

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



*Одеська державна академія
технічного регулювання та якості*

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

1(4) 2014

ОДЕСА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ Випуск 1(4) 2014

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., доцент)
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)
Ленков Сергій Васильович (д.т.н., професор)
Мілованов Валерій Іванович (д.т.н., професор)
Новіков Володимир Миколайович (д.ф.-м.н., професор)
Петришин Ігор Степанович (д.т.н., професор)
Скачков Валерій Вікторович (д.т.н., професор)

Відповідальний секретар Братченко Геннадій Дмитрович

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 22.05.2014 р.).

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

© Одеська державна академія технічного регулювання та якості

ЗМІСТ

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості	5
В. И. Милованов, д.т.н., Д. А. Балашов ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТЫ КОНДЕНСАТОРА МАЛОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПОМОЩЬЮ НАНОФЛЮИДОВ.....	6
Л. В. Кузнецова, Л. В. Коломиец, д.т.н. К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	10
М. І. Сичов, к.х.н., Л. В. Коломієць, д.т.н. ОСОБЛИВОСТІ ВИДІВ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ VIN ВИНОГРАДНИХ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МЕТОДІВ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ.....	15
С. В. Добровольська, О. М. Величко, д.т.н., Л. Т. Зіангірова, к.т.н. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІТИЧНОЇ ІЄРАРХІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ДІЯЛЬНОСТІ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ.....	19
Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення	23
Г. Д. Братченко, д.т.н., І. С. Сеніва, В. Б. Лубманенко, Г. А. Губернатор ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИМІРЮВАННЯ СПОТВОРЕНЬ ШИРОКОСМУГОВИХ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ.....	24
S. V. Bugaev, PhD, I. G. Bugaeva, PhD, I. S. Bugaev, V. S. Bugaev DEVICES AND METHODS FOR DETERMINING THE DRIVING PERFORMANCE OF AMPHIBIOUS VEHICLE USED IN THE TESTS ON WATER.....	29
О. М. Величко, д.т.н., С. Р. Карпенко ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЕТАЛОННОГО КОМПАРАТОРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	35
К. Ф. Боряк, д.т.н., А. И. Ваганов, д.т.н., М. А. Манзарук ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА СТЕНДЕ ИГК-90.1.....	39
V. V. Novikov, PhD MICROCREEP OF METALLIC GLASSES AT ROOM TEMPERATURE.....	45
Л. В. Коломієць, д.т.н., К. О. Подостроець НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОСОБУ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТАХЕОМЕТРІВ.....	48
В. І. Мілованов, д.т.н., А. А. Ябс ВИЗНАЧЕННЯ «ВІДМОВ» І КОНТРОЛЬ ЗА ЇХ УСУНЕННЯМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ КОМПРЕСОРІВ З ГАЗОТУРБІННИМ ПРИВОДОМ.....	53
Інформаційно-вимірювальні системи і технології	56
О. В. Бойченко, д.т.н. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	57

А. Л. Ковтунов, С. П. Лещенко, д.т.н. ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОБЗОРНЫМИ РАДИОЛОКАТОРАМИ С ИМПУЛЬСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИГНАЛОВ С ШИРОКОЙ ПОЛОСОЙ ЧАСТОТ.....	62
Б. А. Демьянчук, д.т.н., А. Ф. Дяченко, к.т.н., Н. В. Оленев, к.т.н. СТАТИСТИКА ИНТЕНСИВНОСТЕЙ МЕШАЮЩИХ СИГНАЛОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА.....	68
П. А. Барабаш, к.т.н., А. Б. Голубев, к.т.н., Я. Е. Трокоз, В. В. Горин, к.т.н. УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОДЕЛІ ЛЬДОГЕНЕРАТОРА.....	74
К. В. Литвиненко ПОЛУМАРКОВСКИЙ ГИПЕРСЛУЧАЙНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКОВ СИСТЕМ.....	77
В. Ю. Кучерук, д.т.н., О. В. Грабовський, к.т.н., М. С. Павловська ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ ПРИ ОБРОБЛЕННІ ВІБРОАКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ.....	81
О. В. Банзак, к.т.н., И. С. Захариев, Н. С. Даниленко РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РАДИАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ.....	84
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	92
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	93

РОЗДІЛ 1

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТЫ КОНДЕНСАТОРА МАЛОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПОМОЩЬЮ НАНОФЛЮИДОВ

Нанofлюиды, являющиеся коллоидным раствором частиц металлов и их оксидов в базовой жидкости, способны значительно повысить ее теплопроводность. В статье рассматривается способ повышения теплопроводности изобутана R600a, применяемого в качестве рабочего тела в малой холодильной машине, что может привести к повышению качества ее работы. Повышение эффективности рассмотрено на примере конденсатора холодильной машины.

Ключевые слова: нанofлюид, изобутан, холодильная машина, конденсатор.

Международные нормы по выводу из оборота веществ, разрушающих озоновый слой, побуждают к поиску новых экологически безопасных рабочих веществ. Основным препятствием на пути внедрения озонобезопасных фреонов стало их влияние на глобальное потепление. Киотский протокол ограничивает внедрение хладагентов с высоким коэффициентом глобального потепления. Выходом является повышение энергетической эффективности холодильной машины путем повышения COP, это позволяет существенно снизить косвенный парниковый эффект холодильной машины. Уменьшить потребление электроэнергии холодильной машиной возможно за счет улучшения эффективности теплообменных систем. Улучшение конвективного теплообмена и теплопроводности жидкостей ранее достигалось смешиванием микроскопических частиц с базовой жидкостью. Однако стремительное осаждения, эрозия, слипание и падение давления, вызванные этими частицами сильно замедлили внедрение этой технологии на практике. Но есть объекты, которых по существу не было в арсенале исследователей еще 20 лет назад и без которых сегодня уже невозможно представить современное развитие науки – это наночастицы во всем их многообразии. Одной из главных причин изменения физических и химических свойств малых частиц по мере уменьшения их размеров является рост относительной доли «поверхностных» атомов, находящихся в иных условиях (координационное число, симметрия локального окружения и т.п.), нежели атомы внутри объемной фазы. С энергетической точки зрения уменьшение размеров частицы приводит к возрастанию роли поверхностной энергии.

Очень малое количество наночастиц, равномерно распределенных в базовой жидкости может обеспечить впечатляющие улучшения термодинамических характеристик базовой

жидкости. Новые теплоносители с улучшенными термодинамическими характеристиками являются одним из вариантов улучшения теплопередачи. Важным достижением в исследовании теплоносителей является применение коллоидной смеси основной жидкости хладагента или компрессорного масла и металлических частиц размером 1-100 нанометров. Их применение может увеличить теплопередачу больше, чем на 50 % в реальных теплообменных аппаратах холодильных установок даже когда относительный объем наночастиц меньше, чем 0,3 % [1]. Например, теплопроводность меди при комнатной температуре в 700 раз выше, чем у воды и в 3000 раз выше, чем у моторного масла.

Использование нанofлюидов позволяет существенно повысить тепломассообменные характеристики хладагента, уменьшить температурные перепады на поверхностях конденсатора и испарителя, и в результате снизить отношение давлений кипения и конденсации, а, следовательно, и потребляемую холодильной машиной электрическую мощность. Уникальными свойствами нанofлюидов является увеличенная теплопроводность, вязкость и коэффициент теплопередачи. Предполагается, что числа Нуссельта для нанofлюидов выше, чем у базовой жидкости при определенных параметрах потока (например, при равных числах Рейнольдса). Повышенные числа Нуссельта в сочетании с более высокой теплопроводностью дают лучшую конвективную теплопередачу по сравнению с базовым теплоносителем. Дисперсия наночастиц в жидкости приводит к повышенной вязкости, на что влияет средний диаметр частицы, концентрация и температура [2]. Повышенная вязкость уменьшает числа Рейнольдса по сравнению с базовой жидкостью при той же скорости. Эти факторы должны быть взвешены при оценке применимости нанofлюидов в качестве хладагента.

На рис. 1 показан пример нанофлюида, состоящего из медных частиц, растворенных в этиленгликоле. Теплопроводность выросла на 40 % по сравнению с базовой жидкостью при том, что это увеличение было достигнуто при очень малых объемных концентрациях наночастиц, составляющих доли процента.

Результаты одних опытов показывают аномальное поведение теплопроводности, других - укладываются в представления об обычных суспензиях. Такое расхождение данных разных авторов свидетельствует о большом разнообразии факторов, влияющих на теплопроводность наножидкости, и о необходимости дальнейшего накопления опытных данных и их систематизации.

В литературе излагается большой объем теоретических работ по эффективной теплопроводности двух- и более-компонентных материалов, например подход Гамильтона и Кроссера и другие. Ключевое значение этих работ в том, что перенос тепла описывается уравнением диффузии, которое при температурном поле T принимает форму

$$\frac{\delta T}{\delta t} = \chi \nabla^2 T, \quad (1)$$

где χ - коэффициент температуропроводности, определенный как

$$\chi = \lambda / \rho c_p, \quad (2)$$

где λ - теплопроводность,

ρ - плотность,

c_p - удельная теплоемкость.

Расчет эффективной теплопроводности сложного вещества включает решение уравнения Лапласа (уравнение диффузии в стационарном режиме) с граничными условиями, удовлетворяющими непрерывности теплового потока J_Q

$$\vec{J}_Q = -k \vec{\nabla} T. \quad (3)$$

Существует несколько эмпирических поправок для вычисления эффективной теплопроводности наножидкостей. В литературе коэффициент повышения теплопроводности определен как отношение теплопроводности наножидкости к теплопроводности базовой жидкости. Исследователи разработали свои модели теплопроводности на основе классических теорий Максвелла по изучению теплопроводности через гетерогенную среду. Эффективная теплопроводность двухфазной

смеси, состоящей из непрерывной и прерывистой фаз вычисляется как

$$k_c = k_f \frac{2k_p + k_f - V_p(k_f - k_p)}{2k_p + k_f - 2V_p(k_f - k_p)}, \quad (4)$$

где k_c - рассчитываемая теплопроводность сложной системы,

k_f - теплопроводность жидкости

k_p - теплопроводность твердых частиц

V_p - объемная доля частиц

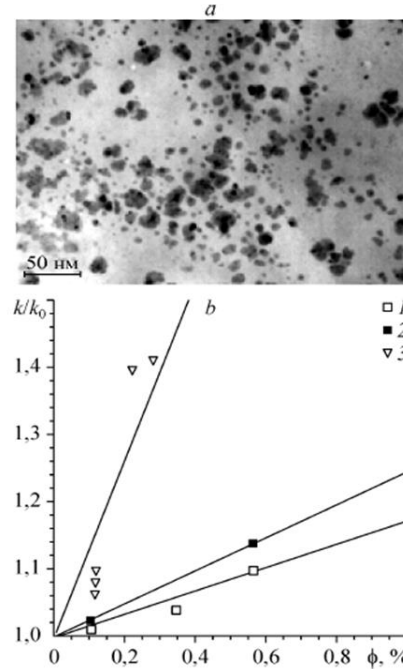


Рисунок 1 – Нанофлюид медь-этиленгликоль.

Структура наножидкости (а), зависимость теплопроводности наножидкости от концентрации частиц (б)

Максвелл разработал модель, основываясь на предположении, что прерывистая фаза является сферической и теплопроводность наножидкости зависит от теплопроводности сферических частиц, базовой жидкости и объемной доли частиц.

Гамильтон и Кроссер расширили работу Максвелла для того, чтобы распространить ее и на частицы несферической формы. Они ввели фактор влияния формы n , который определяется экспериментально для разных типов материалов. Целью их исследования была разработка модели как функции формы частиц, состава и теплопроводности обеих фаз

$$k_c = k_f \times \left[\frac{k_p + k_f(n-1) - (n-1)V_p(k_f - k_p)}{k_p + k_f(n-1) + V_p(k_f - k_p)} \right], \quad (5)$$

где n – фактор влияния формы частиц, выведенный эмпирически (для сферических частиц $n=3$) и определяется как $n=3/\psi$, ψ – сферичность, определенная как отношение площади поверхности сферы с объемом, равным объему частицы к площади поверхности частицы. Модель Гамильтона-Кроссера сводится к модели Максвелла при $\psi=1$ и согласуется с экспериментальными данными для $V_p < 30\%$. Модель верна до тех пор, пока теплопроводность частиц больше теплопроводности жидкости по крайней мере в 100 раз. Несмотря на то, что эксперименты показывают достаточную пригодность этих моделей в прогнозировании теплопроводности, они не учитывают влияние размера наночастиц.

Для однофазного турбулентного потока существует поправка [3], основанная на экспериментальных данных:

$$Nu_{nf} = \frac{h_{nf} d}{K_{nf}} = 0,0059 \times \left(1,0 + 7,6286 \varphi^{0,6886} Pe_d^{0,001}\right) Re_{nf}^{0,9238} Pr_{nf}^{0,4} \quad (6)$$

Поправка для ламинарного потока:

$$Nu_{nf} = \frac{h_{nf} d}{K_{nf}} = 0,4328 \times \left(1,0 + 11,285 \varphi^{0,754} Pe_d^{0,218}\right) Re_{nf}^{0,333} Pr_{nf}^{0,4} \quad (7)$$

Число Пекле (Pe) характеризует отношение плотности теплового потока, перенесенного конвективным путем к плотности теплового потока, перенесенного теплопроводностью. Числа Пекле, Рейнольдса и Прандтля для нанофлюида определяются как

$$Pe_d = \frac{u_m d_p}{\alpha_{nf}}, \quad (8)$$

$$Re_{nf} = \frac{u_m d}{\nu_{nf}}, \quad (9)$$

$$Pr_{nf} = \frac{\nu_{nf}}{\alpha_{nf}}. \quad (10)$$

Коэффициент температуропроводности

$$\alpha_{nf} = \frac{K_{nf}}{(\rho c_p)_{nf}} = \frac{K_{nf}}{(1-\varphi)(\rho c_p)_f + \varphi(\rho c_p)_p}. \quad (11)$$

В соответствии с моделью Гамильтона-Кроссера нами были проведены расчеты теплопроводности нанофлюида, состоящего из изобутана и наночастиц TiO_2 , CuO , Cu ,

фуллерена C_{60} . Их параметры приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры наночастиц

Частицы	Теплопроводность, Вт/м*К	Размер, нм
CuO	76,5	60
Cu	401	80
TiO_2	8	27
C_{60}	0,4	~40

Графики изменения теплопроводности изобутана R600a (изначальная теплопроводность 0,08326 Вт/м*К) при концентрациях наночастиц 0.1%, 0.5%, 1%, 2.5%, 5% приведены на рис. 2.

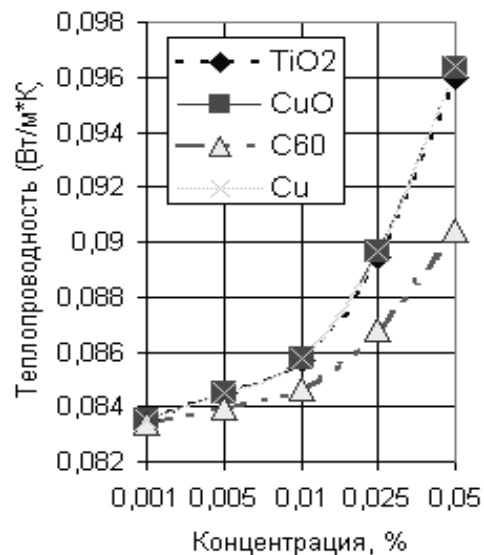


Рисунок 2 – Влияние нанодобавок на теплопроводность R600a

Как видно из рисунка 2, теплопроводность базовой жидкости растет с повышением концентрации, но при низких концентрациях разница между различными видами частиц почти не ощущается.

Для проведения теоретического расчета был взят конденсатор малой холодильной машины, работающей на изобутане. Конденсатор представляет собой медную трубу диаметром 10 мм, размещенную в другой трубе, по которой протекает вода, отбирающая теплоту, выделяющуюся при конденсации. Расчеты проводились при температурах конденсации 40, 45, 50 °C. Во время всех расчетов принималось, что течение охлаждающей воды – ламинарное. В качестве

добавок были взяты наночастицы меди в количестве 2,5 % по объему.

В результате расчетов были получены значения теплопроводности при чистом хладагенте и с добавками наночастиц (рис. 3).

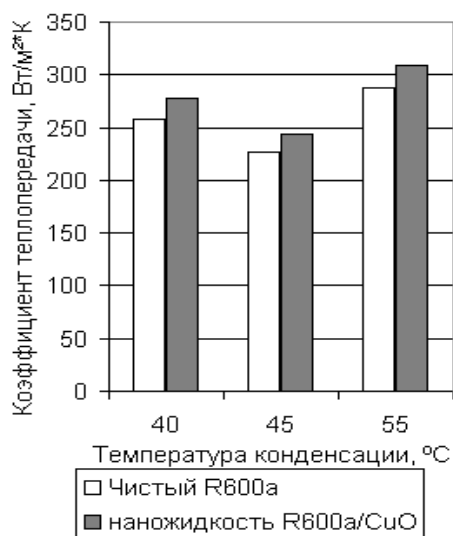


Рисунок 3 – Значения коэффициента теплопроводности при чистом хладагенте и с добавкой 2,5 % наночастиц меди

Повышение коэффициента теплопроводности конденсатора дает возможность передавать большее количество теплоты через ту же площадь поверхности.

Использование наночастиц, растворенных в рабочем теле холодильной машины является перспективным средством для повышения ее

эффективности и уменьшению потребления электроэнергии. Это дает возможность инженерам разработать компактное и эффективное холодильное оборудование. Применение нанодобавок перспективно также в домашних холодильниках, торговом и промышленном оборудовании. Перспективы применения нанофлюидов в качестве добавок в хладагенты современных холодильных машин очевидны, однако эта проблема требует дальнейшего изучения, анализа, теоретических и экспериментальных исследований.

Список использованных источников

1. Roy Strandberg, Debendra K. Das. Finned tube performance evaluation with nanofluids and conventional heat transfer fluids // International Journal of Thermal Sciences. - 2010. - Vol. 49. - P.580-588.
2. R. Saidur, K. Y. Leong, H. A. Mohammad. A review on applications and challenges of nanofluids // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2011. - Vol.15. -P. 1646-1668.
3. Y. Xuan, Q. Li. Investigation convective heat transfer and flow features of nanofluids // J. Heat Transfer. - 2002. - Vol.125. - P. 151–155.

Поступила в редакцию 15.11.2013

Рецензент: д.т.н., професор, М. Г. Хмельнюк, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

В. І. Мілованов, д.т.н., Д. О. Балашов

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ МАЛОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ НАНОФЛЮІДІВ

Нанофлюїди, які є колоїдним розчином частинок металів та їх оксидів в базовій рідині здатні значно підвищити її теплопровідність. У статті розглянуто спосіб підвищення теплопровідності ізобутана R600a, що використовується як робоче тіло в малій холодильній машині, що може призвести до підвищення якості її роботи. Підвищення ефективності розглянуто на прикладі конденсатора холодильної машини.

Ключові слова: нанофлюїд, ізобутан, холодильна машина, конденсатор.

V. I. Milowanov, DSc, D. A. Balashov

NANOFLUIDS TO ENHANCE PERFORMANCE QUALITY OF THE SMALL REFRIGERATOR

Nanofluids, being a colloidal solution of metal particles and their oxides in the base fluid can significantly increase its thermal conductivity. This article addresses a method of improving the thermal conductivity of isobutane R600a, used as a working fluid in a small refrigerating machine. The enhancement of thermal conductivity can lead to improved performance. The performance of the condenser is given as an example of thermal conductivity enhancement.

Keywords: nanofluid, isobutane, refrigerator, condenser.

Л. В. Кузнецова, Л. В. Коломиец, д.т.н.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье приведен анализ результатов сертификационных испытаний продукции легкой промышленности, которая подлежит обязательной сертификации, а именно детской обуви и одежды, игрушек и чулочно-носочных изделий; приведены рекомендации по выбору качественных товаров.

Ключевые слова: сертификация, декларация, технический регламент, испытания, качество, рыночный надзор, игрушки, продукция легкой промышленности.

Аккредитованный испытательный центр Одесской государственной академии технического регулирования и качества проводит исследования продукции легкой промышленности.

Эта продукция отбирается из торговой сети работниками Инспекции по вопросам защиты прав потребителей в соответствии с Законами Украины «О государственном рыночном контроле непищевой продукции», «О защите прав потребителей».

Испытаниям подвергается продукция, подлежащая обязательной сертификации, а именно детская обувь и одежда, чулочно-носочные изделия и игрушки на соответствие национальным и международным стандартам [1 - 15].

Детская продукция перед выпуском и поступлением в обращение на рынок не зависимо от того, где она произведена, в Украине или импортирована, обязана пройти процедуру сертификации или декларирования. Поставщик (производитель) обязан получить санитарно-гигиеническое заключение на материалы, из которых эта продукция изготовлена.

Обувь, являясь неременной частью одежды, и предназначена для защиты ног детей от неблагоприятных влияний внешней среды и механических повреждений [1 - 5].

Однако рынок заполнен большей частью обуви, которая не отвечает гигиеническим и конструктивным требованиям.

Для обуви, которая предназначена для детского и подросткового возраста, важно учитывать факторы, влияющие на развитие стопы: разделение обуви по возрастной и половой принадлежности, по видам (степень закрытости обуви) и назначению (сезонность и конструктивные факторы).

Основные методы испытаний обуви: физико-механические испытания на прочность крепления подошвы каблука, гибкость подошвы,

остаточная деформация задника и подноски, прочность швов.

Чем меньше возраст ребенка - тем более гибкой должна быть подошва.

А вот задник и подносок в обуви, в отличие от подошвы, должен быть твердым. Если при нажатии на поверхность задник и подносок легко деформируется, то во время использования обувь быстро потеряет форму, и будет сваливаться с ноги, таким образом, в любой момент ребенок может получить травму. К примеру, модная обувь «Угги» принесёт детям скорее огорчение, нежели радость (рис. 1).



Рисунок 1 – Образцы детской обуви

В этой модели подошва обуви не гнется, задник и подносок отсутствуют, а подкладка изготовлена из синтетического меха и в ней отсутствует хлопчатобумажная основа. Эта обувь способствует развитию плоскостопия и потливости ног в раннем возрасте.

В моделях туфель для девочек, их верх и подкладка изготовлены из синтетических материалов, что является недопустимым для данной возрастной группы. В пяточной части установлено устройство «пищалка», которое будет травмировать пятку ребенка, так как основная стелька выполнена из простого очень тонкого картона. Туфли не имеют жесткого подноски и задника.

Летом, магазины и рынки заполняются обувью из синтетических материалов, которая не имеет ни подкладки, ни стельки, ни задника. Чем опасна эта обувь?

Обувь очень легкая и дешевая, но несет с собой опасность в виде наличия в ней летучих химических веществ, в основном это фенолы и формальдегиды. Она имеет сильный запах, а чем сильнее запах, тем больше летучих веществ содержит материал обуви. Обувь, в основном, предназначена для кратковременного использования при купании, но не для повседневной носки.

