линейных генераторов псевдослучайных последовательностей [Текст] / Н. Ф. Казакова, Ю. В. Щербина // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 2013. – № 1(2). – С. 32-36.
10. Kazakova Nadia. Model that Solve the Information Recovery Problems [Текст] / Nadia Kazakova, Oleksandr Skopa, Mikołaj Karpiński // Jornal of Telecommunications and Information Technology. – 2014. – № 4. – P. 116-121.
11. Данилина Т. Г. Оценка качества программного обеспечения в соответствии с международными стандартами [Текст] / Т. Г. Данилина // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 7(59). – С. 266-269.
12. Калинина Л. Ю. Оценка качества программных продуктов [Текст] / Л. Ю. Калинина // Качество. Инновации. Образование. – 2006. – № 4. – С. 52-55.
13. Бураков В. В. Методика оценки качества программных средств [Текст] / В. В. Бураков // Известия вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 1. – С. 13-18.

14. Коваленко И. И Оценка качества программных продуктов с использованием теории Демпстера-Шейфера [Текст] / И. И. Коваленко, А. В. Швед // Наукові праці ЧДУ. Комп'ютерні технології. – 2011. – Т. 160. – № 148. – С. 22-26.

15. Бахтизин, В. В. Метрология, стандартизация и сертификация в информационных технологиях : учеб.-метод. пособие / В. В. Бахтизин, Л. А. Глухова, С. Н. Неборский. – Минск : БГУИР, 2013. – 60 с. : ил.

16. Бахтизин, В. В. Стандартизация и сертификация программного обеспечения : учеб. пособие / В. В. Бахтизин, Л. А. Глухова. – Мн.: БГУИР, 2006. – 200 с.: ил.

17. СТБ ISO/IEC 25000-2009. Разработка программного обеспечения. Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). Руководство по SQuaRE. – Введ. 2010-01-01. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2009.

18. ISO/IEC 25000:2005. Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). Руководство по SQuaRE. – Введ. 2005-08-01. – Женева : ISO/IEC, 2005.

Надійшла до редакції 20.05.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Скопа А. А., Одеський національний економічний університет, м. Одеса.

Е. В. Вавилов

СЕРИЯ СТАНДАРТОВ SQuaRE КАК ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ И ОЦЕНКЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрена серия перспективных международных стандартов ISO/IEC 25000 – ISO/IEC 25099. Эти стандарты регламентируют качество программных продуктов, которые относятся к особым прикладным областям применения. Показано, что стандарты, которые рассматриваются, дополняют существующие стандарты качества программных средств, объединяют уже действующие стандарты или уточняют их.

Ключевые слова: *Стандарт, SQuaRE, качество, оценка, мера, ISO/IEC, программа.*

Je. V. Vavilov

SERIES SQuaRE-STANDARDS AS THE BASIS SECURITY REQUIREMENTS FOR QUALITY AND EVALUATION SOFTWARE

We consider a series of advanced international standards ISO/IEC 25000 – ISO/IEC 25099. These standards govern the quality of software products, which are applied to specific areas of application. It is shown that the standards, which are considered complementary to the existing standards of quality software tools combine already existing standards or clarify them.

Keywords: *Standard, SQuaRE, quality, evaluation, measure, ISO/IEC, program.*

УДК 389.14:621.317:006.354

Т. Б. Гордієнко, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ОЦІНЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ТЕХНІЧНИХ КОМІТЕТІВ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УЗАГАЛЬНЕНОГО КРИТЕРІЮ

Розглянуто особливості оцінювання діяльності технічних комітетів стандартизації України. Запропоновано використання узагальненого критерію оцінювання діяльності національного ТК, який враховує не лише кількість розроблених технічним комітетом національних стандартів, а й інших нормативних документів. Представлені результати порівняльного аналізу оцінювання діяльності національних технічних комітетів різних галузей економіки.

Ключові слова: *технічний комітет стандартизації, оцінювання, критерій, міжнародна організація стандартизації, регіональна організація стандартизації.*

Вступ

Ефективність діяльності національних технічних комітетів стандартизації (ТК) на національному, міжнародному та регіональному рівнях залишається одним із актуальних питань щодо забезпечення потреб урядових та неурядових структур. Проведення досліджень з метою оцінки ефективності діяльності національних ТК та виконання ними функцій, передбачених Типовим положенням про ТК [1], зокрема з урахуванням лише кількості розроблених національних стандартів (ДСТУ), гармонізованих з міжнародними і регіональними (далі – гармонізовані ДСТУ) [2], а також деяких інших показників [3, 4] не давали об'єктивного результату.

Оцінювання роботи національних ТК доцільно здійснювати не лише за показником кількості розроблених ДСТУ, гармонізованих ДСТУ за відповідними групами (сферами діяльності), а й з урахуванням факторів, що найбільше впливають на ефективність роботи ТК. При цьому варто враховувати, що не всі ТК мають міжнародні аналоги в міжнародних організаціях стандартизації (МОС) або регіональних організаціях стандартизації (РОС), можливість співпрацювати з ними і розробляти гармонізовані ДСТУ. Саме через специфіку сфери діяльності певні ТК розробляють лише ДСТУ, галузеві стандарти, стандарти організацій (СОУ) і технічні умови (ТУ).

Пріоритети для національної стандартизації щодо розроблення гармонізованих ДСТУ визначені чинним законодавством України та іншими нормативними документами (НД). Враховуючи підготовку України до укладання з Європейським Союзом (ЄС) Угоди про оцінку відповідності та прийнятності промислової продукції (АСАА), впровадження європейський стандартів, застосування яких сприймається як доказ відповідності вимогам директив "нового підходу", є першочерговим пріоритетом.

Актуальним питанням є розроблення спеціального критерію оцінювання діяльності ТК, який би враховував різні фактори його діяльності.

1. Узагальнений критерій оцінки діяльності ТК

Для визначення ефективності діяльності ТК щодо впровадження міжнародних стандартів, розроблення національних стандартів і стандартів інших рівнів у працях [5–8] запропоновано використовувати певний узагальнений критерій оцінки цієї діяльності δ_Σ

$$\delta_\Sigma = a \cdot \frac{K_{DSTUh}}{K_\Sigma} + b \cdot \frac{K_{DSTU}}{K_\Sigma} + c \cdot \frac{K_{SOU}}{K_\Sigma}, \quad (1)$$

де

K_{DSTUh} – загальна кількість розроблених національним ТК гармонізованих ДСТУ;

K_{DSTU} – загальна кількість розроблених національним ТК ДСТУ;

K_{SOU} – загальна кількість розроблених національним ТК СОУ, ТУ;

K_Σ – загальна кількість розроблених національним ТК НД;

a – коефіцієнт вагомості гармонізованого ДСТУ для національної стандартизації;

b – коефіцієнт вагомості ДСТУ для національної стандартизації;

c – коефіцієнт вагомості СОУ, ТУ для національної стандартизації.

З урахуванням пріоритетів для національної стандартизації, встановлено три умовні рівні значення критерію ефективності діяльності ТК

δ_Σ (від 0 до 1) щодо розроблення гармонізованих ДСТУ, ДСТУ та інших стандартів, які визначатимуть три рівні ефективності діяльності ТК для будь якої галузі або сектора економіки: “високий”, “середній”, “низький” (таблиця 1). Оскільки розроблення гармонізованих ДСТУ є пріоритетним для національної стандартизації, коефіцієнт вагомості їхнього впровадження приймається за 1 чи близьким до 1. Коефіцієнти вагомості для ДСТУ, СОУ та ТУ встановлюються залежно від сектору або галузі діяльності.