Если говорить об обуви для детей самой младшей группы, то следует отметить, что не допускается открытая пяточная часть для детей в возрасте до 3 лет, нефиксированная пяточная часть для детей в возрасте от 3 до 7 лет, кроме обуви, предназначенной для кратковременной носки. Обувь на ноге у маленьких детей плохо держится, по этому, чем меньше ребенок, тем прочнее она должна быть прикреплена к ножке, особенно это касается обуви с открытыми подносками. Необходимы крепления шнуровки, ремешки на пряжках и др.

Огромное количество обуви, которая сегодня предлагается потребителю, именно с этими нарушениями. О её безопасности можно говорить только тогда, когда на обувь выдан сертификат качества.

Детская одежда и чулочно-носочные изделия [6 - 14], подлежащие обязательной сертификации, это все изделия, кроме верхней одежды, а именно изделия из трикотажных полотен и текстильных материалов.

Основными показателями безопасности этих изделий являются:

- сырьевой состав материала, из которого изготовлено изделие, что четко регламентировано санитарными нормами в зависимости от слоя одежды и размера;
- стойкость окраски материалов к действию стирки, к действию «пота», к действию сухого трения.

В чулочно-носочных изделиях дополнительно проводят испытания на устойчивость к истиранию, определяют толщину шва мыска.

К сожалению, часто встречаются изделия, в которых состав сырья указанный производителем не соответствует действительности.

На рис. 2 представлены образцы чулочно-носочных изделий, которые содержат синтетические материалы, запрещенные санитарными нормами.



Рисунок 2 – Образцы трикотажных и чулочно-носочных изделий

Информация на этикетке о составе сырья в виде 100% хлопка, не всегда подтверждается, а выявляется что хлопок в минимальном количестве, или он в составе отсутствует совсем.

Костюмы для детей ясельного возраста изготовлены на 100% из синтетических материалов, что не допустимо.

Продукция продается не всегда ненадлежащего качества, с дефектами производственного характера, которые ухудшают внешний вид изделия и снижают потребительские свойства товаров.

Основные дефекты: несимметричность деталей, не захват шва, прорубка и дыры. Данные дефекты можно выявить сразу при тщательном осмотре.

Маркировка изделий не всегда несет полную информацию, как об изделии, так и о производителе или поставщике.

Как правило, на данную продукцию отсутствуют сертификаты.

Игрушки должны быть сконструированы и изготовлены таким образом, чтобы при применении их по назначению они не представляли опасность для жизни и здоровья детей [15].

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся нарушения и несоответствия показателей качества игрушек.

Испытания по органолептическим показателям (запах, привкус).

Интенсивность запаха игрушки в естественных условиях и водной вытяжке не должна превышать 1 балла в игрушках, предназначенных для детей до 1 года, 2 баллов - для детей старше 1 года.

Интенсивность запаха образца и водной вытяжки игрушек для детей старше 3 лет не должна превышать 2 баллов.

Игрушки на рис. 3 имеют четкий запах, обращает на себя внимание и вызывает неодобрительный отзыв, что соответствует 4 баллам.



Рисунок 3 – Образцы игрушек Белоснежка и семь гномов, Курочка.

Кроме того, сам вид представленных игрушек оставляет негативную реакцию, лакокрасочное покрытие размазано и при обработке модельными растворами имитирующими слюну и пот происходит миграция лакокрасочных покрытий.

Испытания по физическим и механическим свойствам игрушек.

Игрушка и ее составные части, включая крепежные детали, должны выдерживать механические нагрузки, возникающие при использо-

вании игрушки по назначению, при этом она не должна разрушаться и должна сохранять свои потребительские свойства.

Доступные кромки, острые концы, жесткие детали, пружины, крепежные детали, зазоры, углы, выступы, шнуры, канаты и крепления игрушек должны исключать любой риск нанесения травмы ребенку.

Предметы набора игрушки, которые состоят из двух частей, распадаются в руках без усилия, оголяя острые кромки (рис. 4).



Рисунок 4 – Образец игрушки из пластмасс

Игрушка и съемные детали игрушки, предназначенной для детей в возрасте до 3 лет, и игрушки, непосредственно закрепляемые на пищевых продуктах, должны иметь такие размеры, чтобы избежать попадания в верхние дыхательные пути.

Мягкая игрушка не должна содержать в наполнителе твердых или острых инородных предметов (рис. 5).



Рисунок 5 – Образец мягкой игрушки

Швы мягкой игрушки должны быть прочными. Данная игрушка не выдержала испытания на прочность швов, для ребенка доступна набивка игрушки.

Игрушка не имеет индивидуальной потребительской упаковки, что недопустимо для мягких игрушек. Маркировка не содержит всей необходимой информации, а также наименования предприятия изготовителя или импортера.

Деревянные детали игрушек зачастую имеют заусенцы и следы гниения (рис. 6).

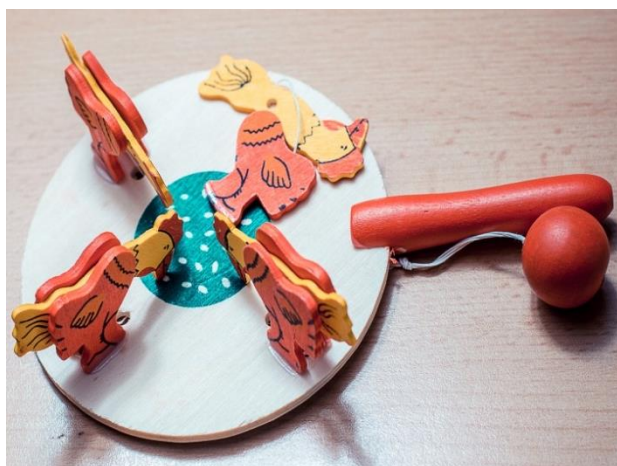


Рисунок 6 – Образец деревянной игрушки

Окрашенные детали красным, синим и черным цветом не выдержали испытание влажной обработкой, а так же не стойки к действию модельных растворов «слюны» и «пота». Окрашенные детали не имеют бесцветного лакового покрытия, что является обязательным для окрашенных деревянных деталей. Игрушка принесет только вред здоровью ребенка.

Маски и шлемы для игры из воздухонепроницаемого материала, полностью покрывающие голову ребенка, должны быть разработаны и изготовлены таким образом, чтобы исключить риск удушья в результате недостаточной вентиляции.

Игрушка, предназначенная для поддержания тела ребенка на поверхности воды, должна быть разработана и изготовлена таким образом, чтобы быть герметичной, прочной.

Игрушка, внутри которой может поместиться ребенок и представляет для него замкнутое пространство, должна иметь отверстие для выхода, легко открываемое изнутри, а также иметь поверхность с вентиляционными отверстиями.

Игрушка, несущая на себе массу ребенка и не предназначенная для езды должна быть прочной и устойчивой к опрокидыванию.

Мягкие игрушки, а также карнавальные костюмы и игрушечные изделия (например, бороды, усы, парики, маски, короны), и игрушки, в

которых может разместиться ребенок, должны быть пожаробезопасными. Так, испытание на воспламеняемость не выдержали наушники, которые являются одновременно игрушкой и головным убором (скорость распространения пламени превысила норму 30 мм/с в 2 раза).

В заключение можно сделать следующие выводы.

Действующие сегодня в Украине законодательные акты четко регламентируют, проход продукции через границу, требования к производству продукции и правила реализации товаров через розничную сеть. Однако на рынки попадает значительное количество не качественной продукции для детей.

В связи с этим, при покупке товаров для детей необходимо приобретать изделия, имеющие сертификат соответствия или декларацию соответствия; маркировку с указанием адреса производителя (поставщика), даты производства, национального знака соответствия, обозначения нормативного документа, размера и возрастной категории, сырьевого состава изделий.

Часто игрушки, изготовленные из полихлорвинила (ПВХ), на ощупь мягкие и очень похожи на резиновые. Для повышения стойкости ПВХ к тепловому и световому старению в него вводят стабилизаторы (соединение свинца, бария, кадмия, амины), а для придания эластичности ещё добавляют и пластификаторы - эфиры кислот: фталевой и фосфорной.

Для росписи поверхности игрушек из ПВХ используют в основном два красителя - красного и оранжевого цветов. В их состав входит кадмий, который придает большую стойкость и интенсивность окраске.

Не следует покупать слишком яркие и пахнущие детские изделия, это требование, как к игрушкам, так и к обуви, текстильным и трикотажным изделиям.

При покупке некачественных товаров следует обращаться в территориальные инспекции защиты прав потребителей для замены товара или и возврата денег.

Здоровый ребенок - главная проблема ближайшего и отдаленного будущего нашей страны, а неблагоприятные ситуации с состоянием здоровья детей наносят большой социальный и экономический ущерб.

Список использованных источников

1. Технічний регламент № 632 від 09.06.2011. Маркування матеріалів, що використовуються для виготовлення основних складових взуття, яке надходить для продажу.

2. ДСТУ 2063-92. Взуття для активного відпочинку. Загальні умови.
3. ДСТУ ГОСТ 1135:2007. Обувь домашняя и дорожная. Общие технические условия.
4. ДСТУ ГОСТ 26165:2009. Взуття дитяче. Загальні технічні умови. (ГОСТ 26165-2003, IDT).
5. ДСТУ 4239:2003. Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги.
6. ГОСТ 904-87. Изделия трикотажные бельевые для женщин и девочек. Общие технические условия.
7. ГОСТ 12694-90. Изделия трикотажные бельевые для детей новорожденных, ясельного и дошкольного возраста. Общие технические условия.
8. ГОСТ 20462-87. Изделия трикотажные бельевые для мужчин и мальчиков. Общие технические условия ,
9. ДСТУ 4239:2003. Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги,
10. ДСТУ ГОСТ 25296:2005. Вироби швейні білизняні. Загальні технічні умови.
11. ОСТ 17-291-84. Изделия для новорожденных и детей ясельной группы. Технические условия.
12. ДСТУ 2056-92. Вироби панчішно-шкарпеткові. Колготки, які виробляються на круглопанчішних автоматах. Загальні технічні умови.
13. ГОСТ 8541-84. Изделия чулочно-носочные, вырабатываемые на круглочулочных автоматах. Технические условия.
14. ГОСТ 18400-82. Изделия чулочно-носочные из текстурированных капроновых нитей эластик, вырабатываемые на круглочулочных автоматах. Технические условия,
15. Технічний регламент № 901 від 08.10.2008. Безпека іграшок.

Поступила в редакцію 21.01.2014

Л. В. Кузнєцова, Л. В. Коломієць, д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ДО ПИТАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

У статті наведено аналіз результатів сертифікаційних випробувань продукції легкої промисловості, яка підлягає обов'язковій сертифікації, а саме дитячого взуття та одягу, іграшок і панчішно-шкарпеткових виробів; приведені рекомендації по вибору якісних товарів.

Ключові слова: *сертифікація, декларація, технічний регламент, випробування, якість, ринковий нагляд, іграшки, продукція легкої промисловості.*

L. V. Kuznetsova, L. V. Kolomiets, DSc

TO THE QUALITY OF LIGHT INDUSTRY PRODUCTS

Article presents the analysis of the results of light industry certification tests, which is subject to mandatory certification, namely, children's shoes and clothes, toys and legwear garment; contain guidelines for choosing high-quality goods.

Keywords: *certification, declaration, technical regulations, testing, quality, market supervision, toys, light industry products.*

М. І. Сичов, к.х.н., Л. В. Коломієць, д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ОСОБЛИВОСТІ ВИДІВ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ ВИН ВИНОГРАДНИХ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МЕТОДІВ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ

У статті проводиться аналіз видів та особливостей фальсифікатів вин виноградних, існуючих досліджень щодо їх виявлення стану нормативних документів та їх вимог до якості вин виноградних в Україні, та розглядається необхідність вдосконалення і введення методів аналізів щодо натуральності вин виноградних.

Ключові слова: вино виноградне, фальсифікація, ідентифікація, натуральність, мінеральний склад, ароматизатори, барвники, методи аналізу, фізико-хімічний склад.

Постановка проблеми в загальному вигляді полягає у розгляді видів фальсифікації вин виноградних, вимог чинних нормативних документів щодо якості вин, огляд методів визначення якості та ідентифікації їх натуральності, вироблення пропозицій для боротьби з контрафактною продукцією.

Мета статті: провести аналіз видів та способів фальсифікації вин, положень чинних нормативних документів щодо якості та методів контролю цієї продукції, надання рекомендацій щодо вдосконалення методів виявлення фальсифікатів, аналізів якості, натуральності та ідентифікації виноробної продукції.

Ризики від споживання неякісної контрафактної харчової продукції найбільш суттєві не тільки для здоров'я та безпеки людини, але й визначають і конкурентоспроможність на світовому ринку продукції українських виробників.

Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» [1] визначає відповідні вимоги при виробництві. Нові економічні відносини, що склалися в наш час, призвели до відкритості ринку, появи у сфері збуту фальсифікатів і контрафактних харчових продуктів, серед яких значне місце займають вина.

Методи фальсифікації так чи інакше зводяться до порушень технології виробництва за рахунок використання сировини, яка не має нічого спільного з натуральними виноматеріалами і послідовним доведенням фізико-хімічних показників до встановлених норм. Появі та розповсюдженню контрафактної продукції сприяють прийняті на сьогодні методи дослідження тільки загальних властивостей вин, що не дають уяви і фактичних даних про натуральність продукту, а виявлення фальсифікатів можливе лише за результатами висококваліфікованої дегустаційної оцінки.

Як свідчить зарубіжний досвід вивчення фальсифікації харчових продуктів та вітчизняних аналогів, на практиці найбільш часто зустрічаються наступні способи фальсифікації цього продукту [2, 3]:

1. Асортиментна фальсифікація - часткова або повна заміна вин на винні напої, невідповідна вказівка групової належності вина, спотворення географічного походження вина, підробка марочних і колекційних вин та інші. Сюди ж відносяться і **інформаційна фальсифікація**, порушення вимог маркування, підробка споживчої тари та укупорки.

2. Якісна фальсифікація широко застосовується як в процесі виробництва, так і при реалізації вин. Основні її види такі:

- **розбавлення** виноградного вина малоцінними продуктами (водою, плодово-ягідними винами) для збільшення випускаемого об'єму, в результаті чого змінюється інтенсивність кольору, насиченість букету, вмісту спирту етилового. Такі вина «виправляють» внесенням різних невластивих вину натуральному речовин - спирту етилового неочищеного, синтетичних замінників цукру, барвників, ароматизаторів та інших;

- **галізація вина**, що є різновидністю попереднього способу і має відмінність в доведенні міцності та кислотності до встановлених норм;

- **петіотизація вина** - отримання вин з вичавок виноградних ягід купажованих з цукровим сиропом. Це найбільш натуральний метод фальсифікації, у вині знижується вміст винної кислоти і тартратів, вина дуже схожі на старі;

- **шапталізація**, що полягає в обробці кисло-го суслу лужними реагентами і добавками цукру до або після бродіння;

- **застосування консервантів** - кислот-антисептиків для прискорення технологічного

процесу в разі легкоскисаючих вин, що не пройшли стадії витримки та зберігання;

- **шеслізація** або добавка гліцерину, що призводить до зменшення вмісту кислот і гіркоти, збільшення відчуття солодощі, а також до переривання процесу бродіння;

- **фарбування вина**, що застосовується для виготовлення ненатуральних вин із застосуванням барвників як природного походження, так і здебільш синтетичних (азобарвники, аніліновий, нафталіновий, антраценовий барвники, індигокармін, фуксин), які є не тільки шкідливими, але й токсичними і відсутні в нормативних положеннях щодо дозвільного застосування [4];

- **підробка букету вина**, яка застосовується в комплексі з іншими видами фальсифікації, для чого використовують суміші різного виду складних ефірів (енантового, валеріанового, валеріаноамілового, масляного та інших), а також засушені квіти винограду;

- **приготування «штучних» вин**, для чого замість виноматеріалів підбирають суміш компонентів, органолептичне сприйняття яких відповідає вину натуральному; в складі суміші можуть бути вода, дріжджі, цукор, виннокислий калій, винна і лимонна кислоти, танін, гліцерин, спирт, карамель, барвники і ароматизатори та інші сполуки в залежності від «рецептури» такого вина;

- **фальсифікація способу виробництва**, при якій за високоякісні вина видаються такі, що виготовлені з порушенням затвердженої технології для цього вина, коли за високосортні вина видаються купажні та одержані з низькосортного винограду або невідповідного по району походження, витримці і зберігання.

Всі види фальсифікації зв'язані з обманом споживача; під назвою натуральних вин виробляються і реалізуються продукти, що наносять натуральний і моральний збиток, можуть бути небезпечні для здоров'я споживача, особливо при добавках в кріплені вина технічного спирту, застосування синтетичних барвників, ароматизаторів і консервантів при виробництві «штучних» вин.

Споживач повинен звертати увагу на оформлення споживчої тари (пляшок), де повинна міститися вся необхідна інформація згідно вимог щодо споживчого маркування [5]. Аналіз положень двох основних законодавчих і нормативних актів щодо якості вин виноградних - Закону України про виноград та виноградне вино [6] (далі - Закон) і ДСТУ 4806:2007 [7] не дозволяє зробити висновки про однозначність вимог до натуральності вин, способу їх виробництва, ідентифікації і контролю якості, наявності нормативних положень щодо виявлення фальсифікатів да-

ного виду харчового продукту стандартизованими методами контролю. Так, положення п. 32 розділу I Закону щодо фальсифікації вин неповні, вони не відображають змісту самого процесу фальсифікації, а лиш говорять про підробку вин за походженням або їх складом додаванням речовин і виготовленням сурогатів. Саме поняття «сурогати» також не розкрито за змістом, як повну заміну натуральності.

В Законі відмічається (п. 33, розділ I), що якість це «ступінь відповідності вина органолептичному сприйманню і фізико-хімічним показникам, які характеризують конкретний тип (марку) вина...». Проте добре відомо, що достатньо «якісно» виготовлений фальсифікат або контрафактна продукція буде відповідати всім таким вимогам згідно ДСТУ 4806:2007. Вина. Загальні технічні умови. Ознаки п. 5.1.5 і п. 5.1.6 цього ДСТУ не містять будь яких вказівок щодо методів ідентифікації натуральності та контролю якості неприродних речовин, невластивих для вин натуральних (барвники, ароматизатори, консерванти та інші). В п. 5.2.1. лише задекларована заборона щодо використання цукру, води, ароматизаторів та барвників. Контроль, що здійснюється органами сертифікації виноробної продукції, має явно недостатню кількість критеріїв. Це має відношення і до роботи лабораторій контролюючих органів.

Численні наукові дослідження, запропоновані методи аналізів вітчизняних та зарубіжних аналогів на жаль не доведені до практичного втілення в роботу виноробних підприємств та щодо контролю якості їх продукції.

При проведенні товарно-партійної ідентифікації вин рекомендується знати і перевіряти особливості маркування вин в різних країнах-постачальниках. Щодо країн ЄС інформацію, приведену в маркуванні, розділяють на обов'язкову і факультативну. Щодо обов'язкової, то зрозуміло, що в цілому вона відповідає вимогам регламенту щодо маркування [5]. Факультативна інформація містить дані про сорт винограду, його походження і технологію вина, опис органолептичних показників і рекомендації щодо споживання вина. Важлива роль на початковому етапі ідентифікації відводиться зовнішньому виду пробки, її стану, розмірів, її складу (матеріалу).

Наступний етап, дегустація, повинен відповідати на питання щодо виду вина, його сортності, технології виготовлення та географії вина. В цьому разі важливими є дані щодо ароматичних та смакових відтінків, кольору вина, терміну витримки, віку вина. Колірні характеристики можуть бути виявлені та підтверджені також спект-

рофотометричними методами, що особливо важливо для рожевих і червоних вин. Згідно директиви Міжнародної організації винограду та вина (МОВВ) знаходження хроматичного показника (кольору) відноситься до числа обов'язкових методів, що дозволяють впевнитися в якості і характері вина, його походженні, у віці і зрештою в натуральності [2]. Важливо знати і те, що в кожній країні існує своя, національна особливість класифікації вин. Достатньо інформативним є дослідження колірних характеристик вин спектрофотометричним методом. Враховуючи важливість визначення кольору при ідентифікації вин, Регламент Комісії ЄС від 17 вересня 1990 р. № 2676/90 передбачає два спектрофотометричні методи вимірювання колірних показників: еталонний і загальноприйнятий [8]. Для таких цілей встановлюють також мікроелементний склад вин (вміст Al, Mn, Co, Zn, Sr, Rb, Mo, Sb, U) [6] та інших елементів методами мас-спектрометрії, вольтамперометрії, вміст основних органічних кислот (винної, молочної, яблучної, лимонної, янтарної), а також ароматичних кислот (ванілінової, бузкової, кофейної, р-кумарової та ін.) і вільних амінокислот (аланіну, аргініну, тирозину, валіну, ізолейцину та ін.) методами високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ), капілярного електрофорезу, ізотопне відношення дейтерій/водень методом ЯМР, складу антоціанів червоних і рожевих вин, а також флавоноїдів методом ВЕРХ. Слід відзначити, що значна увага визначенню фенольних речовин (антоціанів, пірокатехінів, танінів і дубильних речовин), їх вмісту, впливу на процеси старіння і відповідно на характеристики вин була приділена в дослідженнях Валуїко Г. Г. [8]. Спектрофотокolorиметричні методи визначення фенольних речовин і зокрема барвників червоних вин, антоціанів, надають можливості впевнитися в натуральності цих вин, визначення способу технології та їх віку. Валуїко Г. Г. також рекомендує експрес-метод МОВВ щодо визначення кольорності у винах і хроматографічний метод на папері для визначення антоціанів у червоних винах.

Автор Горбунова Є. В. [9], вивчаючи вплив фальсифікації вин червоних на антиоксидантну ємкість, встановила залежність між її значенням і фізико-хімічними показниками вин, зокрема приведеним екстрактом, який містить фенольні речовини, що перейшли при їх екстракції спиртом при бродінні. Фальсифікація вин призводить до зменшення масової долі фенольних речовин і відповідно до зменшення антиоксидантної ємкості червоних вин, зміни концентрацій ряду лужних і лужноземельних металів та винної кислоти.

В роботі [10] проведено узагальнення даних

багаторічних досліджень мінерального складу натуральних вин України та зарубіжних виробників. Основними показниками натуральності і регіонального походження вин вважається характерний вміст калію, натрію, магнію, кальцію і хлоридів, що є своєрідним і характерним як для виноробних регіонів України, так і для окремих країн-виробників. З огляду на застосування ароматизаторів, складності їх виявлення та ідентифікації Гугучкіна Т. І. та інші аналоги Росії пропонують використання методу газової хроматографії з метою виявлення (ідентифікації) 1, 2-пропіленгліколю, триацетину (носіїв ароматизаторів), які відсутні в натуральних продуктах [11].

Автор Луніна Л. В. пропонує способи виявлення автентичності вин аналізами вмісту альдегідів, складних ефірів, сивушних масел, метанолу, а також по вмісту катіонів лужних та лужноземельних металів [12].

Роботи енологів Інституту винограду і вина «Магарач» [13] є в значній мірі узагальненням питань ідентифікації і виявлення фальсифікатів виноробної продукції і містять значну кількість рекомендацій щодо методів визначення якості і автентичності вин, виявлення ознак їх фальсифікації. Особливістю таких рекомендацій є перевага фізико-хімічних методів, достатньо доступних для лабораторій, не в повній мірі оснащених обладнанням у виді хроматографів, мас-спектрометрів і інших новітніх приладів. Такий підхід не заперечує використання новітніх і водночас експресивних методів і дає можливість використання методів контролю, доступних більшості лабораторій. Поряд з методами контролю, що є в нормативній документації, пропонуються і наступні методи [14]:

- визначення масової концентрації фенольних речовин;
- визначення масової концентрації антоціанів;
- визначення масової концентрації органічних кислот методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ);
- виявлення синтетичних барвників у вині;
- визначення вмісту магнію, калію, натрію, кальцію і хлоридів у винах;
- визначення масової концентрації терпенових спиртів, які є ароматоутворювачами, фурфуролу, складних ефірів, вищих спиртів.

Таким чином, аналіз і систематизація наукових досліджень, науково-технічної літератури і нормативних документів України, інших країн-виробників вин надають можливість вибору найбільш значимих і доступних показників для цілей ідентифікації натуральності вин, їх походження та виявлення фальсифікатів.

Показники, що передбачені законодавством та нормативними актами України:

- маркування;
- органолептичні показники;
- об'ємна доля етилового спирту;
- масова концентрація цукрів, в тому числі і відновлюваних;
- масова концентрація титруємих кислот;
- масова концентрація летких кислот;
- масова концентрація приведенного екстракту;
- масова концентрація сірчистої кислоти.

Показники якості вин, прийняті згідно вітчизняної та зарубіжної енологічної практики та ті, що рекомендовані для ідентифікації натуральності вин та їх фальсифікації:

- антиоксидантна ємність;
- масова концентрація фенольних речовин;
- масова концентрація антоціанів;
- окисно-відновний потенціал і рН;
- склад органічних кислот;
- катіонно-аніонний склад;
- наявність синтетичних барвників;
- наявність ароматизаторів, їх природи і складу та їх носіїв.

Висновки

Аналіз видів і способів фальсифікації вин, методів їх виявлення та ідентифікації натуральності вин виноградних показує, що більшість з них мають загальну основу щодо методик досліджень та достатню доступність при виконанні. Незважаючи на значну кількість вітчизняних і аналогічних зарубіжних досліджень і рекомендацій з цього питання, в існуючих нормативних і законодавчих документах України щодо якості вин виноградних відсутні методи дослідження їх натуральності та наявності фальсифікатів вин. Вибір додаткових показників якості та введення їх в практику сертифікації та контролю якості вин зняв би багато питань щодо натуральності вин, виявлення фальсифікатів, підробок і контрафактної продукції походження з України або закордонних виробників, слугував би інтересам держави і споживачів.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» від 23.12.1977, №771/97 ДР // Офіційний веб-портал Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/771/97%DO%B2%D1%80/>.
2. Идентификация и фальсификация винодельческой продукции. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.znaytovar.ru/s/identifikaciya_i_falsificaciya20/html.
3. Николаева М. А. Идентификация и фальсификация пищевых продуктов / М. А. Николаева, Д. С. Лычников, А. Н. Неверов. М.: Экономика, 1995. – 108 с.
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 січня 1999 р. № 12 «Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах».
5. Наказ Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 28.10.2010 р. № 487 «Про затвердження Технічного регламенту щодо правил маркування харчових продуктів». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE18921/html.
6. Закон України «Про виноград та виноградне вино» від 16.06.2005 № 2662-IV. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2662-15>.
7. Вина. Загальні технічні умови: ДСТУ 4806:2007 – Чинний від 2009-01-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 15 с. – (Національний стандарт України).
8. Валушко Г. В. Биохимия и технология красных вин / Г. В. Валушко. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 296 с.
9. Горбунова Е. В. Исследование антиоксидантной емкости красных вин и разработка алгоритма выявления их фальсификации: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.15 / Е. В. Горбунова; Рос. экон. ун-т им. Г. В. Плеханова. – М., 2012. – 22 с.
10. Аникина Н. С. Минеральный состав виноградных вин-идентификационный признак их аутентичности / Н. С. Аникина, Т. А. Жиликова, В. Г. Гержилова, Л. Г. Владимирова, А. В. Семечук, А. Ф. Черкашина, Н. Н. Сарварова, Е. В. Горбунова // Виноградарство и виноделие. – 2010. – № 1. – С. 33-34.
11. Гугучкина Т. И. Определение подлинности винодельческой продукции / Т. И. Гугучкина, Н. М. Агеева, Ю. Ф. Якуба // Партнеры и конкуренты. – 2002. – № 3. – С. 25-28.
12. Лунина Л. В. Разработка способов оценки качества и идентификации виноградных вин и винных напитков: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.15, 05.18.01 / Л. В. Лунина; СКЗПИИСиВ. – Краснодар, 2005. – 17 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dissertac.com/content/razrabotkasposobov-otsenki-kachestva-i-i>.
13. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. проф. Гержиловой В. Г. – Симферополь: «Таврида», 2002. – 260 с.
14. Современные методы идентификации подлинности виноградных вин. – [Електронний ресурс].

ресурс]. – режим доступу: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=452143>.

Надійшла до редакції 20.11.2013

Рецензент: д.х.н., проф. Бельтюкова С. В.,
Одеська Національна Академія харчових техно-
логій, м. Одеса.

М. И. Сычев, к.х.н., Л. В. Коломиец, д.т.н.

ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ ФАЛЬСИФИКАЦИИ VIN ВИНОГРАДНЫХ И РЕКОМЕНДАЦИИ МЕТОДОВ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ

В статье проведен анализ видов и особенностей фальсификатов вин виноградных, существующих исследований по их обнаружению, состояния нормативных документов, их требования по качеству вин виноградных в Украине, и рассматривается необходимость совершенствования и введения методов установления натуральности вин виноградных.

Ключевые слова: вино виноградное, фальсификация, идентификация, натуральность, минеральный состав, ароматизаторы, красители, методы анализа, физико-химический состав.

M. I. Sychev, PhD, L. V. Kolomiyets, DSc

FEATURES OF THE VARIETY OF COUNTERFEIT WINES AND RECOMMENDATIONS ON RESEARCH THEIR TYPES

This article examines the variety of counterfeit wines. The author tells about the study to determine the forgery species. Examines a current laws governing the quality of wines in Ukraine. This article contains information on how to identify counterfeit wines and improvement of new methods of examination of wines.

Keywords: wine, counterfeit, identification, naturalness, mineral composition, flavors, dyes, methods of analysis, physicochemical composition.

УДК 621.327.54.17

С. В. Добровольська, О. М. Величко, д.т.н., Л. Т. Зіангірова, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІТИЧНОЇ ІЄРАРХІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ДІЯЛЬНОСТІ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

В статті розглядаються пропозиції щодо проведення порівняльної оцінки ефективності діяльності вищих навчальних закладів, зокрема тих, що готують спеціалістів в галузі технічного регулювання із застосуванням методу аналітичної ієрархії, аналізуються основні етапи методики порівняльної оцінки ефективності діяльності ВНЗ та наводяться узагальнені показники, які характеризують як кількісні, так і якісні показники ефективності діяльності ВНЗ.

Ключові слова: МАІ, ієрархія, науково-педагогічна діяльність, галузь технічного регулювання.

Постановка проблеми

Питання формування професійної майстерності спеціалістів, які працюють в галузі технічного регулювання, набувають все більшого значення в сучасній теорії і практиці освіти. Створення ефективної системи формування професійної майстерності є одним з основних завдань модернізації систем навчання метрологів.

Підвищена увага до проблем якості навчання обумовлена:

- зростанням кількості приватних структур, що реалізують програми професійного навчання;

- розширенням меж навчання, у зв'язку з чим сфера управління якістю почала охоплювати неформальне навчання;

- необхідністю оптимізації державних, приватних і особистих інвестицій в навчання.

Як відомо, традиційним для професійної освіти і ринку праці є поняття кваліфікація, яке

описує потенційну здатність виконання операцій в рамках якої-небудь діяльності або трудових завдань.

Кваліфікація базується на оцінці знань і умінь. Уміння розуміють як знання і досвід, необхідні для виконання конкретних завдань або роботи, а також – як продукт навчання, освіти і досвіду, який спільно з відповідним ноу-хау характеризує технічні знання.

В даний час відбувається активна переорієнтація професійної освіти на компетенції. Під компетенціями прийнято розуміти інтегроване поєднання знань, здібностей і установок, що дозволяють людині виконувати трудову діяльність в сучасному трудовому середовищі.

У сфері освіти компетенція формується на базі інтеграції знань, умінь і досвіду діяльності.

Переорієнтація систем якості на компетенції вимагає вдосконалення наявних систем оцінки діяльності ВНЗ.

Виклад основного матеріалу

Оцінка як механізм, або функція управління якістю дозволяє вирішувати декілька завдань. По-перше, вона направлена на підвищення якості навчання, по-друге, підтримує зворотний зв'язок між процесом навчання і суб'єктами, що навчаються, по-третє, забезпечує адекватну відповідність результатів навчання реальним потребам робочого місця.

За кордоном широке практичне застосування знайшла система показників для послуг (включаючи освітні послуги), яка пропонує оцінити:

- надійність (мінімізація всіх видів ризиків для споживача);
- готовність до дії (готовність до надання послуг);
- професійна майстерність (знання і комунікаційні якості персоналу);
- індивідуальний підхід до споживача (студента);
- матеріальне забезпечення (характеристика стану приміщень, технічних засобів, зовнішнього вигляду персоналу тощо).

Основні вимоги до якості освітніх послуг в нашій державі відображені в Законах України «Про освіту», «Про вищу освіту», постановах Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про державний вищий заклад освіти», «Про затвердження Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах», «Про перелік напрямів та спеціальностей, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за відповідними освітньо-кваліфікаційними рівнями» а також в стандартах вищої освіти.

Проте, сьогодні не існує єдиного нормативного документа України, використовуючи який можна провести порівняльну оцінку діяльності навчальних закладів.

Для проведення порівняльної оцінки ефективності діяльності ВНЗ, зокрема тих, що готують спеціалістів в галузі технічного регулювання, доцільно застосовувати метод аналітичної ієрархії (Analytic Hierarchy Process) – МАІ.

Даний метод ґрунтується на принципах декомпозиції та синтезу, реалізація яких дає змогу зменшити кількість можливих помилок у процесі отримання інформації від експерта. За допомогою МАІ отримуємо структуру у вигляді ієрархії, що дозволяє уникнути складних порівнянь, замінивши їх попарними. Крім того, цей метод дає змогу перевіряти послідовність (несуперечливість) тверджень експерта і цим пояснюється його поширення, дійсно системний характер і велика кількість практичних застосувань.

Звичайно, як і всі системні методи прийняття рішень, МАІ не гарантує єдиного правильного шляху до істини, але за умови залучення кваліфікованих експертів і досвідченого системного аналітика він допомагає генерувати й виявляти рішення, що відповідатимуть призначенню складної системи. За допомогою попарних порівнянь визначаються локальні пріоритети, а побудована ієрархічна структура дозволяє отримувати значення глобальних пріоритетів альтернатив і оцінювати несуперечливість одержаних розв'язків.

У процесі мислення ми визначаємо об'єкти чи ідеї та відношення між ними. Визначаючи щось, особа виконує декомпозицію складної події, з якою зустрічається, а виявивши відношення, здійснює синтез. В основі пізнання лежить фундаментальний процес, що включає декомпозицію та синтез.

Хоча декомпозиції, реалізовані різними особами, можуть відрізнятися між собою, безпосередній досвід спілкування з реальністю допомагає одержувати достатньо близькі оцінки на операційному рівні, особливо тоді, коли їх підтверджує успішний досвід досягнення спільної мети. Тому реальність можна моделювати по-різному, і разом з тим надавати твердженням зміст, що відображає спільне розуміння.

При цьому можна реалізувати декілька варіантів методики оцінки ефективності й порівняльного аналізу діяльності ВНЗ, зокрема оцінити:

- діяльність всіх ВНЗ;
- діяльність в близьких за виконуваними завданнями групах ВНЗ;

- динаміку результатів діяльності за кожним ВНЗ окремо (підсумки роботи ВНЗ в поточному році чи періоді порівнюють з підсумками його роботи за попередній рік чи період) [1].

Вибір значущих показників є основоположним етапом процедури оцінювання ефективності діяльності ВНЗ. Такий вибір зводиться до знаходження коефіцієнтів вагомості показників при оцінюванні освітніх послуг. Слід звернути увагу на показники, які можна вважати загальними показниками науково-педагогічної діяльності:

- кадрове забезпечення;
- організація навчальних занять;
- методичне забезпечення навчальних дисциплін;
- науковий рівень проведення занять;
- якісна успішність студентів.

Основними етапами методики порівняльної оцінки ефективності діяльності ВНЗ на основі МАІ є такі:

1) складають перелік ВНЗ, ефективність діяльності яких буде аналізуватись, і обирають один з варіантів порівняльного оцінювання або розробляють технологію проведення такого оцінювання;

2) визначають перелік показників для порівняльного оцінювання, який може бути сформований одним експертом або спеціальною групою експертів. Якщо оцінювання проводить декілька експертів, визначають коефіцієнт узгодженості експертного оцінювання;

3) проводять аналіз результатів статистичної звітності ВНЗ, що характеризують результати їхньої діяльності за окремими показниками і визначаються числами будь-якої розмірності (кількісними показниками);

4) визначають чисельні значення відносної важливості показників, що входять до матриці попарних порівнянь показників оцінки, які встановлюються експертом (експертною групою) безпосередньо у кожному конкретному випадку здійснення порівняльної оцінки діяльності ВНЗ;

5) перевіряють узгодженість локальних пріоритетів, що увійшли до матриці, з використанням відношення узгодженості;

6) визначають чисельні значення елементів матриць попарних порівнянь з використанням наявної інформації з тих чи інших доступних джерел для встановлення масиву матриць, для попарного порівняння ВНЗ, відповідно до кожного показника ефективності і нормованих власних векторів для кожної побудованої матриці;

7) перевіряють узгодженість локальних пріоритетів, які увійшли до матриць, з

використанням відношення узгодженості, індексу узгодженості вихідних даних;

8) визначають узагальнені пріоритети для кожного з порівнюваних ВНЗ;

9) ранжують глобальні пріоритети для всіх ВНЗ, і визначають найбільш ефективний навчальний заклад – ВНЗ, для якого отримано максимальне сумарне значення показників.

Використовуючи процедуру ранжирування, вибирають значущі критерії оцінювання діяльності ВНЗ. Під значущими критеріями можна розуміти певну сукупність показників, які за наслідками експертного аналізу найкращим чином відображають (характеризують) якість освітніх послуг ВНЗ.

Попарні порівняння і всі інші етапи МАІ здійснюють вже за узагальненими показниками, які можуть бути оцінені з використанням звітної або іншої відомої інформації щодо окремих часткових показників.

Для попарного порівняння проміж собою всіх узагальнених показників, в тому числі, кількісних та якісних, з поданням результату зрівняння у кількісній формі, слід користуватися шкалою відносної важливості – шкалою Сааті (значення від 1 до 9) [2].

Висновки

Пропонується використовувати такі узагальнені показники, що відповідають певним групам часткових показників:

- загальні показники науково-педагогічної діяльності;
- показник технічного рівня результатів науково-педагогічних розробок;
- показник раціонального використання матеріально-технічних ресурсів;
- показник рівня кваліфікації співробітників;
- показник спільної діяльності з іншими організаціями;
- показник працевлаштування випускників ВНЗ;
- показник відгуків роботодавців.

Наведені узагальнені показники повинні характеризувати як кількісні (відсоток співробітників з науковими ступенями і званнями від загальної кількості науково-педагогічних працівників ВНЗ, обсяги фінансування навчального процесу та наукових розробок тощо), так і якісні (відповідність навчальних програм актуальним напрямом розвитку науки і техніки, вплив окремих факторів на рівень викладання) показники ефективності діяльності ВНЗ.

При розробці інноваційних підходів до оцінки враховуються такі вимоги або критерії, як

надійність, обґрунтованість, гнучкість і неупередженість.

Введення вказаних показників та критеріїв дозволить навчальним закладам:

- підвищити культуру освітніх послуг;
- точніше орієнтуватися в побажаннях і вимогах працедавців;
- удосконалити нормативну базу оцінювання якості діяльності навчального закладу;
- забезпечити конкурентоспроможність ВНЗ.

Слід особливо підкреслити, що забезпечення якості навчання досягається за рахунок використання механізмів зовнішнього і внутрішнього контролю. Внутрішній контроль якості здійснюється в рамках самооцінки, а зовнішній – за допомогою стандартів, процедур ліцензування,

атестації і акредитації (навчальних закладів і провайдерів, програм навчання тощо).

Список використаних джерел

1. Величко О. М. Методи оптимізації ієрархічних систем в метрології та стандартизації: теорія і практика / О. М. Величко, Л. В. Коломієць, Т. Б. Гордієнко. – За заг. ред. д-ра техн. наук Величка О. М. – Одеса: ВМВ, 2010. – 250 с.
2. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
3. Брук Б. Н. Методы экспертных оценок в задачах упорядочения объектов / Б. Н. Брук, В. Н. Бурков // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1972. – № 3. – С. 3–11.

Надійшла до редакції 19.11.2013

С. В. Добровольская, О. Н. Величко, д.т.н., Л. Т. Зиангирова, к.т.н.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В статье рассматриваются предложения по проведению сравнительной оценки эффективности деятельности высших учебных заведений, в частности тех, которые готовят специалистов в отрасли технического регулирования с применением метода аналитической иерархии, анализируются основные этапы методики сравнительной оценки эффективности деятельности ВУЗов и приводятся обобщенные показатели, которые характеризуют как количественные, так и качественные показатели эффективности деятельности ВУЗов.

Ключевые слова: МАИ, иерархия, научно-педагогическая деятельность, отрасль технического регулирования.

S. V. Dobrovolska, O. M. Velichko, DSc, L. T. Ziangirova, PhD

APPLICATION OF METHOD OF ANALYTICAL HIERARCHY IS FOR LEADTHROUGH OF COMPARATIVE ESTIMATION OF ACTIVITY OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS

In the article examined suggestion on the leadthrough of comparative estimation of efficiency of activity of higher educational establishments, in particular those which prepare specialists in industry of the technical adjusting with the use of method of analytical hierarchy, the basic stages of method of comparative estimation of efficiency of activity of Institutes of higher are analysed and the generalized indexes over, which characterize both quantitative and high-quality indexes of efficiency of activity of Institutes of higher, are brought.

Keywords: AHP, hierarchy, scientifically pedagogical activity, industry of the technical adjusting.

РОЗДІЛ 2

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення

Г. Д. Братченко, д.т.н., І. С. Сеніва, В. Б. Лубманенко, Г. А. Губернатор

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИМІРЮВАННЯ СПОТВОРЕНЬ ШИРОКОСМУГОВИХ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ

В статті розглядаються особливості методів вимірювання нелінійних спотворень широкосмугових складних сигналів, проводиться числове моделювання процесу вимірювання спотворень складних широкосмугових радіоімпульсів. Результати моделювання можуть застосовуватись при обґрунтуванні вибору методу вимірювання спотворень таких сигналів.

Ключові слова: математична модель, широкосмугові складні сигнали, спотворення сигналів, вимірювання спотворень.

У сучасних системах зв'язку існують дві основні причини виникнення нелінійних спотворень. Одна з них пов'язана з нелінійною залежністю амплітудно-частотної характеристики від рівня вхідного сигналу. Інша причина пов'язана з нерівномірністю залежності фазової характеристики від частоти вхідного сигналу [1].

У широкосмугових системах ці ефекти можуть породжувати чотири типи спотворень: гармонійні спотворення; спотворення, обумовлені перехресною модуляцією; фазові та інтермодуляційні спотворення. Кожне з них має своє джерело, але всі вони впливають на вхідний сигнал [1].

Широке застосування в радіолокації та в системах радіозв'язку широкосмугових (ШС) складних НВЧ сигналів потребує удосконалення методів і приладів для вимірювання спотворень таких сигналів як при їх випромінюванні, так і при обробці у приймальному тракті [2, 3].

Для вимірювання спотворень складних (широкосмугових) імпульсних сигналів в діапазоні надвисоких частот можуть бути використані осцилографи та аналізатори спектра [3]. Крім цього можуть застосовуватись спеціально розроблені прилади, що реалізують методи вимірювання параметрів спотворень таких сигналів [2].

Переваги і недоліки відомих аналогових і дискретних методів вимірювання внутрішньоімпульсних спотворень широкосмугових частотно-модульованих (ЧМ) радіоімпульсів аналізуються в [2]. Розглянуті в [2] методи здебільшого призначені для вимірювання спотворень параметрів лінійно-частотно-модульованих (ЛЧМ) радіоімпульсів та їх періодичних послідовностей. Найбільш перспективними, з точки зору точності вимірювання модуляційних спотворень ЧМ сигналів, зазначені методи: імпульсно-фазової дискретизації, можливості яких обмежуються тільки швидкодією цифрової техніки; метод диферен-

ціюючого чотириполосника, в якому диференціювання залежності зміни миттєвої частоти радіоімпульсу виконується за допомогою лінії затримки та змішувача з подальшим виділенням з отриманого сигналу інформації на проміжній частоті.

У [4] для вимірювання спотворень сигналу в приймальному тракті застосовується метод диференціюючого чотириполосника, а також статистична оцінка відмінності вихідного спотвореного сигналу $u(t)$ від ідеального $u_{ид}(t)$ шляхом порівняння нормованих автокореляційної функції (АКФ) ідеального і взаємнокореляційної функції (ВКФ) спотвореного з ідеальним сигналом. Для кількісної оцінки спотворень сигналів в каналах зв'язку використано середньоквадратичне значення їх різниці - середньоквадратична

помилка $\varepsilon_{\Delta p}^2 = \frac{1}{N} \sum_i (\Delta p(i))^2$. Така оцінка є універсальною щодо форми ШС радіоімпульсів і зручною для допускового контролю ступеня спотворень таких сигналів.

Однак, з точки зору метрологічної простежуваності показника спотворень складного сигналу, бажано забезпечити його подібність до загальноприйнятого у разі вимірювання спотворень періодичних сигналів коефіцієнту гармонік [5]. У [6] запропоновані два показники якості для оцінки спотворень різних видів широкосмугових складних імпульсних сигналів:

$$K_r = \left| \vec{U}_{\text{вих}} - k \vec{U}_{\text{вих}0} \right| / \left| k \vec{U}_{\text{вих}0} \right|, \quad (1)$$

де $\vec{U}_{\text{вих}}$ - вектор відліків обвідної сигналу на виході узгодженого фільтра (УФ) приймача при збігові максимумів спотвореного й неспотвореного сигналів, k - відношення значень цих максимумів;

$$K_p = \sqrt{1 - \rho_{\max}^2}, \quad (2)$$

де $\rho_{\max}$ - максимальне значення коефіцієнта взаємної кореляції обвідної сигналу з очікуваною (ідеальною) у вікні спостереження.

Числові значення цих безрозмірних показників мало відрізняються при порівняно малих фазових спотвореннях, і за своєю фізичною суттю вони близькі до коефіцієнта гармонік [6]. Такі показники можуть бути застосовані при побудові засобів вимірювання спотворень складних ШС радіоімпульсів.