Таблиця 1

Рівень оцінки діяльності ТК	Особливості рівня оцінки діяльності ТК	Значення узагальненого критерію оцінки діяльності ТК, δ_Σ
“Високий” (В)	Велика кількість гармонізованих стандартів за сферою діяльності ТК	$\delta_\Sigma \geq 0{,}70$
“Середній” (С)	Середня кількість гармонізованих стандартів за сферою діяльності ТК	$0{,}70 > \delta_\Sigma > 0{,}30$
“Низький” (Н)	Мала кількість або відсутність гармонізованих міжнародних стандартів за сферою діяльності ТК	$\delta_\Sigma \leq 0{,}30$

Використовуючи формулу (1) і дані звітності ТК щодо кількості розроблених стандартів за певний період, можна розрахувати значення узагальненого критерію оцінки δ_Σ для будь-якого ТК. При цьому для отримання об’єктивної оцінки діяльності ТК варто враховувати всі фактори, які можуть безпосередньо впливати на ефективність роботи ТК.

2. Порівняльний аналіз результатів оцінювання діяльності національних ТК різних галузей

Здійснене оцінювання діяльності ТК таких галузей як: метрологія та приладобудування; паливно-енергетичний комплекс; металургійна та гірничодобувна промисловість; агропромисловий комплекс (табл. 2). Отримані значення узагальненого критерію діяльності ТК δ_Σ для зазначених галузей.

Порівняльний аналіз отриманих оцінок показав для загалом 40 ТК цих галузей, що найбільшу кількість “високого” рівня оцінки діяльності отримали ТК у сфері метрології та приладобудування і металургійної та гірничодобувної промисловості – по 6 (37,5 %), “середнього” рівня оцінки – ТК агропромислового комплексу – 9 (60,0 %), “низького” рівня оцінки – ТК паливно-енергетичного комплексу, металургійної та гірничодобувної промисловості, агропромислового комплексу – по 3 (33,3 %).

Таблиця 2

Сфера діяльності ТК	Загальна кількість ТК	Кількість ТК з рівнем оцінки (% від загальної кількості оцінки)		
		В	С	Н
Метрологія та приладобудування (1)	7	6 (37,5)	1 (6,5)	0 (0,0)
Паливно-енергетичний комплекс (2)	8	2 (12,5)	3 (20,0)	3 (33,3)
Металургійна та гірничо-добувна промисловість (3)	11	6 (37,5)	2 (13,5)	3 (33,3)
Агропромисловий комплекс (4)	14	2 (12,5)	9 (60,0)	3 (33,4)
Загалом:	40	16 (100)	15 (100)	9 (100)

На рис. 1 наведене графічне відображення результатів оцінювання за сферами діяльності ТК у відповідності до табл. 2.

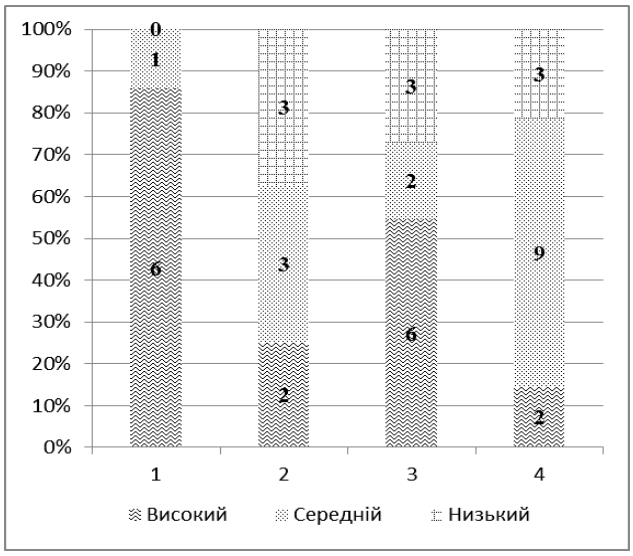


Рисунок 1 – Графічне відображення результатів оцінювання за сферами діяльності ТК

З наведеного рисунку видно, що за сферою (1) високий рівень мають більше 80 % ТК від їх загальної кількості, а за сферою (4) таких ТК лише трохи більше 10 %. В той же час за сферою (4) встановлена найбільша кількість ТК з середнім рівнем – більше 60 % ТК від їх загальної кількості [8–15].