Метою роботи є удосконалення математичної моделі для дослідження кількісних оцінок точності вимірювання спотворень ШС сигналів та отримання результатів моделювання вимірювання спотворень ШС ЛЧМ радіоімпульсу методами, що застосовують показники (1) і (2).

В моделі передбачається необхідність багатоканальної реалізації для випадку, коли спотворення ШС сигналу призводять до зсуву обвідної ВКФ на виході детектора обвідної (ДО) (рис. 1). Спотворення вводяться в сигнал як шляхом його додаткової модуляції (мультиплікативні завади), так і додаванням шумів до вхідного сигналу (адитивні завади).

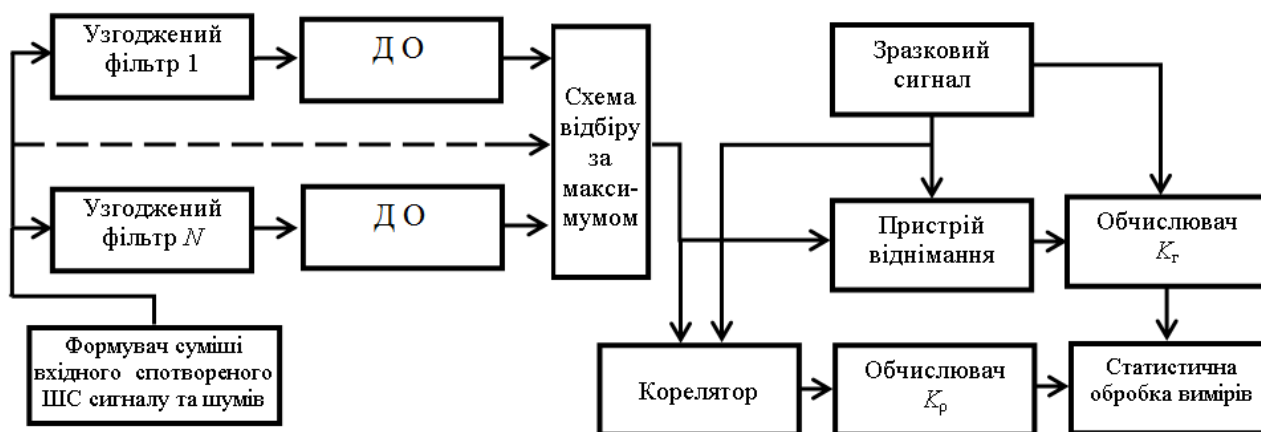


Рисунок 1 – Структурна схема математичної моделі для дослідження засобу вимірювання спотворень широкопasmового складного сигналу

Удосконалена порівняно з [6, 7] математична модель дозволяє багаторазово відтворювати реалізації процесу вимірювання амплітудно-фазових спотворень ШС сигналу за наявності шумів. Оскільки сучасна обробка сигналів зазвичай виконується у цифровому вигляді, в подальшому передбачається також дослідження впливу нестабільностей формування дискретних відліків сигналу (джитер). Таким чином можуть досліджуватись статистичні характеристики результатів вимірювання коефіцієнтів K_t і K_p з отриманням гістограм їх розподілу, точкових та інтервальних оцінок в залежності від ступеня впливу адитивної та мультиплікативної завади. Для ілюстрації можливостей моделі методом Монте-Карло моделюється вимірювання детермінованих фазових спотворень ЛЧМ сигналу при фіксованих значеннях індексу гармонічної фазової модуляції та відношеннях сигнал-шум.

Моделювання узгодженої фільтрації сигналу виконується в частотній області із застосуванням швидкого перетворення Фур'є. Додатково може застосовуватись вагова обробка сигналу фільтром Хемінга. При цьому й зразковий сигнал є

результатом УФ та додаткової фільтрації за Хемінгом.

Виконано математичне моделювання вимірювання коефіцієнтів K_t і K_p у разі фазового спотворення ЛЧМ радіоімпульсу тривалістю 13,65 мкс і девіацією частоти 150 МГц детермінованим сигналом $\varphi(t) = M_\varphi \cos(2\pi f_m t + \pi/2)$, де $f_m = 105$ кГц, індексах фазової модуляції $M_\varphi = 0, 0,1, \dots, 1$, відношеннях сигнал-шум $q^2/2 = (20, 30, \dots, 120)$ дБ. Відліки шуму на вході УФ задавалися δ -корельованими і розподіленими за нормальним законом з нульовим середнім та дисперсією відповідно до потрібного значення відношення сигнал-шум.

За результатами моделювання отримано залежності впливу адитивних шумів на вході УФ при фіксованих значеннях M_φ від 0 до 1. Початкова фаза закону спотворення $\varphi(t)$ задавалася рівною $\pi/2$, оскільки за результатами попереднього моделювання саме при такому значенні коефіцієнти K_t і K_p досягають максимуму [7].

Їх залежність від зміни початкової фази $\varphi(t)$ є близькою до гармонічної, тому порівняно невеликі відхилення початкової фази від $\pi/2$ мало впливатимуть на ступінь спотворення сигналу.

Оскільки кожен з відліків сигналу у суміші із гаусівським шумом на виході лінійного детектора матиме розподіл за узагальненим законом Релея [8], тому закони розподілу коефіцієнтів K_r і K_p , які визначаються за формулами (1) та за уточненою порівняно з (2) формулою (у припущенні рівності енергій зразкового та вимірюваного сигналів [8])

$$K_p = \sqrt{2 - 2 \cdot \rho_{\max}}, \quad (3)$$

теоретично обчислити складно (ураховуючи, що значення параметру a цього розподілу для різних відліків мають відмінні значення). В той же час, результати імітаційного моделювання вказують, що закони розподілу вимірів значень коефіцієнтів K_r і K_p є близькими до нормального закону (наприклад, див. рис. 2, в K_{r1} індекс 1 відповідає випадку вимірювання спотворень прямокутного ЛЧМ радіоімпульсу без вагової обробки, а індекс 2 в K_{r2} застосовується в подальшому для випадку додаткової фільтрації за Хемінгом).

Це дозволяє застосовувати апроксимацію нормальним законом результатів вимірювання коефіцієнтів K_r і K_p з параметрами, отримани-

ми за результатами статистичної обробки серії вимірів.

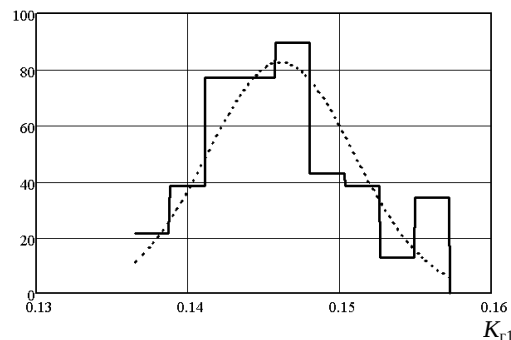


Рисунок 2 – Гістограма розподілу ймовірностей за сукупністю зі 101 виміру коефіцієнта K_{r1} та його апроксимація нормальним законом розподілу за експериментальними оцінками математичного сподівання і дисперсії ($q^2/2=40$ дБ)

Середнє значення є оцінкою математичного сподівання, експериментальне СКВ – оцінкою СКВ. Модель дозволяє отримувати залежності середніх значень вимірів коефіцієнтів спотворень, їх абсолютної та відносної похибок при різних відношеннях сигнал-шум для детермінованих і випадкових фазових та амплітудних спотворень ШС радіоімпульсів.

Отримані за 101 реалізацією результати моделювання представлені на рис. 3, а – г і рис. 4, а – г.

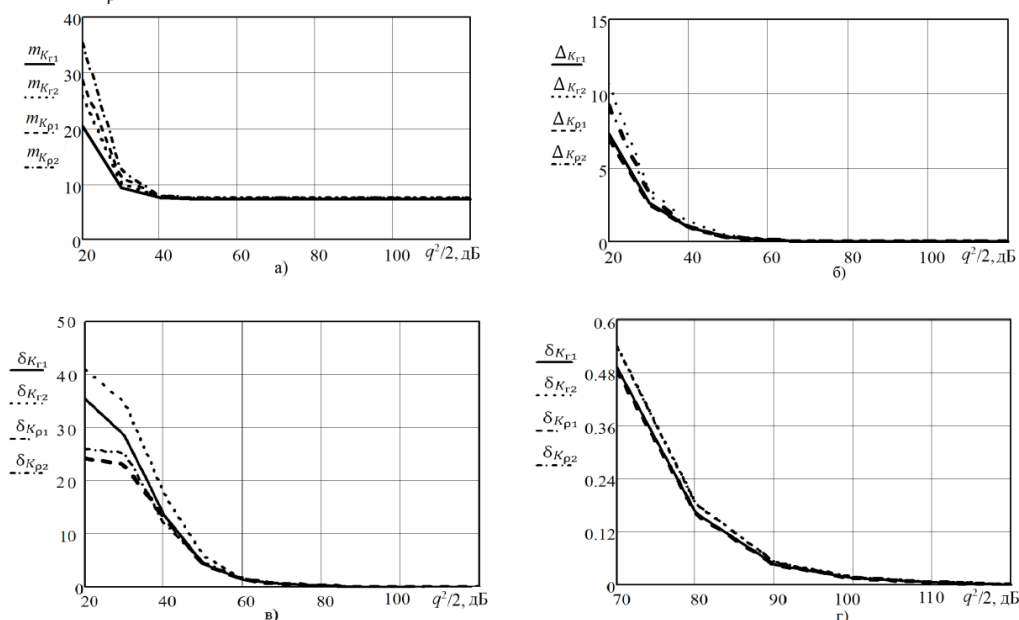


Рисунок 3 – Залежності значень вимірів коефіцієнтів K_{r1} , K_{r2} , K_{p1} , K_{p2} від відношення сигнал/шум при

$M_{\varphi} = 0,1$: а) оцінки математичного сподівання (вибіркового середнього) m_{K_r} , m_{K_p} , %;

б) оцінки абсолютної похибки вимірювання $\Delta_{0,95} = 1,96 \cdot S_K$ ($P = 0,95$), де S_K - вибіркве СКВ, %;

в), г) відносної похибки вимірювань $\delta_K = \Delta_{0,95}/m_K$, %

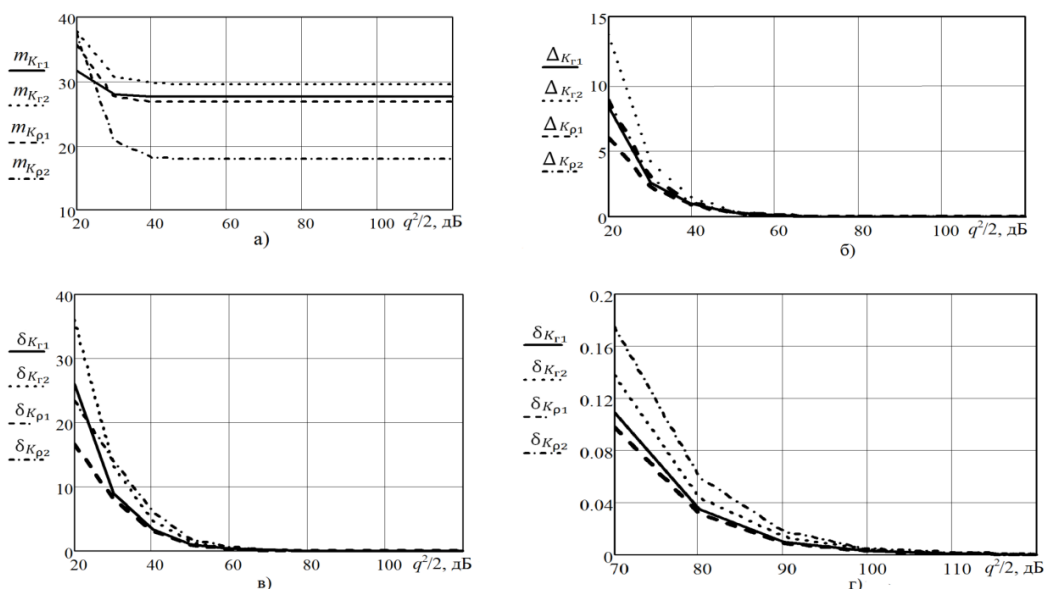


Рисунок 4 – Залежності значень вимірів коефіцієнтів K_{r1} , K_{r2} , K_{p1} , K_{p2} від відношення сигнал/шум при $M_\phi = 0,4$: а) оцінки математичного сподівання (вибіркового середнього) m_{K_r} , m_{K_p} , %;

б) оцінки абсолютної похибки вимірювання $\Delta_{0,95} = 1,96 \cdot S_K$ ($P = 0,95$), де S_K - вибіркове СКВ, %;

в), г) відносної похибки вимірювань $\delta_K = \Delta_{0,95}/m_K$, %

Залежності коефіцієнтів K_r і K_p для двох розглянутих випадків вимірювання спотворень ШС ЛЧМ сигналу, які отримані для трьох значень відношення сигнал-шум, дають уяву про їх зміну в залежності від ступеня фазових гармонічних спотворень сигналу (рис. 5).

Як видно з графіків а) і б), значення коефіцієнтів K_r і K_p збігаються лише на обмеженій ділянці при малих значеннях M_ϕ . Такі залежності можуть бути використані при градуванні шкал ЗВ вказаних коефіцієнтів. Збільшення рівня власних шумів ЗВ (рис. 5, в) призводить до спотворення показів, що особливо відчутно при малих M_ϕ . Коректне урахування їх впливу в процесі вимірювання коефіцієнтів спотворень потребує додаткового дослідження.

Висновки

Розроблена математична модель процесу вимірювання спотворень складних широкосмугових радіоімпульсів, яка дозволяє досліджувати різноманітні показники для вимірювання амплітудно-фазових спотворень таких сигналів, в тому числі в умовах впливу адитивних шумів з використанням запропонованих у [6] коефіцієнтів. Використання уточнення співвідношення для обчислення коефіцієнта K_p у розглянутому діапазоні зміни коефіцієнтів не веде до суттєвих змін, хоча дещо зближує значення відповідних коефіцієнтів K_r або K_p в межах їх зміни від 0 до 0,1.

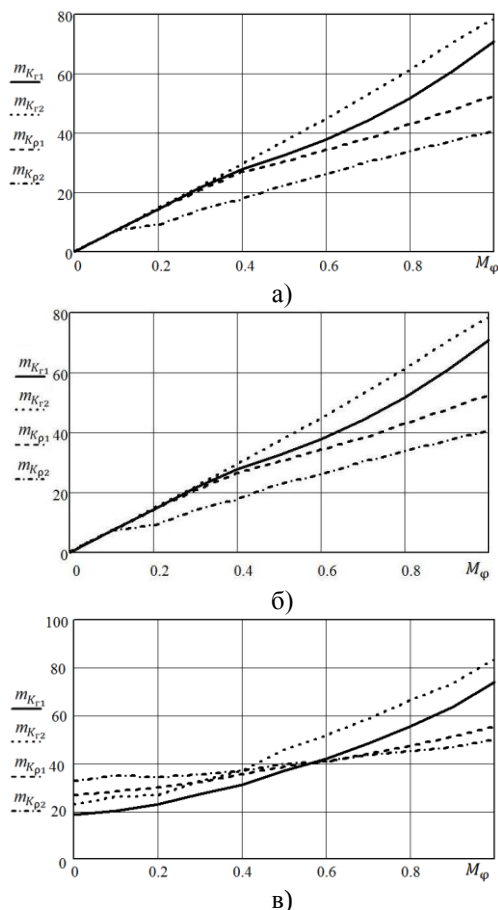


Рисунок 5 – Залежності коефіцієнтів K_r і K_p від

індексу модуляції фазового гармонічного спотворення широкосмугового ЛЧМ сигналу:

а) при відношенні сигнал-шум 120 дБ;

б) при відношенні сигнал-шум 60 дБ;

в) при відношенні сигнал-шум 20 дБ;

Отримані результати математичного моделювання можуть бути використані для попередньої оцінки якісних характеристик методу та засобу для вимірювання спотворень складних широкополосних імпульсних сигналів за значеннями коефіцієнтів K_r або K_p . Як видно з результатів моделювання, перевагу слід віддати коефіцієнту K_r , який є більш чутливим до зміни дестабілізуючих факторів та має меншу систематичну похибку зумовлену власними шумами засобу вимірювання.

Список використаних джерел

1. Стив Петтис. Воспроизводимое измерение искажений, связанных с нелинейными свойствами широкополосных систем связи / Стив Петтис, Пит Зайсел // Электронные компоненты. – 2009. – № 10. – С. 31-33.
2. Батурич Н. Г. Измерение параметров линейно-частотно-модулированных сигналов и их стабильностей / Н. Г. Батурич, В. И. Гомозов, А. В. Зюзин. – М.: Вузовская книга, 2011. – 176 с.
3. Измерение широкополосных сигналов РЛС и спутниковых систем связи. – Режим доступа к статье: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-6353RURU.pdf>.
4. Лошаков В. А. Компьютерный комплекс для анализа искажений сигналов в каналах связи / В. А. Лошаков, С. М. Бобрицкий, В. В. Сидоров // Радиотехника. – 2008. – Вып. 155. – С. 246-249.
5. Забезпечення єдності електрорадіовимірювань: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Ю. Ф. Павленко, І. П. Захаров, С. І. Кондратов, В. К. Гусельніков; за ред. Ю. Ф. Павленка – Х. : Вид-во «Підручник НТУ «ХП».- 232 с.
6. Братченко Г. Д. Метод измерения нелинейных фазовых искажений широкополосного линейно-частотно-модулированного радиоимпульса / Г. Д. Братченко, В. В. Скачков, И. В. Кушнир // Электротехнические и компьютерные системы. – 2012. – № 06 (82). – С. 158 – 163.
7. Братченко Г. Д. Особливості методу та прилад для вимірювання спотворень широкополосних складних сигналів в інформаційно-вимірювальних РТС / Г. Д. Братченко Г. Г. Смаглюк, В. Б. Лубманенко // Інформаційно-вимірювальні технології в метрології, технічне регулювання та менеджмент якості: матеріали Третьої Всеукраїнської НПК (Одеса, 30-31 травня 2013 р.) / Одеська державна академія технічного регулювання та якості. – Одеса, 2013. – С. 107 – 109.
8. Заездный А. М. Основы расчетов по статистической радиотехнике / А. М. Заездный. – М.: Издательство «Связь», 1969. – 447 с.

Надійшла до редакції 28.10.2013

Г. Д. Братченко, д.т.н., И. С. Сенива, В. Б. Лубманенко, Г. А. Губернатор

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ

В статье рассматриваются особенности методов измерения нелинейных искажений широкополосных сложных сигналов, проводится численное моделирование процесса измерения искажений сложных широкополосных радиоимпульсов. Результаты моделирования могут применяться при обосновании выбора метода измерения искажений таких сигналов.

Ключевые слова: математическая модель, широкополосные сложные сигналы, искажения сигналов, измерения искажений.

H. D. Bratchenko, DSc, I. S. Seniva, V. B. Lubmanenko, H. A. Gubernator

NUMERICAL MODELING OF MEASUREMENT OF DISTORTIONS OF WIDEBAND SIGNALS

The features of methods for measuring of distortions of wideband signals are discussed. Mathematical modeling of distortions of wideband radiopulses and its measurement are executed. Results of modeling can be used for selection of method for measuring of distortions of such signals.

Keywords: mathematical model, the wideband signal, distortion, distortion measurement.

УДК 629.113.004:037

S. V. Bugaev¹, PhD, I. G. Bugaeva², PhD, I. S. Bugaev¹, V. S. Bugaev³¹ Odessa State Academy of Technical Regulation and quality, Odessa² Odessa National Marine University, Odessa³ Commercial Sea Port of Sevastopol, Sevastopol

DEVICES AND METHODS FOR DETERMINING THE DRIVING PERFORMANCE OF AMPHIBIOUS VEHICLE USED IN THE TESTS ON WATER

The article presents an analysis of the methods and equipment used for determining the speed of amphibious vehicle moving through the water in the tests. An analysis of existing methods for determining the speed of amphibious vehicle, their advantages and disadvantages submitted in this article. Material presented in this article make it possible to define the goals and objectives of the study to improve the methods for determining the driving performance of amphibious vehicle.

Keywords: amphibious vehicle, aerodynamic testing, hydrodynamic testing, experienced pool, full-scale experiment, model, moving speed, measuring instruments.

Statement of the Problem

Currently in the most developed countries of the world there is a significant increase in interest in the creation of amphibious vehicle (AV) various purposes as evidenced by a significant number of publications in print and online resources [1-9]. These include passenger cars floating (Fig. 1) [1] and transporters of various purpose (Fig. 2) [3], buses (Fig. 3), [3] the floating agricultural machinery (Fig. 4) [2], the rescue and a special technique (Fig. 5-7) [3].



Figure 1 – Floating ZAZ 968 modified by P. Kishchenko Ukraine

Over the past 40 years in the world have implemented more than 60 projects amphibians that often created on the basis of a stock car companies BMW, VW, Jeep, Citroen-DS, Lamborghini-Kauntach, WHA, GAZ, ZAZ, LUAZ etc. which greatly reduced their cost.

Providing the necessary qualities navigable AV - complex scientific and technical task.

The problems of running qualities AV in different years were engaged: N. I. Gruzdiev, N.S. Vetchinkin; P. Stepanov; P. V. Aksenov, Y. A. Kononovich; L.G. Barkhudarov, V. V. Kiselevsky;

Y. L. Vorobiev, A. I. Veretennikov, A. V. Nefedov; A. V. Kryzhny, V. T. Bugaev and other authors.



Figure 2 – Amphibious vehicle for the transport of valuables GAZ 3934 "SIAM"



Figure 3 – Amphibious bus River Ride Hungary



Figure 4 – Floating machine for cutting reeds the company Ösmo Bandservice AB Sweden



Figure 5 – Track Gators Fast Track Amphibian Austria



Figure 6 – Rescue vehicle ZIL 4906 Blue Bird Russia



Figure 7 – Floating Crane Company Transport Russia

It was conducted a considerable amount of various tests using the AV and instrumentation equipment. To ensure measurement performance driving characteristics on the water AV authors proposed a number of methods and techniques.

Measurement methods, instruments and equipment used depends on the conditions of observation, the task and the required accuracy of measurement of the speed of movement on the water AV.

The main part

Determination of the driving performance of AV is made usually:

- 1) the calculation methods;
- 2) by testing models of the AV with the subsequent recalculation of the results on the natural object;
- 3) by full-scale trials.

Analysis of the calculation methods for determining the running qualities AV [6] shows that they do not provide the required accuracy of calculations.

Model tests to determine the speed of the movement of the AV can be:

- with direct water flow around the machine housing;
- with reversed flow.

In the first case experiments are carried out in the experimental pool (Fig. 8) or using a self-propelled models.



Figure 8 – The test model cars floating in the experimental pool of ONMU (author's archives)

In the second case the tests are carried out in the hydraulic tray or in an aerodynamic tunnel (Fig. 9).

Model tests are much cheaper full-scale tests. They can be repeated many times under stable environmental conditions. This contributes to their wide dissemination in scientific and engineering practice.