3. Порівняльний аналіз участі ТК різних галузей у роботі міжнародних і регіональних організацій стандартизації

В рамках проведеного оцінювання діяльності ТК також встановлена участь конкретних ТК різних сфер діяльності, які досліджувалися, у роботі структурних органів МОС і РОС.

Результати порівняльного аналізу наведені у табл. 3 і на рис. 2.

Таблиця 3

Сфера діяльності ТК	Загальна кількість ТК	Кількість ТК (%)		
		МОС	РОС	Загалом
Метрологія та приладобудування (1)	8	21 (33,0)	2 (5,0)	23 (21,0)
Паливно-енергетичний комплекс (2)	8	7 (11,0)	4 (9,0)	11 (10,0)
Металургійна та гірничо-добувна промисловість (3)	16	21 (33,0)	23 (52,0)	44 (41,0)
Агропромисловий комплекс (4)	29	15 (23,0)	15 (34,0)	30 (28,0)
Загалом:	61	64 (100)	44 (100)	108 (100)

Зазначені дані щодо участі національних ТК в МОС і РОС свідчать, що найкраще національні ТК представлені в ТК МОС у сфері метрології та приладобудування і металургійної та гірничо-добувної промисловості (по 33 %), а в ТК РОС – ТК металургійної та гірничодобувної промисловості (52 %). Найгірше представлені в ТК МОС і РОС національні ТК паливно-енергетичного комплексу (11 % і 9 % відповідно).

4. Порівняльний аналіз участі ТК різних галузей у роботі міжнародних і регіональних організацій стандартизації

В рамках зазначеного оцінювання діяльності ТК також встановлено дублювання сфер діяльності конкретних ТК різних сфер, які досліджувалися.

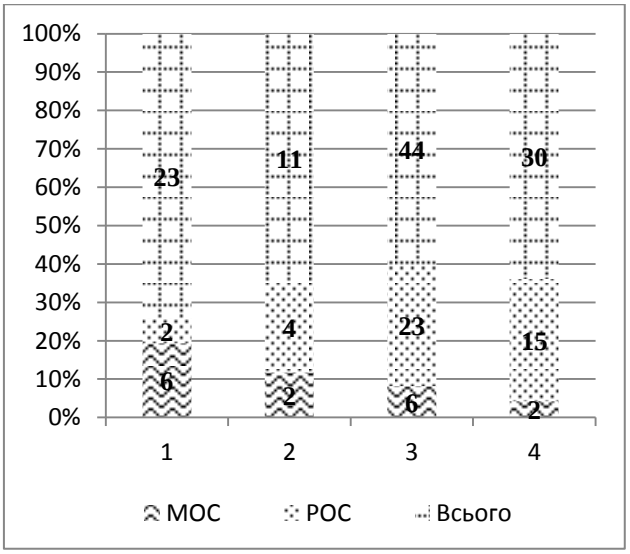


Рисунок 2 – Графічне відображення участі ТК за сферами діяльності в МОС і РОС

Результати порівняльного аналізу наведені у табл. 4 і на рис. 3 [8–15].

Таблиця 4

Сфера діяльності ТК	Загальна кількість ТК	Кількість ТК з дублюванням сфер (% ТК)	Кількість кодів за ДК 004 з дублюванням (% кодів)
Метрологія та приладобудування (1)	8	5 (62,5)	7 (19,0)
Паливно-енергетичний комплекс (2)	8	6 (75,0)	14 (38,0)
Металургійна та гірничо-добувна промисловість (3)	16	3 (18,8)	7 (19,0)
Агропромисловий комплекс (4)	29	5 (17,2)	9 (24,0)
Загалом:	61	19 (31,1)	37 (100)

Зазначені дані щодо дублювання сфер діяльності національних ТК свідчать, що найбільшу кількість дублювання мають ТК паливно-енергетичного комплексу (75,0 %) і у сфері метрології та приладобудування (62,5 %), а найменшу – ТК агропромислового комплексу (17,2 %) і металургійної та гірничодобувної промисловості (18,8 %). Загалом з 61 дослідженого ТК дублювання сфер діяльності мають 19 ТК (31,1 %).

Найбільшу кількість дублювання за кодами ДК 004 [16] мають ТК паливно-енергетичного комплексу – 14 з 37 (38 %).

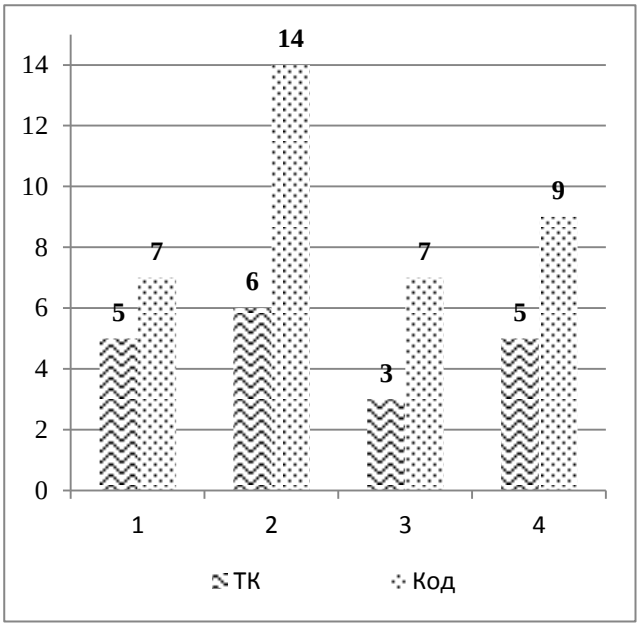


Рисунок 3 – Графічне відображення дублювання за сферами діяльності ТК різних галузей

Висновки

Визначено, що результати діяльності ТК характеризує низка об'єктивних і суб'єктивних показників, традиційні з яких базуються на даних щодо кількості розроблених стандартів (у т. ч. гармонізованих), рівня участі у роботі МОС і РОС, наявності дублювання сфери діяльності з іншими ТК, фінансових і технічних можливостей тощо, однак не враховуються інші вагомі фактори. Тому оцінювання діяльності ТК необхідно здійснювати з урахуванням усіх впливних факторів.

Виявлено, що національні ТК, у яких є міжнародні аналоги в МОС або РОС, мають можливість співпрацювати з ними, розробляти гармонізовані ДСТУ, більш затребувані вітчизняними галузями економіки та мають вищий рівень оцінки діяльності. Національні ТК, які через специфіку своєї сфери діяльності не мають "дзеркальних" ТК в МОС і РОС, розробляють лише ДСТУ, СОУ і ТУ, мають менш низький рівень оцінки їх діяльності та працюють ефективно лише до того часу, поки розроблені ними НД відносяться до пріоритетних на рівні держави або затребувані на рівні вітчизняних організацій та підприємств-виробників.

За результатами проведених досліджень можна стверджувати, що запропонований підхід щодо застосування узагальненого критерію оцінки діяльності ТК дає змогу більш об'єктивно оцінити ефективність діяльності ТК незалежно від тривалості його роботи та абсолютного значення кількості розроблених НД.

Список використаних джерел

1. Типове положення про технічний комітет стандартизації / Затв. наказом Держстандарту України від 20.05.2002 № 298, зареєстр. у Мін'юсті України 11.07.2002 за № 578/6866.

2. Гордієнко Т. Б. Деякі аспекти оцінки ефективності діяльності національних технічних комітетів стандартизації у 2008–2009 рр. / Т. Б. Гордієнко // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 2. – С. 4–9.