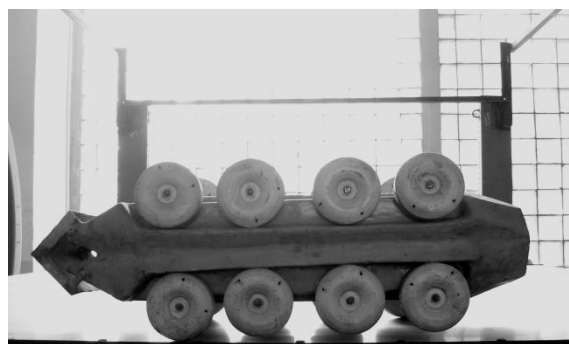


Figure 9 – The model prepared for aerodynamic testing (author's archives)

Despite the considerable experience gained in carrying out model tests their results are not as accurate as the results of full-scale tests. This is due to the need to translate the results of experiments on the nature. This leads to measurement errors. Another error appears because of the inaccuracy of manufacturing model for the experience. The action of water on the model leads to deformities and an error of the model geometry.

Therefore at present the most accurate data can only be obtained by conducting full-scale experiment.

In the work of Aksenov P.V., Kononovich Y.A. [5] to determine the speed of the AV in the sea trials authors suggested to use fixed objects as a sighting point, and note the time which vehicle taken for passage between them (Fig. 10).

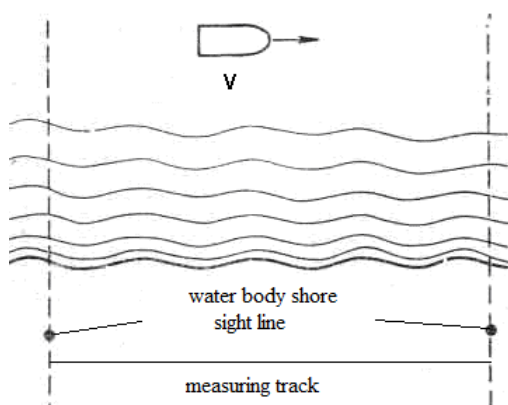


Figure 10 – Measuring the speed of the AV at the time of passage of lines of sight [5]

To increase the accuracy of reference for this process, it is recommended implement the movement of vehicles as close as possible to the shore because a large distance from the shore leads to an increase the possible measurement error, leading marks must be sufficiently removed from each other (at least 50 m) place for speed measuring should be hidden from wind and waves. Also, the authors proposed measure speed of the AV by using flow wheel, which is fasten to machine by a flexible cable (Fig. 11).

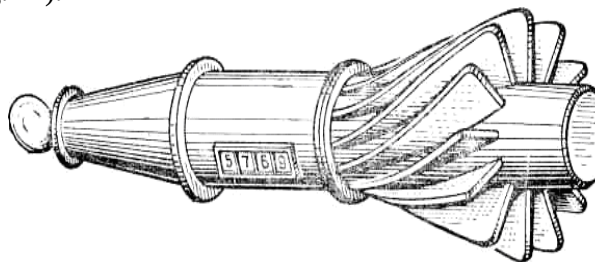


Figure 11 – Flow wheel [5]

The use of flow wheel lets not rigidly keep the observation locality. However, change of fluid flow, which caused by the work of vehicles propulsor, has a great influence on the accuracy of the result. Furthermore, to read results from flow wheel it is necessary to extract it out of water.

To improve the accuracy of the speed of the A.V. on the water by Aksenov P.V. was developed multi-purpose device (Fig. 12). Its working principle is based on the unwinding dimensional wire attached to the PM. It drives the revolution counter. This defines the path traversed by the machine for some time. The disadvantages of this device are: stretch wire, uneven movement of the revolution counter, the need to rewind and cleaning dimensional wire from contamination after the experiment.

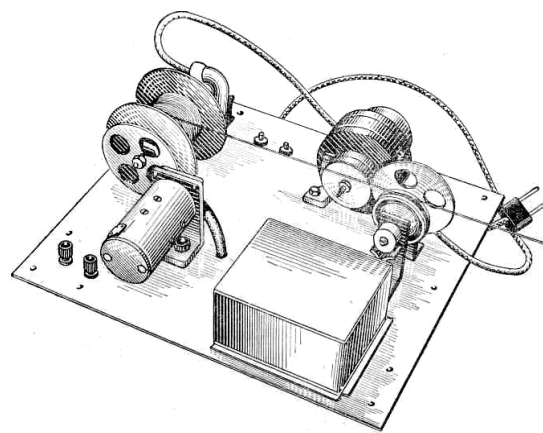


Figure 12 – Universal device for determining the speed of the AV [5]

In the work of Stepanov A.P., Davydova N.G. [4] to improve the accuracy result measurements has been proposed to increase the length of the sea trials AV and the number of points of sighting. This has enabled the measurement of speed for steady motion and accuracy when machine passing the markers (Fig. 13).

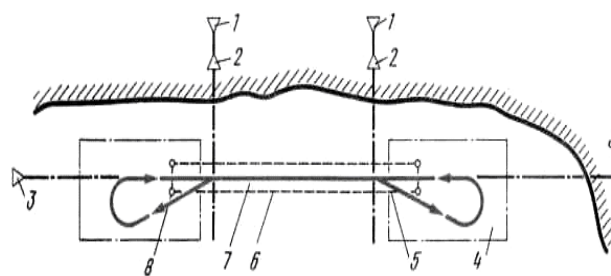


Figure 13 – Layout area of the sea trials of the AV [4]

To control the position of the AV on the water Stepanov A. P. proposed to establish on the vehicle a

large-scale rail with markers in the horizontal plane of the vehicle (Fig. 14).

For the recording of the results of observations Plastinin E.I. had proposed to use the method of back bearing. This method allows to determine the coordinates of the position of the machine, from which is produced photographing. To do this before the test begins clearly distinguishable signs establish on the shore in the corners of the square (Fig. 15).

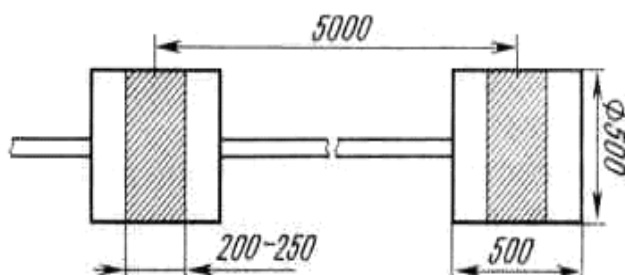


Figure 14 – The large-scale rail with markers [4]

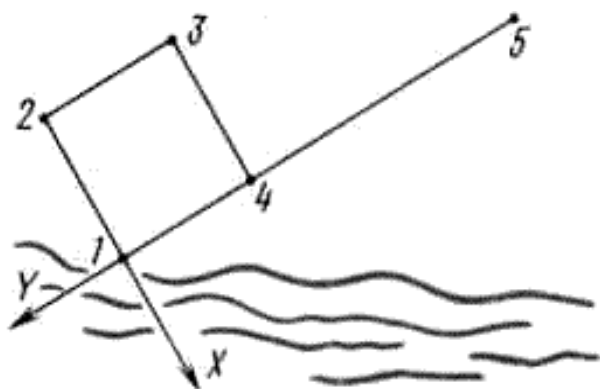


Figure 15 – For referencing square (by Plastinin E.I.) [4]

1-4 – set point racks, 5 – pre-recording point
x y - axis of a square

To determine the speed of the AV can be used photogrammetric methods of measurement, in which the pictures are taken at the shore. In this case the apparent dimensional rail mounted on the AV (Fig. 16).

The coordinates of the point M which determines the position of the AV is calculated using the following formulas:

- when shooting a single camera:

$$X_M = x_{m1} L / l; \quad (1)$$

$$Y_M = f l / l; \quad (2)$$

$$Z_M = z_{m1} L / l, \quad (3)$$

- in stereo photography:

$$X_M = \frac{b x_{m1}}{x_{m1} - x_{m2}}; \quad (4)$$

$$Y_M = \frac{b f}{x_{m1} - x_{m2}}; \quad (5)$$

$$Z_M = \frac{b z_{m1}}{x_{m1} - x_{m2}}, \quad (6)$$

where x_{m1}, x_{m2} - values of the measured coordinates of image of the point M on the first and second images; L, l - accordingly the length scale rail on the AV and the length of the image slats in the first picture; f - focal distance; z_{m1} - value of the measured coordinate of the image of the point M on the left image; b - photo base.

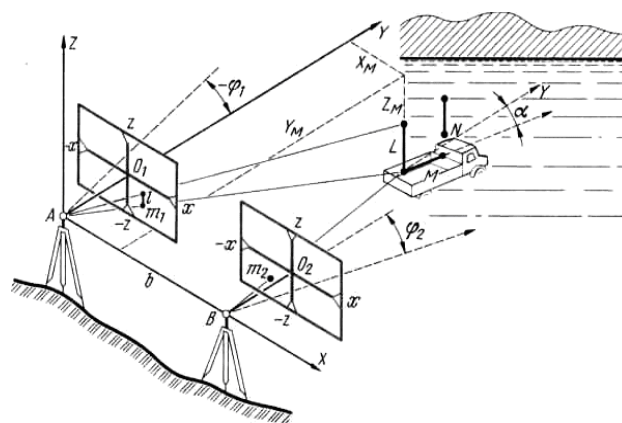


Figure 16 – Stereogrammetric shooting tests AV [4].
M – position AV

Proposed method [4] allows defining as the spatial and angular coordinates of the AV in particular the heading angle.

When shooting single snapshots

$$\alpha = (-1)^k \arcsin \frac{X_M - X_N}{d} \pm \pi k, \quad (7)$$

where k – an integer, d – the distance between points M and N.

Estimation of accuracy of the spatial coordinates by concerned methods allowed obtaining depending errors of calculation of coordinates, which are presented in graphical form on Fig. 17.

Unfortunately, the use of these methods for fixing the moving object does not allow for monitoring of changes in speed of movement of AV throughout measurement site, what may reduce the accuracy of determining machine speed.

The results of full-scale tests of the AV PTS-2 on the Dniester liman are presented in [6].

The results of full-scale tests of the AV PTS-2 on the Dniester liman are presented in [6].

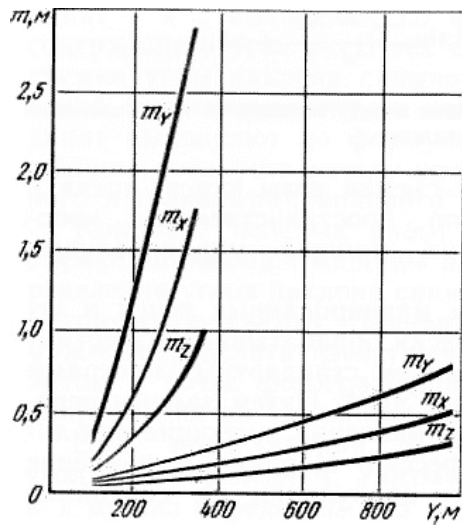


Figure 17 – Rating errors in determining the coordinates of the AV using photogrammetric methods [4]

For the full-scale testing was chosen plot navigation channel (B. Dniestr liman) (Fig. 18).

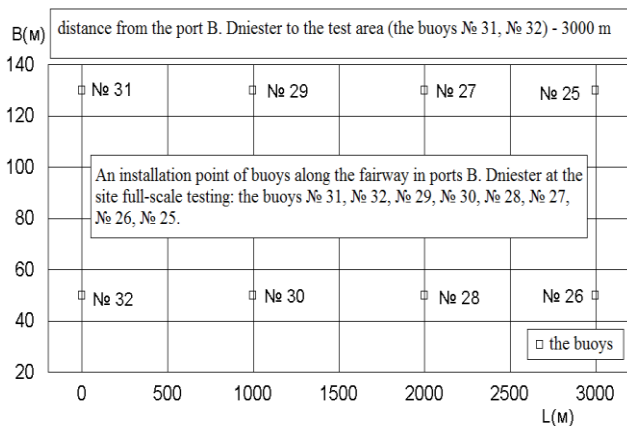


Figure 18 - The scheme of the site plan for testing floating machine

The length of the plot was 1 km; water depth over 5 m. To measure the depth was used electronic depth gauge kit KRVP with a measurement error of 5%.

Profiles of the bottom section are plotted from results of measurements of depths (Fig. 19).

Speed of movement of the AV was determined with the use of flow wheel GR-21M from the reconnaissance assets kit of water barriers CRP. The calibration curve of flow wheel GR-21M is shown in Figure 20.

Number of revolutions of the machine engine crankshaft (min^{-1}) was recorded by the tenured tachometer. The trajectory of the AV, its speed and circulation were determined by high-precision

range-finder KTD-1 (quantum topographic range-finder). Measurements were taken from the shore. During carrying out of experiments was conducted videography. Specifications of the applied equipment are in the table.

Table - Specifications of measuring equipment

Specifications of measuring equipment			
type	measured parameters	measure ment limits	Max Δ
ЦГА-4	The angle of heel and trim	$\pm 30^\circ$	$\pm 05^\circ$
ГР-21М	The linear speed of the software, m/s	$008 \div 5$	$\pm 4 \div 8\%$
ГПК-59	heading angle	360°	$\pm 05^\circ$
ТЭ-4В	The speed of rotation of the engine crankshaft, min^{-1}	$0 \div 5000$	± 50
КТД-1	The distance to the car, m	$500 \div 1500$	± 01
videography	Behavior machine, m	$0 \div 1$	± 005

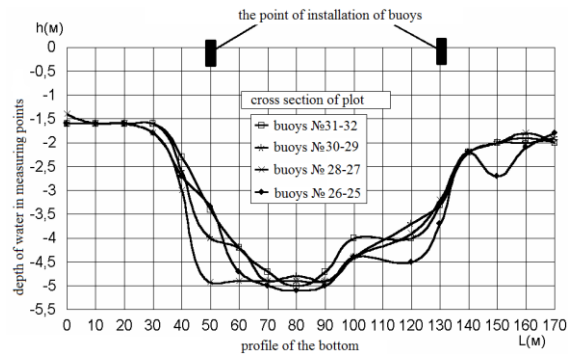


Figure 19 - The bottom profile of the test area (m)

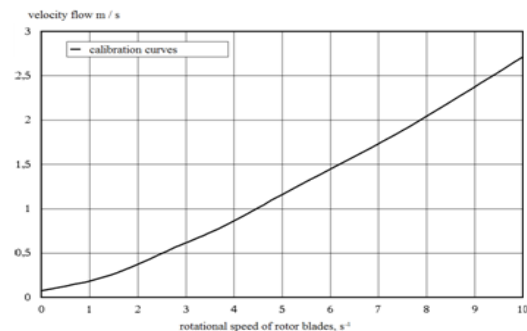


Figure 20 - The calibration curve turntbles GR-21M

The conclusions

The analysis of the literature allowed the following conclusions:

- existing methods for determining the driving performance AV were developed over 10 years ago;

- methods require their development;
- improvement of methods for determining of the driving performance AV is possible due to the
- wide use of digital measuring instruments and equipment;
- it is necessary to use modern instruments Doppler to determine the range and speed of movement;
- to ensure the experiments to use gyroscopic sensors and GPS navigation devices;
- need to be widely to apply digital video recording of the experiments progress.

Application of the proposed instruments and devices will greatly improve the accuracy of measuring the characteristics of the AV driving performance, will significantly reduce the cost of the experiments that will promote the wide dissemination of improved methods of measuring the characteristics of driving performance AV.

References

1. Кадченко В. Житель небольшого городка в Винницкой области сделал катер из "Запорожца". – Режим доступа: <http://www.1tv.ru/news/world/166633>. – 08.12.2010.
2. В Швеции плавающий мини-экскаватор задействовали на космбе камыша. – Режим доступа: http://miniexkavator.ru/news/inf_news. – 29.10.2010.
3. Климанович Л. Машины будущего. – Режим доступа: <http://www.avtomir.com/cars/tomorrowcar/3999/>.
4. Давыдов Н. Г. Эксплуатация и безопасность движения плавающих машин / Н. Г. Давыдов, А. П. Степанов. – М.: Транспорт, 1988. – 320 с.
5. Аксенов П. В. Плавающие колесные и гусеничные машины / П. В. Аксенов, Ю. А. Кононович. – М.: Воениздат, 1973. – С. 73-89.
6. Бугаев С. В. Плавающая машина. Теория и эксперимент / С. В. Бугаев. – Одесса: Тип. ОГМУ, 2000. – 322 с.
7. Степанов А. П. Плавающие машины. 2-е изд. испр. и доп. / А. П. Степанов. – М.: ДОСААФ, 1975. – 189 с.
8. Степанов А. П. Конструирование и расчет плавающих машин / А. П. Степанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 200 с. ил.
9. Степанов А. П. Амфибийные машины. Достигнутые уровни технических характеристик / А. П. Степанов // Автомобильная промышленность, 2001. – № 7. – С. 2-5.

Надійшла до редакції 18.11.2013

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

С. В. Бугаев, к.т.н., И. Г. Бугаева, к.т.н., И. С. Бугаев, В. С. Бугаев

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХОДОВЫХ КАЧЕСТВ ПЛАВАЮЩИХ МАШИН, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ВОДЕ

В статье представлен анализ методов и оборудования, используемых при натурных испытаниях ходовых качеств плавающих машин. Приведен анализ существующих методов определения ходовых качеств плавающих машин, их достоинства и недостатки. Представленные в статье материалы позволяют определить цели и задачи исследования по совершенствованию методов определения ходовых качеств плавающих машин на плаву.

Ключевые слова: плавающая машина, аэродинамические испытания, гидродинамические испытания, опытовый бассейн, натурный эксперимент, модель, скорость движения, измерительные приборы.

С. В. Бугаєв, к.т.н., І. Г. Бугаєва, к.т.н., І. С. Бугаєв, В. С. Бугаєв

ПРИЛАДИ ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ПЛАВАЮЧИХ МАШИН, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТАХ НА ВОДІ

У статті представлений аналіз методів та обладнання, що використовується при натурних випробуваннях ходових якостей плаваючих машин. Наведено аналіз існуючих методів визначення ходових якостей плаваючих машин, їх переваги і недоліки. Матеріали, представлені в статті, дозволяють визначити цілі та завдання дослідження щодо вдосконалення методів визначення ходових якостей плаваючих машин на плаву.

Ключові слова: плаваюча машина, аеродинамічні випробування, гідродинамічні випробування, опитовий басейн, натурний експеримент, модель, швидкість руху, вимірювальні прилади.

О. М. Величко, д.т.н., С. Р. Карпенко

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЕТАЛОННОГО КОМПАРАТОРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Розглянуто особливості вимірювання електричної потужності та застосування засобів вимірювальної техніки електричної потужності. Досліджено часову нестабільність еталонного компаратора електричної потужності за період з 1997 по 2013 роки, одну з найголовніших метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки за встановлений інтервал часу. Побудовано графічну модель часової нестабільності в середовищі Matlab.

Ключові слова: часова нестабільність, електрична потужність, компаратор, засоби вимірювання.

Вступ

Вимірювання електричної потужності використовується в багатьох галузях промисловості та науки. Засоби вимірювання електричної потужності широко застосовуються для забезпечення оптимальних режимів технологічних процесів у галузях теплоенергетики, металургії, машинобудування, транспорті тощо. Крім того, ці засоби вимірювання використовуються для метрологічного забезпечення таких масових вимірювальних засобів вимірювання як лічильники електричної потужності.

Енергетика потребує постійного вдосконалення засобів вимірювань електричної потужності та коефіцієнта потужності. В останні роки енергогенеруючі, енергопостачальні компанії та виробники лічильників електричної енергії інтенсивно поновлюють парк засобів вимірювальної техніки електричної потужності високого класу точності.

В 2002 р. для метрологічного забезпечення засобів обліку електричної потужності та енергії був розроблений Державний еталон одиниць електричної потужності та коефіцієнта потужності (ДЕТУ 08-08-02). Також була затверджена “Державна повірочна схема для засобів вимірювання електричної потужності та коефіцієнта потужності в діапазоні частот від 40 до 20000 Гц” (ДСТУ 4116) [1], яка встановлює порядок передачі розміру одиниць електричної потужності і коефіцієнта потужності від державного еталона за допомогою вторинних і робочих еталонів робочим засобам вимірювальної техніки.

Серед робочих еталонів електричної потужності слід виділити компаратори електричної потужності зважаючи на їх високі метрологічні характеристики. Класи точності таких компараторів зазвичай: 0,01 та 0,02. Серед метрологічних характеристик еталонного компаратора фірми

Zera TPZ 303 однією з найважливіших є їх часова нестабільність, яка потребує більш детального дослідження.

1. Особливості вимірювання та засобів вимірювальної техніки електричної потужності

Потужність та енергія є одними з основних характеристик вимірювань в електро-енергетиці та інших галузях. Вимірювання цих величин займає значне місце серед методів вимірювання фізичних величин. У зв'язку із значним зростанням споживання енергії, пошуків нових джерел енергії, повсюдним впровадженням заходів з економії енергетичних ресурсів все більшого значення набуває підвищення точності вимірювань електричної потужності та енергії.

Активна електрична потужність в однофазному електричному колі змінного струму визначається як середнє значення потужності за період T

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt, \quad (1)$$

де u , i та p – відповідно миттєві значення напруги, струму та потужності.

У випадку, коли струм і напруга є синусними функціями часу, активна електрична потужність визначається як

$$P = U \cdot I \cos \varphi. \quad (2)$$

Для трифазного кола активна електрична потужність визначається як

$$P = \sum_{i=1}^3 U_{\varphi i} I_{\varphi i} \cos \varphi_i, \quad (3)$$

де $U_{\phi i}$, та $I_{\phi i}$ – діючі значення фазних напруг і струмів; ϕ_i – кут фазового зсуву між відповідними фазними напругами і струмами.

Вирази для електричної енергії, що є інтегралом від потужності за часом, отримують інтегруванням наведених вище виразів для потужності. Тому лічильник електричної енергії складається з вимірювального перетворювача потужності та інтегратора, яким є механічний або електричний лічильник.

В колах змінного струму промислової частоти вимірювання та облік електричної енергії для споживачів здійснюється головним чином за допомогою електронних лічильників електричної енергії. Але точності електронних лічильників недостатньо для енергогенеруючих компаній та випробувальних лабораторій. Через це широке застосування набули компаратори (робочі еталони електричної потужності вищих розрядів).

Всього в Україні експлуатується більше 500 одиниць робочих еталонів електричної потужності, електричної енергії і коефіцієнта потужності. За допомогою цих робочих еталонів здійснюється метрологічне забезпечення більш ніж 25-ти мільйонів робочих засобів вимірювальної техніки електричної потужності, енергії (електролічильників) і коефіцієнта потужності.

На рис. 1 подано діаграму співвідношення робочих еталонів 1-го (клас точності: 0,01; 0,02 (компаратори) та 0,05) та 2-го розряду (клас точності: 0,1; 0,2) до загальної кількості робочих еталонів, які проходять щорічну повірку в метрологічних організаціях в Україні.