3. Гордієнко Т. Б. Оцінювання діяльності українських технічних комітетів стандартизації з застосуванням методу аналізу ієрархій / Т. Б. Гордієнко // Тези доп. 10-ї Ювіл. Міжнар. наук.-практ. конф. "Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика". – Ялта, 2010. – С. 36–38.

4. Гордієнко Т. Б. Методика оцінки ефективності діяльності технічних комітетів стандартизації із застосуванням метода аналізу ієрархій / Т. Б. Гордієнко, О. М. Величко // Праці Першої наук.-практ. конф. "Інформаційно-вимірювальні технології, технічне регулювання та менеджмент якості" / ОДІВТ. – Одеса, 2010. – С. 28–35.

5. Гордієнко Т. Б. Узагальнений критерій оцінювання ефективності діяльності національних технічних комітетів стандартизації / Т. Б. Гордієнко // І Міжнар. наук. конф. пам'яті професора Володимира Поджаренка "Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах" (ВКДТС-2011), 21–24 вересня 2001. – Вінниця, 2011.

6. Гордієнко Т. Б. Складові узагальненого критерію для оцінювання ефективності діяльності національних технічних комітетів стандартизації / Т. Б. Гордієнко // Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика: тези доп. 11-ї Міжнар. наук.-практ. конф. – Ялта: АТМ України, 2011. – С. 23–26.

7. Гордієнко Т. Б. Узагальнений критерій оцінювання ефективності діяльності національних технічних комітетів стандартизації / Т. Б. Гордієнко // І Міжнар. наук. конф. "Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах": тези доп. – Вінниця, 2011. – С. 143.

8. Гордієнко Т. Б. Оцінювання ефективності діяльності технічних комітетів стандартизації в галузі приладобудування із застосуванням узагальненого критерію / Т. Б. Гордієнко // Якість,

стандартизація, контроль: теорія і практика: тези доп. 13-ї Міжнар. наук.-практ. конф. "Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика". – Ялта-Київ: АТМ України, 2013. – С. 35–37.

9. Гордиенко Т. Б. Особенности деятельности технических комитетов международных и региональных организаций в области метрологии / Т. Б. Гордиенко // "Метрология 2009": тезисы докладов Междунар. научно-практ. конф. – Минск: БелГИМ, 2009. – С. 98–102.

10. Gordiyenko T. B. Activity the technical committees standardization of international organizations in field of metrology / T. B. Gordiyenko, L. V. Kolomiets, O. M. Velychko // Зб. наук. праць Одеської держ. академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 2012. – Вип. 1 (1). – С. 11–16.

11. Гордієнко Т. Деякі аспекти оцінювання діяльності національних технічних комітетів стандартизації у сфері метрології / Т. Гордієнко, О. Величко // Метрологія та прилади. – 2011. – № 2. – С. 5–11.

12. Гордієнко Т. Б. Аналіз діяльності українських ТК паливно-енергетичного комплексу / Гордієнко Т. Б. // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 5. – С. 27–31.

13. Гордієнко Т. Б. Оцінювання ефективності діяльності технічних комітетів стандартизації паливно-енергетичного комплексу із застосуванням узагальненого критерію / Гордієнко Т. Б. // Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика: тези доп. 12-ї Міжнар. наук.-практ. конф. – Ялта: АТМ України, 2012. – С. 47–49.

14. Гордієнко Т. Б. Діяльність українських технічних комітетів стандартизації металургійної та гірничодобувної промисловості / Т. Б. Гордієнко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2014. – № 4. – С. 105–111.

15. Гордієнко Т. Б. Аналіз діяльності українських технічних комітетів стандартизації агропромислового комплексу / Т. Б. Гордієнко // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2013. – № 3. – С 17–23.

16. Український класифікатор нормативних документів (ICS:2005, MOD): ДК 004:2008. – [Чинний від 2009–04–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 104 с. (Національний класифікатор України).

Надійшла до редакції 25.05.2015

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

Т. Б. Гордиенко, к.т.н.

ОЦЕНИВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМИТЕТОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ

Рассмотрены особенности оценивания деятельности технических комитетов стандартизации Украины. Предложено использование обобщенного критерия оценивания деятельности национального технического комитета, который учитывает не только количество разработанных техническим комитетом национальных стандартов, но и других нормативных документов. Представлены результаты сравнительного анализа оценки деятельности национальных технических комитетов различных отраслей экономики.

Ключевые слова: *технический комитет стандартизации, оценивание, критерий, международная организация стандартизации, региональная организация стандартизации.*

T. B. Gordiyenko, PhD

EVALUATION OF TECHNICAL COMMITTEE FOR STANDARDIZATION WITH USING GENERALIZED CRITERIA

Features are considered in relation to the evaluation of technical committees for standardization activity of Ukraine. The use of generalized criteria for evaluation of the national technical committee, which takes into account not only the number of national standards developed by technical committee, but other normative documents are proposal. Results comparative analysis evaluation of activities national technical committees from different industry economy is presented.

Keywords: *technical committee for standardization, evaluation, criteria, international organization for standardization, regional organization for standardization.*

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Банзак Г. В. ……. 70, 111
Банзак О. В. …… 64, 111
Болдирєв С. Д. …… 6
Бондаренко А. С. …… 26
Боряк К. Ф. …….. 49, 53
Братченко Г. Д. ……... 119
Букрєєва О. С. ……. 21
Вавілов Є. В. ……... 129
Ваганов О. І. ……... 58
Возний В. І. ……. 49
Волошин О. Д. …… 105
Глухова Н. В. …….. 30
Гордієнко Т. Б. ……... 140
Грабовський О. В. ….. 42
Гунченко Ю. А. …….. 83
Дащенко Н. М. …… 102
Дащенко О.О. ……. 102
Казакова Н. Ф. ……... 125
Кисельова О. І. ……. 10
Клещов Г. М. …….. 78
Козлов А. Е. …… 83
Коломієць Л. В. …..... 6, 10, 58, 102
Корчевський О. С. … 58
Кузавков В. В. …….. 36
Кучерук В. Ю. …….. 42
Лещенко О. В. …….. 26, 111
Лимаренко О. М. ….. 102
Максименко Ю. А. ... 89
Марченко А. В. ……. 83
Мілованов В. І. ..…... 94, 105
Морозенко Є. О. ….... 70
Мостовий Д. В. ……. 42
Оленєв М. В. ……. 17
Перетяка Н. О. …….. 53
Сичов М. І. …… 6
Смаглюк Г. Г. ……... 119
Хахула В. В. …….. 74
Щербина Ю. В. ……. 125
Ябс А. А. ……... 94
Янковський О. В. ….. 36
Ярошенко В. М. …… 94

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

БАНЗАК Геннадій В'ячеславович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, кандидат технічних наук, доцент*

БАНЗАК Оксана Вікторівна — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент*

БОЛДИРЄВ Сергій Дмитрович — *Комунальне підприємство «Сервісний центр», м. Одеса, директор*

БОНДАРЕНКО Анастасія Сергіївна — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студентка*

БОРЯК Костянтин Федорович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент*

БРАТЧЕНКО Геннадій Дмитрович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків, доктор технічних наук, старший науковий співробітник*

БУКРЄЄВА Ольга Сергіївна — *Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, аспірант*

ВАВІЛОВ Євген Віталійович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант*

ВАГАНОВ Олександр Іванович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, професор кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, доктор технічних наук, старший науковий співробітник*

ВОЗНИЙ Володимир Ігорович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант*

***ВОЛОШИН* Олександр Дмитрович** — *Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, студент*

ГЛУХОВА Наталія Вікторівна — *ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент*

ГОРДІЄНКО Тетяна Богданівна — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент*

ГРАБОВСЬКИЙ Олег Вікторович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, декан факультету якості, стандартизації та сертифікації, кандидат технічних наук, доцент*