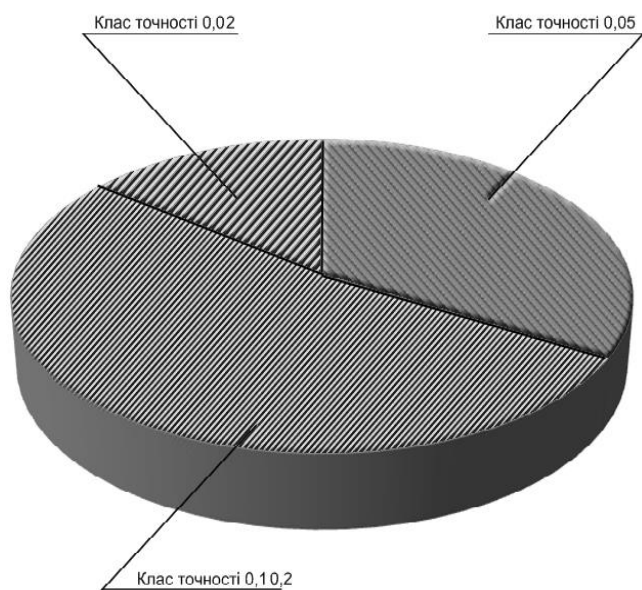


Рисунок 1 – Співвідношення кількості робочих еталонів 1-го та 2-го розряду до загальної кількості робочих еталонів електричної потужності

2. Особливості застосування еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera

Еталонний компаратор електричної потужності TPZ 303 Zera є трифазним засобом вимірювальної техніки, який використовується для вимірювання електричної потужності. Він був розроблений з метою задоволення зростаючих вимог щодо точності вимірювань електричної потужності [2].

Зовнішній вигляд еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera наведений на рис. 2.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera

Компаратор можна використовувати для: перевірки точності силових і енергетичних вимірювальних систем;

перевірки підключень струмових ланцюгів електронного лічильника з використанням векторної діаграми;

визначення точності лічильників енергії, імпульсних лічильників і лічильників з інфрачервоним інтерфейсом;

аналізу гармонік електричної мережі;

вимірювання навантаження трансформаторів струму і напруги;

аналізу тривалого навантаження;

контролю електронних джерел живлення для проведення випробувань лічильників.

Еталонний компаратор за свої метрологічні характеристики був обраний як еталон передачі розміру одиниці електричної потужності в звіреннях за проектом EURAMET з міжнародних звірень трифазних еталонів електричної потужності і енергії на промисловій частоті (пілотна лабораторія – MIKES, Фінляндія) [3].

Основні метрологічні характеристики еталонного компаратора TPZ 303 Zera наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Метрологічні характеристики еталонного компаратора TPZ 303 Zera

Параметр	Діапазон
Електрична напруга	40–480 В
Сила електричного струму	0,005–20 А
Коефіцієнт потужності	± 1
Частота	45–70 Гц
Відносна похибка при вимірюванні електричної потужності	0,02 %

3 Деякі результати досліджень часової нестабільності еталонного компаратора

Часову нестабільність еталонного компаратора електричної потужності слід характеризувати як зміну значення електричної потужності за певний проміжок часу.

Еталонний компаратор TPZ 303 Zera було досліджено в період з 1997 до 2013 років. В період з 2001 по 2002 роки відбулася модернізація вимірювальних вузлів еталонного компаратора, що призвело до суттєвих покращень метрологічних характеристик в порівнянні з метрологічними характеристиками наведеними в сертифікаті калібрування РТВ (Німеччина) 1997 року.

Дослідження часової нестабільності еталонного компаратора TPZ 303 Zera проводилися з використанням структурної схеми, наведеної на рис. 3, та спеціальної методики атестації метро-

логічних характеристик компаратора, яка є додатком до керівництва з експлуатації цього компаратора.

Зовнішній вигляд системи дослідження часової нестабільності показано на рис. 4.



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд системи дослідження часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera

Результати досліджень часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera наведено у табл. 2, а графік часової нестабільності компаратора в середовищі Matlab – на рис. 5.

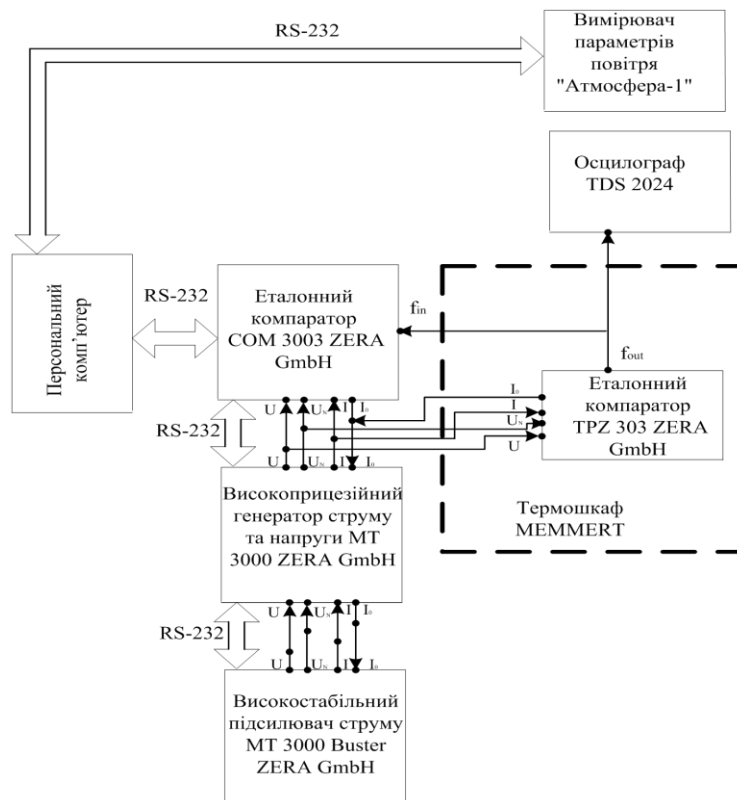


Рисунок 3 – Структурна схема дослідження часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera

Таблиця 2 – Результати дослідження часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera

Параметри			Часова нестабільність, 10^{-3}							
Напруга, В	Струм, А	Коефіцієнт потужності	1997	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2013
230	0,005	1,0	4,7	1,0	1,1	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5
	0,010									
	0,020									
	0,050									
	0,100									
	0,200									
	0,500									
	1,000									
	2,000									
	5,000									
	5,000	0,5 L								
	5,000	0,5 C								

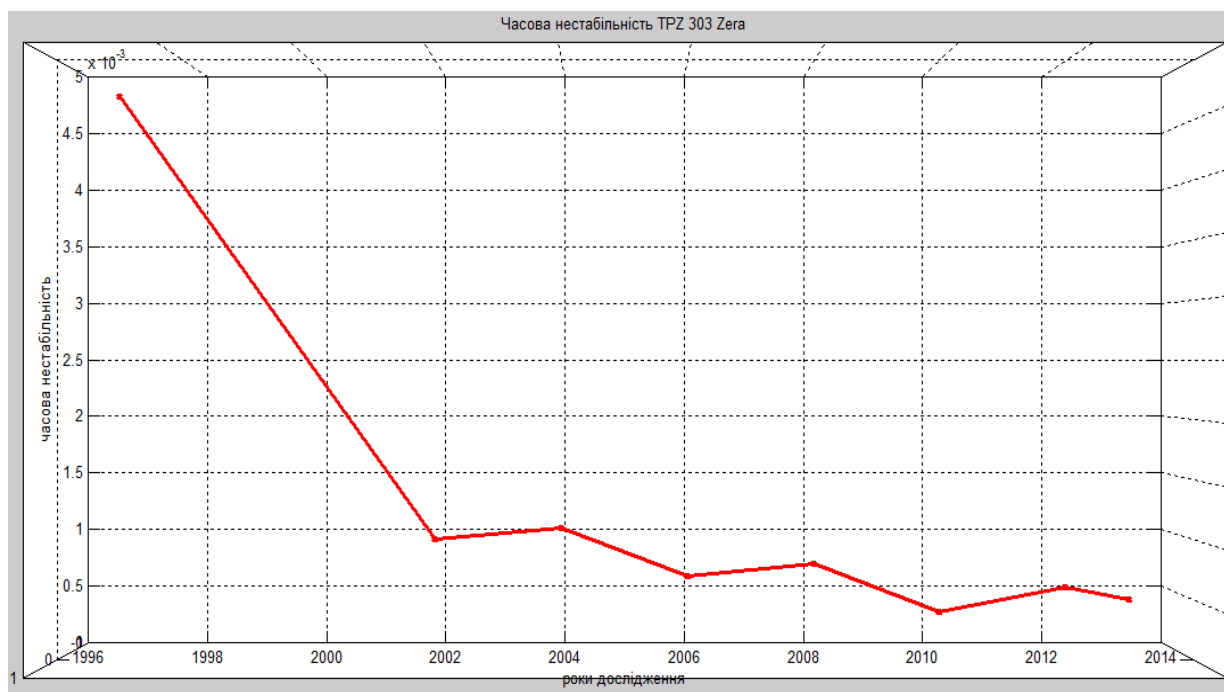


Рисунок 5 – Графік часової нестабільності еталонного компаратора TPZ 303 Zera

Висновки

Досліджено часову нестабільність еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera за період з 1997 по 2013 роки. Побудовано графічну залежність часової нестабільності в середовищі Matlab.

Отримані значення часової нестабільності задовольняють високу точність та часову стабільність еталонного компаратора для передачі одиниць електричної потужності та коефіцієнта потужності за державною повірочною схемою.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 4116:2002 Державна повірочна схема для засобів вимірювання електричної потужності та коефіцієнта потужності в діапазоні частот від 40 до 20000 Гц.
2. Three phase Precision-Measuring Instrument TPZ 303 with description of the user software as from version 4.0 Instruction Manual.
3. EURAMET project Bilateral three-phase AC power and energy comparison at power frequency. Comparison protocol. – 7 p.

Надійшла до редакції 05.12.2013

О. Н. Величко, д.т.н., С. Р. Карпенко

ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЭТАЛОННОГО КОМПАРАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Рассмотрены особенности измерения электрической мощности и применения средств измерительной техники электрической мощности. Исследована временная нестабильность эталонного компаратора электрической мощности за период с 1997 по 2013 годы, одна из главных метрологических характеристик средств измерительной техники за установленный интервал времени. Построена графическая модель временной нестабильности в среде Matlab.

Ключевые слова: временная нестабильность, электрическая мощность, компаратор, средство измерительной техники.

О. М. Velychko, DSc, S. R. Karpenko

RESEAECH OF TEMPORAL INSTABILITY OF REFERENCE COMPARATOR OF ELECTRICAL POWER

The features of measuring of electric power and application of facilities of measuring instruments of electric power are considered. Temporal instability of standard comparator of electric power is investigational for period from 1997 to 2013, one of main metrology descriptions of facilities of measuring instruments for the set time domain. The graphic model of temporal instability is built in the environment of Matlab.

Keywords: temporal instability, electric power, a comparator, measuring instrument.

УДК 389.14

К. Ф. Боряк, д.т.н., А. И. Ваганов, д.т.н., М. А. Манзарук

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА СТЕНДЕ ИГК-90.1

Предлагаются принципы, на основе которых можно выстроить систему диагностирования технического состояния гидравлических гасителей колебаний (гидродемпферов). В качестве исходных материалов для диагностики предлагается использовать полученные протоколы экспериментальных испытаний гидродемпферов на стенде ИГК-90.1.

Ключевые слова: гидравлический гаситель, гидродемпфер, испытательный стенд, параметр сопротивления, дроссельный и клапанный режим работы.

С внедрением в Украине скоростного движения важную роль приобретают фундаментальные исследования в области механики железнодорожного транспорта, прежде всего динамики движения. Для оценки динамических показателей безопасности движения, плавности хода и взаимодействия с рельсовым путем скоростного подвижного состава используются современные средства компьютерного моделирования [1]. Благодаря применению программного комплекса «Универсальный механизм» стало возможным выяснение возможных причин схода с рельсов вагонов в составах поездов [2]. В частности, эта

методика была использована при выяснении причин серьезного инцидента - схода пассажирского вагона на станции Запорожье 1 ноября 2012 года. Члены экспертной комиссии пришли к выводу, что причиной схода пассажирского вагона стало превышение горизонтальных и вертикальных ускорений кузова, вызванные неисправностью гидравлических гасителей колебаний (гидродемпферов). В целях опровержения вывода экспертов или научного обоснования схода с рельсов первой по ходу движения колесной пары с помощью программного комплекса [2] было проведено компьютерное моделирование дина-

мики движения пассажирского вагона на тележках типа ТВЗ-ЦНИИ-М. Рассмотрены два крайних случая: первый – гидравлические гасители колебаний (гидродемпферы) вагона находятся в исправном состоянии; второй – все гидродемпферы неработоспособны. На рис. 1 приведены полученные графики зависимостей расчетных значений коэффициента устойчивости от скорости движения. Под номером 1 обозначен график, полученный по результатам моделирования, когда гасители в рабочем состоянии, 2 – для случая, когда все гасители вагона неисправны, 3 – соответствует предельному нормативному значению коэффициента устойчивости.

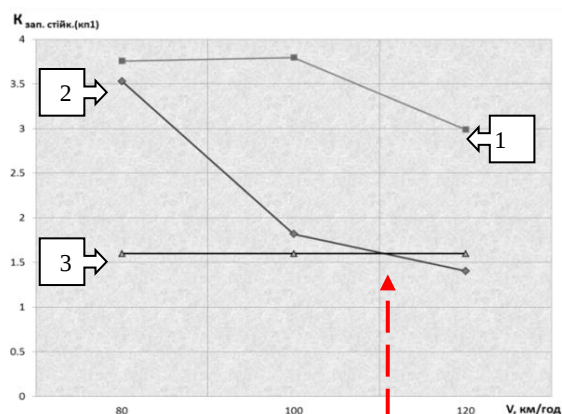


Рисунок 1 – Зависимость расчетного значения коэффициента устойчивости от скорости движения вагона

По результатам моделирования установлено, что при отсутствии демпфирования в 2 – 3 раза повышается уровень горизонтальных и вертикальных ускорений рам тележек. Эти показатели непосредственно связаны с оценкой безопасности движения. Уровень ускорений кузова вагона в экстремальном случае (с неработающими гидродемпферами) с ростом скорости движения значительно повышается, а запас устойчивости колесных пар от схода с рельсов иссякает уже при скорости движения 110 км/ч. Отметим также, что отступление от требуемых характеристик демпфирования приводит к ощутимому ухудшению комфорта езды. Кроме того, повышенный уровень колебаний приводит к интенсивному износу ходовых частей, а значит, влечет за собой повышенные затраты на техническое содержание и ремонт вагонов.

В последние годы проблема эксплуатации электровазов и тепловозов на конструктивных скоростях (при 95 км/ч) резко обострилась, так как, например, на один тепловоз ЧМЭЗ в среднем приходилось лишь 50 % исправных гасителей колебаний [3]. В результате из-за наличия вертикального галлопирования кузова тепловоза

их эксплуатация со скоростями более 50 км/ч стала невозможной. Руководство Главного управления по безопасности движения и экологии ГАЖТ «УКРЗАЛИЗНИЦЯ» вынуждено было ввести ограничения по скорости для подвижного состава с неисправными гидродемпферами, что негативно отразилось на пропускной способности грузов.

Таким образом, актуальность проблемы проведения экспресс-диагностики технического состояния гидродемпферов в условиях эксплуатационных транспортных предприятий резко возросла. Сегодня, в большинстве случаев она проводится обслуживающим персоналом старым «дедовским» методом – путем визуального осмотра установленных на транспорте гидродемпферов на предмет выявления на внешней поверхности цилиндра следов растекания демпфирующей жидкости. Визуальный метод диагностирования позволяет обнаружить только одну из возможных неисправностей гидродемпфера – износ резиновых уплотнений штока. Те мастера, которые идут дальше и демонтируют гидродемпфер с транспортного средства, смогут определить параметр сопротивления известным народным способом – путем попеременного сжатия и растяжения на одной и той же скорости перемещения поршня. При этом оценка величины параметра сопротивления является стопроцентно субъективной и всецело зависит от уровня квалификации мастера по ремонту. После визуального осмотра и проделанных манипуляций, мастер сможет дополнительно выявить еще две возможные неисправности гидродемпфера: уровень износа поршневого кольца – по усилию сопротивления, и наличие в цилиндре достаточного (по паспорту) объема демпфирующей жидкости – по отсутствию воздуха в цилиндре. Однако определить числовые значения параметра сопротивления при таком методе диагностирования не удастся, что в дальнейшем делает невозможным осуществлять подборку гидродемпферов и расстановку их на транспортном средстве с двух сторон по близким к друг к другу значениям параметра сопротивления. Это требуют правила эксплуатации транспортного средства для того, чтобы обеспечить равномерность распределения нагрузки от раскачивания кузова в движении на все установленные гидродемпферы. В противном случае износ гидродемпферов увеличивается с геометрической прогрессией и в итоге межремонтный ресурс резко сокращается, не говоря уже о комфортности езды на таком транспорте. Например, только на одном современном двухсекционном электровазе 2ЭС6 «Синара»

количество установленных гидродемпферов составляет 32 штуки (рис. 2).



Рисунок 2 – Современный грузовой двухсекционный восьмиосный электровоз постоянного тока 2ЭС6 «Синара» (максимальная эксплуатационная скорость – 120 км/ч)

Поэтому разработка новых методов диагностирования, отвечающих современным требованиям, предъявляемым к безопасности движения на железнодорожном транспорте, является весьма актуальной задачей. Для этого мы предлагаем воспользоваться современными испытательными стендами ИГК-90.1 [4], которые успешно эксплуатируются в локомотивных депо Котовск и Знаменка Одесской железной дороги.

Стенд ИГК-90.1 украинского производства имеет ряд преимуществ и существенных отличий от известных гидроприводных стендов других производителей. Например, в конструкции стенда ИГК-90.1 используется пневматический привод малой электрической мощности 2,2 кВт. Известные аналоги гидроприводных стендов других производителей имеют мощность 22 кВт. Это позволяет отнести стенд ИГК-90.1 к классу энергосберегающего технологического оборудования. Пневмопривод обеспечивает механическое перемещение штока гидродемпфера с изменяющейся частотой в диапазоне $0,033 \div 0,33$ Гц (по несинусоидальному закону движения). Испытания одного гидродемпфера длятся короткое время (3÷5 мин), проводятся во всем рабочем диапазоне перемещения поршня (0÷240 мм), в широком диапазоне скоростей (0÷0,350 м/с), имитируя его работу на транспорте. Конструкция стенда выполнена таким образом, что в ходе испытаний для каждого конкретного испытуемого гидродемпфера определяется его «реальный» максимальный рабочий ход поршня. Это очень важно, поскольку только на максимальных ходах поршня при испытаниях можно выявить наличие или отсутствие воздуха в цилиндре гидродемпфера или определить наличие механических де-

формаций штока поршня, полученные при эксплуатации. Однако главным преимуществом украинского испытательного стенда ИГК-90.1 является большая информативность полученных результатов (рис. 3).

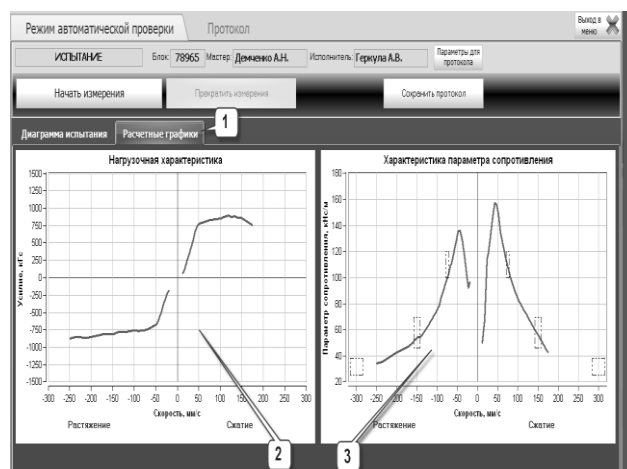


Рисунок 3 – Фотофрагмент протокола с результатами испытаний гидродемпфера: 1 – графические зависимости от скорости движения поршня; 2 – воспроизводимых усилий; 3 – параметра сопротивления

Полученные графические зависимости силы и параметра сопротивления от скорости открывают более широкие возможности для обслуживающего персонала и могут быть использованы при проведении диагностики технического состояния гидродемпферов, а именно позволяют [5]:

- диагностировать исправную работу гидродемпфера в «дрессельном» и «клапанном» режимах;
- сравнивать значение скорости перехода из одного режима в другой (*точки максимума на графиках*) с указанным производителем значением в паспорте;
- определять визуально до разборки гидродемпфера характерные виды его неисправности;
- при повторном испытании на стенде видеть результаты влияния проделанной работы по регулировке или замене конструктивных элементов на демпфирующую характеристику гидродемпфера.

В подтверждение сказанному, ниже приведены примеры полученных протоколов испытаний для разных типов гидродемпферов, которые характерны для неисправного технического состояния гидродемпфера. При этом каждому виду графической зависимости параметра сопротивления от скорости соответствуют вполне определенная группа возможных дефектов.

Например, к первой группе дефектов можно отнести следующие: поломка (деформация) верхнего клапана; клапанной пружины; попадание посторонних предметов под клапан; загрязненная демпферная жидкость. При этом графиках из протокола (рис. 4) прослеживается отсутствие «дрессельного» режима, как в зоне растяжения, так и в зоне сжатия.

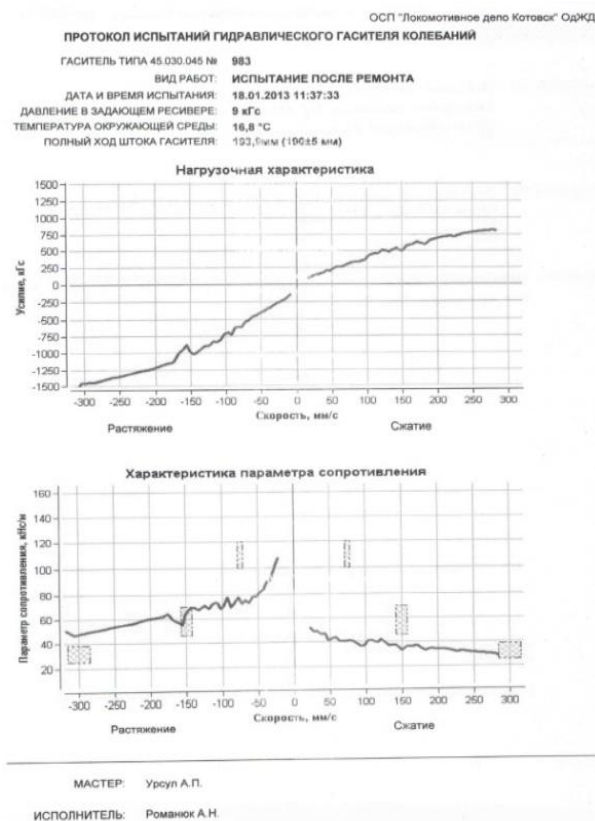


Рисунок 4 – Первая группа дефектов

Ко второй группе дефектов: не отрегулирован верхний клапан по нормированному давлению в паспорте производителя; установлена не кондиционная клапанная пружина, или она поломана (деформирована), или заклинена посторонними предметами. На графиках из протокола (рис. 5) отчетливо видно, что на малых скоростях в зоне растяжения величина параметра сопротивления намного превышает допустимые значения, которые указаны в паспорте производителя.