ГУНЧЕНКО Юрий Александрович — *Одеський національний університет імені І.І. Мечнікова, м. Одеса, професор кафедри математичного забезпечення компьютерних систем, доктор техничних наук, доцент*

ДАЩЕНКО Наталія Миколаївна — *Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, доцент кафедри «Автомобільний транспорт», Інститут машинобудування ОНПУ*

ДАЩЕНКО Олексій Олександрович — *Одеский національний політехнічний університет, м. Одеса, старший науковий співробітник кафедри «Динаміка, прочність машин і опір матеріалов», Інститут машинобудування ОНПУ*

КАЗАКОВА Надія Феліксівна — *Одеський національний економічний університет, м. Одеса, доцент кафедри інформаційних систем в економіці, кандидат технічних наук, доцент*

КИСЕЛЬОВА Ольга Ігорівна — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри суспільно-гуманітарної підготовки, кандидат педагогічних наук, доцент*

КЛЕЩОВ Геннадій Михайлович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент*

КОЗЛОВ Анатолий Ефимович — *Одеський національний морський університет, м. Одеса, доцент кафедри «Інформаційні технології», кандидат технічних наук, доцент*

КОЛОМІЄЦЬ Леонід Володимирович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, ректор, доктор технічних наук, професор*

КОРЧЕВСЬКИЙ Олександр Сергійович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант*

КУЗАВКОВ Василь Вікторович — *Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, м. Київ, докторант НОВ ВІТІ, кандидат технічних наук, доцент*

КУЧЕРУК Володимир Юрійович — *Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, завідуючий кафедрою метрології та промислової автоматики, доктор технічних наук, професор*

ЛЕЩЕНКО Олег Іванович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент*

ЛИМАРЕНКО Олександр Михайлович — *Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, доцент кафедри «Динаміка, прочність машин і опір матеріалів», Інститут машинобудування ОНПУ, кандидат технічних наук, доцент*

МАКСИМЕНКО Юрій Анатолійович — *Військова академія, м. Одеса, викладач*

МАРЧЕНКО Анастасия Владимировна — *Одеський національній морський університет, м. Одеса, студентка*

МІЛОВАНОВ Валерій Іванович — *Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, завідуючий кафедрою компресорів та пневмоагрегатів, доктор технічних наук, професор*

МОРОЗЕНКО Євген Олександрович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент*

МОСТОВИЙ Дмитро Вікторович — *Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, студент*

ОЛЕНЄВ Микола Володимирович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, кандидат технічних наук*

ПЕРЕТЯКА Наталія Олескандрівна — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри метрології та метрологічного забезпечення*

СИЧОВ Михайло Іванович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат хімічних наук*

СМАГЛЮК Геннадій Геннадійович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант*

ХАХУЛА Василь Володимирович — *Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, старший викладач навчального центру*

ЩЕРБИНА Юрій Володимирович — *Одеський національний економічний університет, м. Одеса, доцент кафедри інформаційних систем в економіці, кандидат технічних наук, доцент*

ЯБС Альбіна Альбертівна — *Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, аспірант*

ЯНКОВСЬКИЙ Олег Георгійович — *Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри загально-технічної та фундаментальної підготовки, кандидат технічних наук, доцент*

ЯРОШЕНКО Валерій Михайлович — *Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, доцент кафедри компресорів та пневмоагрегатів, кандидат технічних наук, доцент*

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

Випуск 1(6) 2015

Редактор Братченко Г. Д.

Комп’ютерна верстка Бузила Т. М.

Адреса редакції: 65020, м. Одеса, вул. Ковальська 15, ОДАТРЯ,
Тел.: (048)728-07-11 – довідки;
E-mail: gd_bratchenko@mail.ru

Надруковано з готового оригінал макету
в видавництві – друкарні «ВМВ»

Підписано до друку 10.06.2015
*Формат 60*88/8. Папір офсетний.*
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 15,0
Тираж 300 прим.
65053, м. Одеса, пр-т Добровольского 84-а.
www.vmv.odessa.ua