К третьей группе отнесем дефект: высокое значение вязкости демпфирующей жидкости (несоответствие марки в паспорте производителя). На графиках из протокола (рис. 6) видно большое значение величины параметра сопротивления в обеих зонах работы и при растяжении, и при сжатии.

На графиках из протокола (рис. 7) на малых скоростях в зоне растяжения наблюдается малое

значение величины параметра сопротивления.

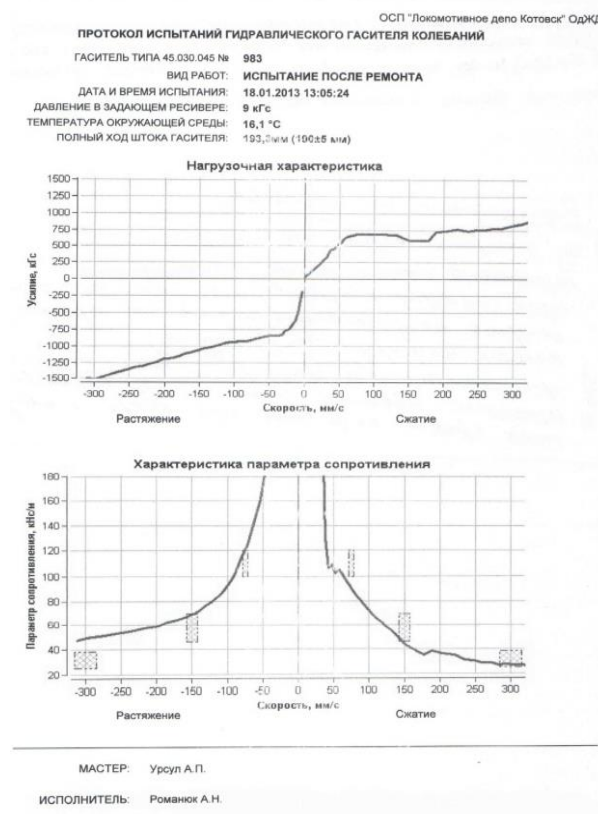


Рисунок 5 – Вторая группа дефектов

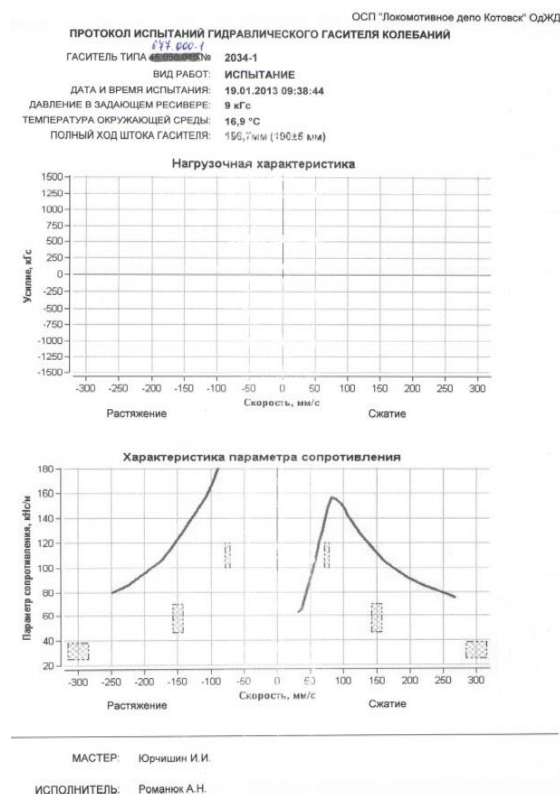


Рисунок 6 – Третья группа дефектов

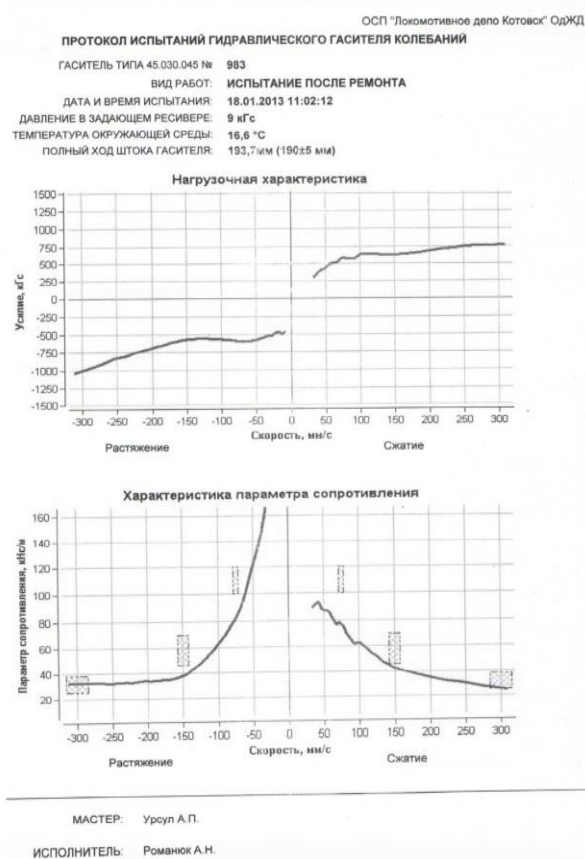


Рисунок 7 – Четвертая группа дефектов

В отдельную, четвертую группу, можно выделить наиболее часто встречающиеся дефекты: низкое значение вязкости демпфирующей жидкости (не соответствие марки в паспорте производителя); недостаточное количество демпфирующей жидкости в цилиндре (наличие воздуха); повышенный износ резиновой уплотняющей втулки штока, через которую происходит вытекание демпфирующей жидкости, или деформирован сам шток; установлена некондиционная уплотняющая резиновая втулка штока.

К пятой группе дефектов можно отнести: повышенный износ поршневого кольца (во время испытаний произошло заклинивание поршня). На графиках из протокола (рис. 8) видно, что на малых скоростях в зоне растяжения отсутствует значение величины параметра сопротивления.

В шестой группе дефектов находятся: не отрегулированы верхний и нижний клапаны по нормированному давлению в паспорте производителя; поломка клапанной пружины нижнего клапана; установлена некондиционная клапанная пружина верхнего клапана. На графиках из протокола (рис. 9) видно, что на малых скоростях в зоне растяжения параметр сопротивления имеет большое значение, а в зоне сжатия наоборот, значение параметра сопротивления слишком мало.

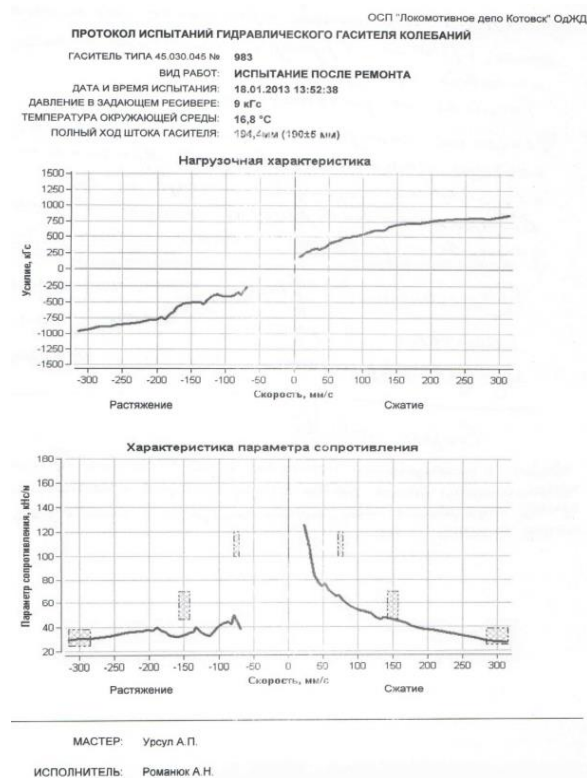


Рисунок 8 – Пятая группа дефектов

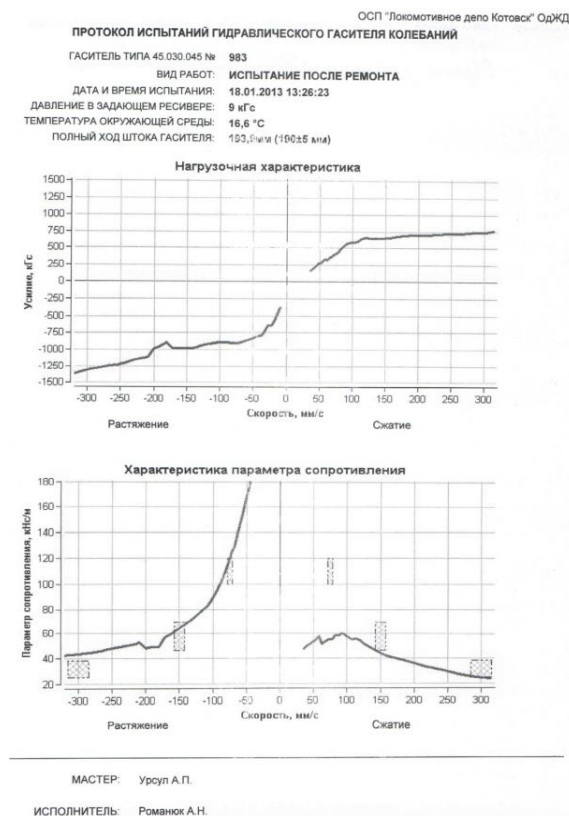


Рисунок 9 – Шестая группа дефектов

Таким образом, систему предварительной экспресс-диагностики технического состояния

гідродемпферів можна побудувати по принципу візуального порівняння отриманих кривих графічних залежностей параметра опору від швидкості з варіантами цих же залежностей, отриманих раніше для однотипних гідродемпферів в справному стані, які можуть бути попередньо внесені в базу даних ПК стенда і при необхідності виводяться оператором. Для більш детальної і точної конкретизації можливих дефектів потрібна збірка і статистична обробка ще більшої кількості протоколів випробувань гідродемпферів, отриманих на стенді ИГК-90.1 в локомотивних депо Котовск і Знаменка Одеської залізничної дороги.

Список использованных источников

1. Демин Ю. В. Математическое моделирование и динамика подвижного состава железных дорог / Ю. В. Демин, А. Ю. Черняк, Р. Ю. Демин // Залізничний трансп. України. – 2007. – № 4. – С. 3-8.
2. Черняк А. Ю. Компьютерная модель для оперативного определения вероятных причин схода с рельсов грузовых вагонов / А. Ю. Черняк

// Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. Наук. журнал. – 2010. – Ч. 1. – № 5. – С. 40-46.

3. Боряк К. Ф. Отличительные особенности стенда «ИГК-90.1» для испытаний гидравлических гасителей колебаний локомотивов / К. Ф. Боряк, Р. Г. Мелкумян // XII Научно-практическая конференция «Перспективы внедрения технических средств безопасности движения поездов на железных дорогах Украины». – м. Судак, 2012. – С. 58 - 70.

4. Боряк К. Ф. Пневмоприводной стенд для испытаний гидравлических гасителей колебаний локомотивов / К. Ф. Боряк, М. А. Манзарук, А. Л. Разумовский // Научно-технический и производственный журнал «Вибрация машин: измерение, снижение, защита». – Донецк, 2012. – № 3(30). – С. 31-35.

5. Boryak K. Introduction to a new approach to testing hydraulic shock absorbers on the new generation ИГК-90.1 test facilities / K. Boryak, A. Razumovskiy, M. Manzaruk / Proceedings of the International Ukrainian-Japanese Conference on Scientific and Industrial Cooperation; 24 – 25 October 2013. – Odessa: ONPU, 2013. – С. 37-42.

Поступила в редакцию 15.11.2013

К. Ф. Боряк, д.т.н., О. І. Ваганов, д.т.н., М. О. Манзарук

МОЖЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСНИКІВ КОЛИВАНЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИПРОБУВАНЬ НА СТЕНДІ ИГК-90.1

Пропонуються принципи, на основі яких можна вибудувати систему діагностування технічного стану гідравлічних гасників коливань (гідродемпфер). У якості вихідних матеріалів для діагностики пропонується використовувати отримані протоколи експериментальних випробувань гідродемпферів на стенді ИГК-90.1.

Ключові слова: гідравлічний гасник коливань, гідродемпфер, випробувальний стенд, параметр опору, дросельний та клапанний режим роботи.

K. F. Boryak, DSc, A. I. Vaganov, DSc, M. A. Manzaruk

DIAGNOSIS OF TECHNICAL CAPABILITIES OF HYDRAULIC VIBRATION DAMPER ACCORDING TO TEST RESULTS BENCH ИГК-90.1

Suggests the principles on which to build a system of diagnosis of the technical state of the hydraulic dampers (hydraulic dampers). The starting materials for the diagnosis offered to use the protocols of experimental tests of hydraulic dampers on the bench ИГК-90.1.

Keywords: hydraulic damper, test bench, setting the resistance and the throttle valve operation.

MICROCREEP OF METALLIC GLASSES AT ROOM TEMPERATURE

The main regularities are studied of the MG microcreep in a range of temperatures and stresses on the "stress-deformation" curve which traditionally is considered absolutely elastic. It is established that the character of the micro creep is determined by the quantity of the crystalline phase in the amorphous alloy. An increase of the relative volume of the crystalline phase up to 5 to 10 % diminishes the rate at which the creep diminishes at room temperature in as-quenched MG samples by orders of magnitude.

Keywords: metallic glass, plastic changes, amorphous alloy, crystallization center, crystalline phase, amorphous matrix.

1. Introduction

Lately the interest in the study of MGs has grown because a number of new practical applications have been found. In particular, ever growing attention is paid in the literature to the mechanical properties of the amorphous alloys [1]. But up to the present moment there was not enough information about the regularities of the form change of MGs under tensile load.

The study of the creep of MG foils involves difficult methodical problems. The setting of an experiment within the room temperature range requires special precision dilatometric devices.

Due to the thermal instability of their physical properties for the time being the practical application of amorphous metallic materials is possible only at temperatures which do not considerably exceed 20° C. Therefore, the answer to the question of a possible existence of amorphous alloys creep at room temperature and under stresses much lower than the value of the strength limit is of great interest.

In the present paper we give a survey of the original results obtained by studying the creep in broad class of MG foils based on Fe, Ni and Co prepared by the method of melt quenching on a spinning disk using by original precision dilatometric method [1].

2. Experimental Methods

Precision dilatometric methods, worked out earlier [1], allowed us to deal with the above question on a new experimental basis.

The methods sensitivity of the lengthening measurement is $\Delta l/l \approx 10^{-5}$. The design of the dilatometer includes a thermostat which contains the investigated sample under load in a vertical position. To the extremities of the sample under study a vertical piece of foil or wire was fastened in a vertical position, but having small sag λ of about 0.1 mm in the middle. The external optical system is designed

for the measurement of the change of the sag of this wire as the experiment goes on $\lambda(\tau)$. According to the data we got we could calculate $\Delta l/l(\tau)$ of the sample. The high sensitivity of defining $\Delta l/l$ is conditioned by the quadratic dependence of $\Delta l/l$ on λ . The design of such dilatometer is given in detail in [1]. We investigated samples of the MG foils $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$, $Co_{55}Fe_5Ni_{14}B_{10}Si_{16}$, $Co_{77}Fe_4Cr_7Si_8B_4$, $Co_{77}Fe_5Si_{15}B_{10}$ with thickness 30 μm , length 50 mm, width 5 mm.

The amorphous structure of the initial MG samples was checked by X-raying on a DRON – 3.0 (MoK_{α} - radiation) diffractometer. Using the electron microscope BS – 540, we estimated the concentration and the mean dimension of the "frozen-in" crystallization centres. The methods described in [1] were used. It was found that the volume share of the crystalline phase in the investigated MG foils was less than 0.1%.

3. Results and Discussion

Results of the investigations of the As-quenched MG microcreep at the temperature are given in Fig. 1 and Fig. 2. Loads of 100 to 450 MPa lead to plastic deformations at room temperature. In the progress of time the residual strain does not change its value after removing the load, i.e. the deformation, which appears during microcreep is irreversible. It must be underlined that the value of the tensile stress of 100 to 150 MPa is by an order of magnitude lower than the strength limit of the MG. The form of the microcreep curves is analogous for all the investigated samples.

On the microcreep curve $\Delta l/l(\tau)$ one can distinguish the stage of intensive form change having a duration of about 100h, which can be formally called an unstable creep. Further on, the process of form change slows down considerably and the dependence on time of the deformation reminds of the stage stable creep in crystalline materials.

It should be noted that the rate of microcreep

and the residual strain of the investigated MG is different under the same tensile load. For example, under a stress $\sigma = 150$ MPa and during 100 h observation the MG samples $Co_{55}Fe_5Ni_{14}B_{10}Si_{16}$ and $Co_{77}Fe_4Cr_7Si_8B_4$ have reached residual strains of $(6 \text{ and } 3) \times 10^{-3} \%$, respectively.

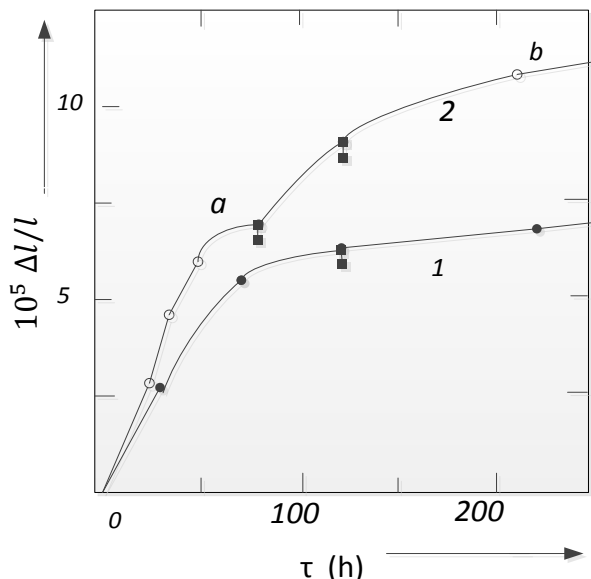


Figure 1 – The dependence of the relative lengthening on the duration of applying the tensile load: (1) as-quenched MG $Co_{55}Fe_5Ni_{14}B_{10}Si_{16}$, $\sigma = 100$ MPa; (2) as-quenched MG $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$, part a: $\sigma = 260$ MPa, part b: growth of the tensile up to $\sigma = 313$ MPa

The above given results testify to the presence of plastic form changes in as-quenched MG samples within a range of temperatures and stresses on the “stress-deformation” curve which was traditionally considered to be absolutely elastic.

We should underline once again that the phenomenon of microcreep at room temperature differs from the traditionally registered creep of solid bodies mainly by an extremely small residual strain of $5 \times 10^{-3} \%$, obtained during hundreds of hours of observation.

It is known that practically all physical properties of MGs change in the process of structural relaxation during isothermal annealing. The annealing of as-quenched MG samples within a temperature range lying 200 to 300 °C lower than the crystallization temperature leads to the growth of “frozen-in” crystallization centers which exist in the as-quenched amorphous foil to the emerging and growth of new crystalline nuclei.

The influence of low temperature isothermal annealing on the character of MG microcreep proved to be very interesting.

Preliminary annealing of all the studied MGs influences considerably the character of microcreep (Fig. 2, 3, 4).

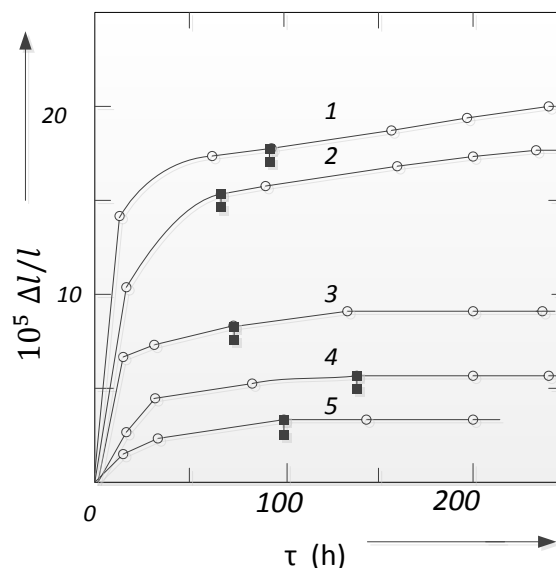


Figure 2 – The dependence of the relative lengthening on the duration of applying the tensile load: (1) as-quenched MG $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$, $\sigma = 300$ MPa; (2) analogous sample, $\sigma = 150$ MPa; (3) MG $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$ after annealing at 200°C, $\sigma = 300$ MPa; (4) analogous sample, $\sigma = 150$ MPa; (5) MG $Co_{77}Fe_4Cr_7Si_8B_4$ after annealing at 300°C, $\sigma = 300$ MPa.

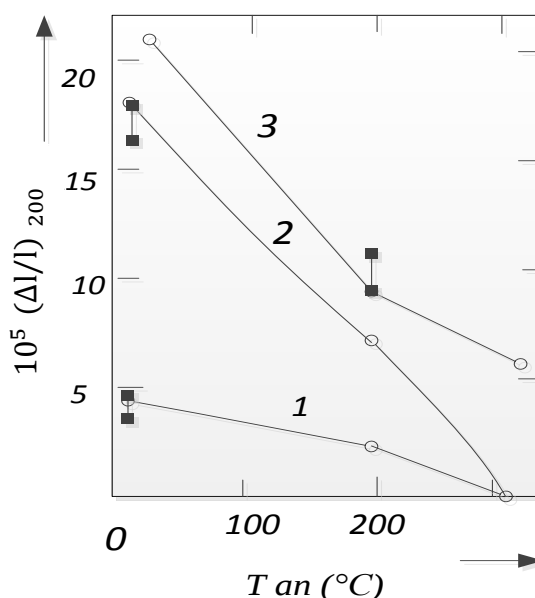


Figure 3 – Residual strain of the microcreep during 200 h depending on the temperature of annealing: (1) $Co_{77}Fe_4Cr_7Si_8B_4$, $\sigma = 300$ MPa; (2) $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$, $\sigma = 150$ MPa; (3) $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$, $\sigma = 300$ MPa

For example, for the sample $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$ annealed at 300°C, the residual strain obtained after 200 h of observation under a load of 300 MPa decreases more than twice if compared with the as-quenched state of the MG (Fig. 3).

The rate of form change ($\dot{\epsilon}$) of the annealed samples is several times lower than in the as-quenched ones (Fig. 4). After annealing at 300°C no form change of the partially crystallized samples under a load of 150 MPa is registered by the device used by us. Under a similar load the as-quenched sample $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$ reaches a residual strain of $\approx 17 \times 10^{-3} \%$. No microcreep is registered in the completely crystallized samples at room temperature even under loads of about 700 MPa.

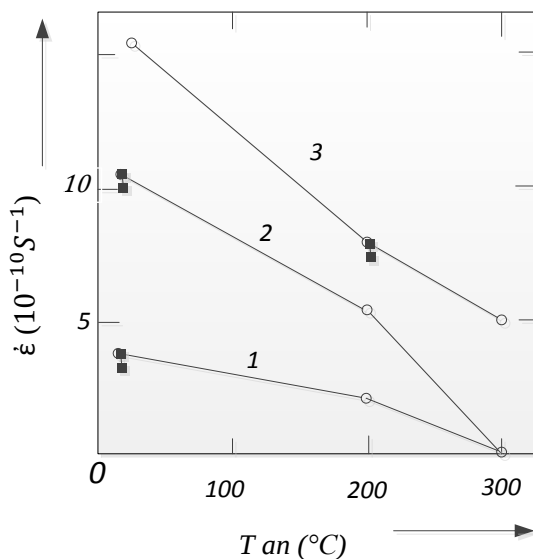


Figure 4 – The rate of form change at room temperature at the initial stage of form change ($\tau = 24h$) depending on the annealing temperature of the MG:

- (1) $Co_{77}Fe_4Cr_7Si_8B_4$, $\sigma = 150$ MPa;
- (2) $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$, $\sigma = 150$ MPa;
- (3) $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$, $\sigma = 300$ MPa

According to the data of electron-microscopic investigations, annealing of MGs within the temperature range 200 to 300 °C (i.e. 300 to 400 °C lower than the crystallization temperature) leads to the growth of the existing nuclei of the crystalline phases and to the formation of new crystallization centres.

The most probable dimension of the

crystallization centres after annealing of the asquenched samples $Co_{70}Fe_5Si_{15}B_{10}$ and $Co_{77}Fe_4Cr_7Si_8B_4$ at a temperature of 300 °C during 2.5 h is 100 to 120 nm.

The comparison of the above cited data of microcreep in partially crystallized MGs after annealing with the results of the electron-microscopic and dilatometric analysis allows us to conclude that the tendency of the amorphous alloys towards form change at room temperature is determined by the presence of crystallization centres in the amorphous matrix. Even a small volume share of 5 to 10 % of crystalline phase decreases by an order of magnitude the rate of microcreep of the MG sample if compared with the as-quenched state (Fig. 3, 4).

4. Conclusions

1. It is experimentally established that plastic form change (microcreep) can take place in a broad class of as-quenched MGs at room temperature and under loads which are by an order of magnitude smaller than the strength limit, i.e. in that part of the “stress-deformation” curve which was traditionally considered to be absolutely elastic.

2. It is established that the microcreep character is defined by the quantity of crystalline phases in the amorphous alloy. With increase of the volume share of crystallization centres in the amorphous matrix only to 5 to 10 %, the rate of the MG samples microcreep at room temperature can decrease by an order of magnitude if compared with the as-quenched state of the alloy. The MG microcreep is not observed (within the sensitivity limits of the deformation determination) if the volume share of the crystalline phase in the amorphous matrix reaches a critical value for a given load.

References

1. Novikov V. V. Method of the precision dilatometric studies of metallic glasses / V. V. Novikov // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2013. – Вип. 1(2). – С. 63 – 65.

Надійшла до редакції 03.02.2014

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

В. В. Новиков, к.т.н.

МИКРОПОЛЗУЧЕСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Обнаружено пластическое формоизменение (микropolзучесть) широкого класса свежезакаленных металлических стекол (МС) при комнатной температуре и под действием растягивающего напряжения, величина которого на порядок меньше предела прочности. Изучены основные закономерности микropolзуче-

ти МС в той області температур и напружений на кривой «напряжение-деформация», которая традиционно считалась абсолютно упругой. Установлено, что характер микроползучести определяется количеством кристаллических фаз в аморфном сплаве. Увеличение объемной доли центров кристаллизации в аморфной матрице всего до 5 до 10 % уменьшает скорость микроползучести при комнатной температуре свежезакаленных образцов МС на порядок.

Ключевые слова: металлическое стекло, пластическое формоизменение, аморфный сплав, центр кристаллизации, кристаллическая фаза, аморфная матрица.

В. В. Новіков, к.т.н.

МІКРОПОВЗУЧІСТЬ МЕТАЛЕВИХ СТЕКОЛ ПРИ КІМНАТНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ

Виявлено пластичне формозмінення (мікроповзучість) широкого класу свіжезагартованих металевих стекол (МС) при кімнатній температурі і під дією розтягувальної напруги, величина якого на порядок менше межі міцності. Вивчено основні закономірності мікроповзучості МС в тій області температур і напруг на кривій «напруга-деформація», яка традиційно вважалася абсолютно пружною. Встановлено, що характер мікроповзучості визначається кількістю кристалічних фаз в аморфному сплаві. Збільшення об'ємної частки центрів кристалізації в аморфній матриці всього до 5 до 10 % зменшує швидкість мікроповзучості при кімнатній температурі свіжезагартованих зразків МС на порядок.

Ключові слова: металеве скло, пластична формозміна, аморфний сплав, центр кристалізації, кристалічна фаза, аморфна матриця.

УДК 531.7

Л. В. Коломієць, д.т.н., **К. О. Подостроєць**

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОСОБУ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТАХЕОМЕТРІВ

Наведено існуючі еталонні та нормативні бази метрологічного контролю тахеометрів. Розглянуті недоліки існуючих еталонних та нормативних баз метрологічного контролю тахеометрів. Наведені методики метрологічного контролю віддалемірної частини тахеометрів. Запропонована методика метрологічного контролю віддалемірної частини тахеометрів у разі використання нового способу метрологічного контролю тахеометрів.

Ключові слова: тахеометри, нормативне забезпечення, метрологічний контроль.

Вступ

Метрологічний контроль тахеометрів сьогодні має виняткове значення для ефективного розвитку економіки нашої країни. Під поняттям метрологічний контроль тахеометрів слід розуміти такі законодавчо-регульовані процедури як державна метрологічна атестація та перевірка геодезичних засобів вимірювальної техніки для вимірювання переважно великих відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів. Конструктивно тахеометр об'єднує в собі такі геодезичні засоби вимірювальної техніки як електронний теодоліт і світловіддалемір, а також невеликий комп'ютер [1, 2].

Для проведення належного метрологічного контролю тахеометрів необхідні:

відповідна еталонна база,
відповідна нормативна база,

кваліфіковані спеціалісти.

В зв'язку з тим, що тахеометр складається з принципово різних за функціональністю засобів вимірювання: світловіддалемір та електронний теодоліт, тому їх метрологічний контроль необхідно проводити з використанням різних еталонів.

Еталонна база.

В якості еталона для контролю кутомірної частини тахеометра (електронний теодоліт) використовуються спеціальні автоколімаційні установки, які знаходяться виключно в лабораторіях.

В якості еталона для контролю віддалемірної частини тахеометра (світловіддалемір) сьогодні використовуються спеціальні базисні

лінійні геодезичні полігони, які знаходяться виключно на відкритій місцевості [3].

Зазначені еталони знаходяться переважно в метрологічних лабораторіях регіональних центрів стандартизації, метрології та сертифікації. Але слід зазначити, що якщо автоколімаційні установки знаходяться практично у кожному центрі стандартизації, метрології та сертифікації, що дозволяє проводити якісний метрологічний контроль таких засобів вимірювання як теодоліти, нівеліри, прилади вертикального проектування, то атестовані базисні лінійні геодезичні полігони є лише в Одесі, Києві, Харкові, Вінниці, в Криму і в Львівській області [4]. Таким чином, метрологічний контроль тахеометрів проводиться тільки у цих містах. Тому саме нестача в кількості геодезичних полігонів в Україні впливає на проведення процедури метрологічного контролю, що, в свою чергу, впливає на якість геодезичних вимірювань в країні. Міжнародний досвід показує, що в Україні доцільно мати не менше 1–2 геодезичних полігона на область [5, 6].

Такий дефіцит в кількості базисних лінійних геодезичних полігонів не випадковий. На це впливає значна кількість факторів, серед яких і складність створення, і складність експлуатації геодезичних полігонів. Перерахуємо деякі з таких:

- для розташування полігону необхідна площадка на якій відсутня сейсмічна активність; яка представляє собою пряму, без перешкод, пливунів, ярів з довжиною не менш 1,5 км; повинно бути забезпечене збереження складових частин полігону та організований вільний під'їзд на полігон в будь-яку пору року;

- створення полігонів тягне за собою великі фінансові витрати на виготовлення спеціальних складових частин полігону, роботи по будівництву та геодезичному супроводженню будівельних робіт;

- при експлуатації полігонів необхідні постійні профілактичні заходи з метою запобігання псування складових частин полігону під дією атмосферних факторів у різну пору року;

- необхідно витрачати додаткові кошти на оренду землі, що використовується під розташування полігону, полігон займає багато місця;

- при експлуатації полігонів необхідні постійні профілактичні заходи з метою запобігання псування складових частин полігону під дією атмосферних факторів у різну пору року;

- необхідно витрачати додаткові кошти на оренду землі, що використовується під розташування полігону, полігон займає багато місця;

- необхідно витрачати додаткові кошти для доставки тахеометра на полігони, які як правило знаходяться за межами міста;

- неможливо проводити метрологічний контроль тахеометрів при відсутності сприятливих атмосферних умов.

Існування всіх зазначених факторів стимулює пошук в створенні більш зручного способу метрологічного контролю тахеометрів [7].

Для створення такого способу метрологічного контролю необхідно створити нову еталонну базу метрологічного контролю віддалемірної частини тахеометра, яка б відрізнялась від існуючої меншими витратами на створення та експлуатацію.

Це можливо при об'єднанні еталонних засобів для метрологічного контролю кутомірної і віддалемірної частини в єдиний вимірювальний комплекс шляхом розташування геодезичного полігону у межах лабораторії, відтворивши його характеристики [8].

Нормативна база.

Для проведення метрологічного контролю тахеометрів необхідна нормативна база, на відповідність і за допомогою якої треба проводити їх метрологічний контроль. Йдеться про технічні умови та стандартизовані методики повірки або державної метрологічної атестації на тахеометри. На сьогоднішній день в Україні немає затверджених загальних технічних умов на тахеометри, а метрологічні характеристики нормуються заводом-виробником у експлуатаційній документації. Методика повірки кутомірної частини регламентується методикою МПУ 164/01-2003 або розділом «Повірка» керівництва з експлуатації конкретного типу тахеометра.

Метрологічний контроль віддалемірної частини тахеометра регламентується діючим відомчим документом СРСР: ГКИНП 17-198-85 «Інструкція на методы и средства поверки тахеометров и кипрегелей в эксплуатации», або розділом «Повірка» керівництва з експлуатації конкретного типу тахеометра.

Важливо зазначити, що з моменту створення ГКИНП 17-198-85 конструкція і функціональні можливості тахеометрів зазнали змін. Прогрес в приладобудуванні тахеометрів дав можливість отримати високотехнологічний засіб вимірювання з багатозадачним програмним забезпеченням.

Розглянемо методику повірки ГКИНП 17-198-85 детальніше.

Пункт 1 представляє собою загальну частину, із зазначенням сфер застосування даної методики.

Пункт 2 методики встановлює умови проведення повірки та підготовку до неї.

Пункт 2.1 методики зобов'язує попередньо акліматизувати тахеометр в умовах повірки на полігоні. Для цього вимагається встановити тахеометр на полігоні і витримати його в атмосферних умовах полігону деякий час перед початком безпосередньо повірки. Це дуже актуальне питання, тому що зазвичай тахеометр перед проведенням повірки на полігоні, знаходиться в умовах лабораторії з іншим температурним режимом.

Пункт 2.2 методики регламентує температурний режим та допустиму вологість повітря при проведенні повірки. Також, регламентується параметр освітленості візорних цілей та недопустимість попадання на тахеометр прямих сонячних променів, атмосферних опадів та сильного вітру. Слід зазначити, що сучасні тахеометри для точного вимірювання відстаней використовують значення параметрів температури та атмосферного тиску, які вводяться безпосередньо у меню тахеометра і автоматично враховуються при визначенні вимірюваної відстані, але в даній методиці немає вимог щодо визначення атмосферного тиску. Згідно цього пункту повірка неможлива при атмосферних опадах, сильному вітрі або попаданні прямих сонячних променів.

Пункт 2.3 встановлює необхідність підготовки тахеометра к роботі згідно з вимогами експлуатаційної документації та техніки безпеки.

Пункт 5.1 встановлює операції повірки електронних тахеометрів.

Зовнішній огляд та перевірку комплектності тахеометру виконують згідно пункту 5.2.1 методики. В зв'язку з тим, що комплектність та конструкція сучасних тахеометрів відрізняється від тахеометрів часів розробки методики, пункти, на відповідність яких повинен перевірятись тахеометр, не відповідають вимогам сучасності.

Опробування тахеометрів виконують згідно пункту 5.2.2, але вимоги цього пункту застарілі по аналогічній з попереднім пунктом причині.

Пункти 5.2.3 – 5.2.6 регламентують методику повірки кутомірної частини електронного тахеометру, але також не завжди підходять для контролю метрологічних характеристик сучасних тахеометрів.

Важливо, що на момент створення методики ГКИНП 17-198-85, окрім електронних тахеометрів, існували прості тахеометри, на які також діяли відповідні вимоги. Так, наприклад, пункт 3.2.10 встановлює порядок визначення коефіцієнта віддалемірного пристрою тахеометрів типів ТД і ТВ. Для цього тахеометром виконують ви-

мірювання кожного з мінімум шести лінійних базисів геодезичного полігону шість разів.

Середнє значення коефіцієнта K_{cp} знаходять по формулі

$$K_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i, \quad (1)$$

де коефіцієнт K_i для кожного вимірюваного інтервалу обчислюють за формулою

$$K_i = \frac{S_0}{S_i} K_0, \quad (2)$$

де коефіцієнт S_0 – контрольне значення довжини кожного інтервалу базиса,

S_i – виміряне тахеометром значення довжини того ж інтервалу з урахуванням величини постійного доданка C з паспорту на тахеометр,

K_0 – номінальне значення коефіцієнта.

Пункт 3.2.11 встановлює порядок визначення коефіцієнта номограми відстаней K_s тахеометрів типу ТаН. Для цього тахеометром виконують вимірювання кожного з мінімум шести лінійних базисів геодезичного полігону шість раз.

Коефіцієнт K_s розраховують по формулі

$$K_s = \frac{S_0}{S} K_{0s}, \quad (3)$$

де коефіцієнт S_0 – контрольне значення довжини кожного інтервалу базиса,

S – виміряне тахеометром значення довжини того ж інтервалу,

K_{0s} – номінальне значення коефіцієнта.

Коефіцієнти номограми перевищень K_h у тахеометрах типу ТаН визначають по пункту 3.2.12.

Але, в зазначених пунктах 3.2.10 – 3.2.12 методики ГКИНП 17-198-85, ні типів тахеометрів, ні параметрів коефіцієнта номограми сьогодні не існує, що, в свою чергу, унеможливило проведення повірки сучасних тахеометрів згідно вимог цих пунктів.

Пункт 5.2.7 регламентує порядок визначення постійної поправки тахеометру по результатам вимірювання інтервалів базису довжиною 50, 100, 200, 300, 800 і 1000 м. Кожний інтервал ви-

мірюють 2 серіями по 6 прийомів; проміжок часу між серіями не менш 4 годин. Постійна поправка K визначається за формулою $K = D_0 - D_{вим}$, де D_0 – відоме значення довжини інтервалу базиса, $D_{вим}$ – середнє виміряне значення з 6 прийомів того ж інтервалу. В більшості сучасних тахеометрів дана поправка не доступна простому користувачу, а змінити її може тільки сервісна служба при виконанні ремонту або юстування тахеометру.

Визначення середньої квадратичної похибки вимірювання відстаней одним прийомом проводять по результатам вимірювання тахеометром інтервалів базису згідно пункту 5.2.8. Кожний інтервал вимірюють шістьма прийомами в 2 серії. Похибку m_D обчислюють за формулою

$$m_D = \sqrt{\frac{\sum_k \sum_i^n \Delta_i^2}{kn}}, \quad (4)$$

де Δ_i – відхилення виміряних значень довжин інтервалів базиса від еталонних,

k – число інтервалів базису,

n – число прийомів вимірювання.

Перевірку значення основної масштабної частоти проводять частотоміром по пункту 5.2.9. Частотомір підключають к контрольному гнізду тахеометра через конденсатор. В сучасних тахеометрах виконання такого пункту перевірки при періодичному контролі тахеометрів недоцільно.

Розглянемо пункти, які необхідно контролювати при повірці віддалемірної частини тахеометрів у разі використанні нового способу метрологічного контролю тахеометрів, та зробимо необхідні висновки [8].

Пункт 1 повинен встановлювати умови проведення повірки та підготовку до неї. У зв'язку з проведенням повірки віддалемірної частини тахеометра в таких же умовах, що і кутомірної частини, можна встановити аналогічні вимоги для повірки віддалемірної частини щодо атмосферних умов.

Пункт 2 повинен встановлювати необхідність підготовки тахеометра к роботі згідно з вимогами експлуатаційної документації, техніки безпеки та встановлення тахеометру відповідно до вимог експлуатаційної документації на модернізований автоколімаційний стенд.

Пункт 3 повинен встановлювати операції повірки тахеометрів.

Згідно пункту 3.1 необхідно проводити зовнішній огляд. При зовнішньому огляді повинна

бути встановлена відповідність тахеометра наступним вимогам:

відсутність корозії, механічних пошкоджень та інших дефектів, які можуть впливати на експлуатаційні і метрологічні характеристики тахеометра, наявність маркування і комплектності згідно експлуатаційної документації фірми-виробника;

оптичні системи повинні мати чисте та рівномірно освітлене поле зору.

Пункт 3.2 повинен встановлювати вимоги щодо опробування тахеометра. При опробуванні повинна бути встановлена відповідність тахеометра таким вимогам:

плавність і рівномірність руху рухомих частин тахеометра;

відсутність зміщення та качки нерухомо з'єднаних деталей і елементів тахеометра;

правильність встановлення рівнів.

Пункт 3.3 повинен встановлювати порядок визначення метрологічних характеристик, а саме визначення середньоквадратичної похибки вимірювання відстаней. Середньоквадратична похибка вимірювання відстаней визначається шляхом десятикратного вимірювання еталонних відстаней, що утворюються у зигзагоподібний спосіб, дійсні значення довжин яких рівномірно розташовані в діапазоні вимірювання тахеометра.

Середньоквадратична похибка вимірювання відстаней m_{S_j} визначається для кожної лінії окремо і розраховується за формулою

$$m_{S_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (S_{0j} - S_{ij})^2}{10}}, \quad (5)$$

де m_{S_j} – середньоквадратична похибка j -ї лінії;

S_{0j} – еталонне значення j -ї лінії;

S_{ij} – виміряне значення j -ї лінії i -им прийомом.

Значення середньоквадратичної похибки не повинне перевищувати встановлене фірмою - виробником для кожної контрольованої відстані. Зазначені пункти метрологічного контролю відповідають сучасному рівню розвитку приладобудування тахеометрів та дозволяють робити висновки щодо придатності його до застосування в частині світловіддалеміра.

Список використаних джерел

1. Подостроець К. О. Аналіз засобів вимірювальної техніки геодезичного призначення та ме-

тодів їх метрологічного контролю // Науково-виробничий журнал «Метрологія та прилади». – 2013. – № 2 II (40). – С. 176-181.

2. Коломієць Л. В. Аналіз метрологічного забезпечення геодезичних засобів вимірювальної техніки / Л. В. Коломієць, К. О. Подостроєць // Вісник інженерної академії України. – 2010. – № 1. – С. 253-255.

3. ГОСТ 8.503–84. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 24 до 75000 м. – Введ. 1985–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.

4. Подостроєць К. О. Базис лінійний полігону геодезичного / К. О. Подостроєць // Збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції „Інтегровані інтелектуальні роботехнічні комплекси ПРТК-2013”. – Київ: НАУ, 2013. – С. 103.

5. Тревого И. С. Геодезический полигон для метрологической аттестации приборов и апробации технологий // Геопрофи. – 2009. – С. 6-11.

6. Друзюк В. Сучасні геодезичні прилади і технології: науково – технічне метрологічне забезпечення / В. Друзюк, А. Мазур, І. Тревого, І. Цюпак // Метрологія та прилади. – 2010. –

С. 19-26.

7. Коломієць Л. В. Альтернативний шлях розвитку метрологічного забезпечення геодезичних засобів вимірювальної техніки для визначення великих лінійних розмірів / Л. В. Коломієць, К. О. Подостроєць // Збірник наукових праць 3-ої науково-практичної конференції ОДАТРЯ. – Одеса: ОДАТРЯ, 2013. – С. 131.

8. Патент України на корисну модель № 57280, МПК8 G01C 25/00, МПК8 G01C 3/00. Спосіб передачі одиниці фізичної величини – метра від еталонних засобів вимірювальної техніки до робочих засобів вимірювальної техніки для визначення великих лінійних розмірів: Пат. 57280 Україна, МПК8 G01C 25/00, МПК8 G01C 3/00; Бюллетень № 4; Заяв. 23.04.2010; Публ. 25.02.2011.

9. МПУ 164/01-2003. Інструкція. Метрологія. Нівеліри, теодоліти, тахеометри (кутомірна частина). – Введ. 2003–05–23. – К.: Укрметртест-стандарт, 2003. – 31 с.

10. ГКИНП 17-198-85. Инструкция на методы и средства поверки тахеометров и кипрегелей в эксплуатации. – Введ. 1985–05–13. – М. : ГУГК при СМ СССР, 1985. – 19 с.

Надійшла до редакції 15.11.2013

Л. В. Коломиєць, д.т.н., К. А. Подостроєць

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПОСОБА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТАХЕОМЕТРОВ

Приведены существующие эталонные и нормативные базы метрологического контроля тахеометров. Рассмотрены недостатки существующих эталонных и нормативных баз метрологического контроля тахеометров. Приведены методики метрологического контроля дальномерной части тахеометров. Предложена методика метрологического контроля дальномерной части тахеометров при использовании нового способа метрологического контроля тахеометров.

Ключевые слова: тахеометры, нормативное обеспечение, метрологический контроль.

L. V. Kolomiets, DSc, K. O. Podostroets

REGULATORY RULES OF THE METHOD OF METROLOGICAL CONTROL TOTAL STATIONS

The existing regulatory rules and etalons for metrological control total stations are presented. The shortcomings of the existing regulatory rules and etalons for metrological control of total stations are discussed. The techniques of metrological control EDM of total stations are presented. The technique of metrological control for EDM of total stations by using a new method of metrological control of total stations is proposed.

Keywords: total stations, EDM, regulatory rules, metrological control.

В. І. Мілованов, д.т.н., А. А. Ябс*Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса*

ВИЗНАЧЕННЯ «ВІДМОВ» І КОНТРОЛЬ ЗА ЇХ УСУНЕННЯМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ КОМПРЕСОРІВ З ГАЗОТУРБІННИМ ПРИВОДОМ

Проблеми підвищення надійності та ефективності експлуатації газоперекачувальних агрегатів (ГПА) тісно пов'язані з завданням зниження виробничих витрат на проведення ремонтно-відновлювальних заходів. Значне підвищення вартості ремонтно-технічного обслуговування, запасних частин, будівельно-монтажних і аварійно-відновлювальних робіт в умовах дефіциту коштів диктують необхідність впровадження нових сучасних технологій технічного обслуговування компресорних станцій. У цих умовах різко зростає необхідність в наукових розробках, спрямованих на вирішення нагальних завдань, пов'язаних з удосконаленням методів і засобів діагностування технічного стану газоперекачувального обладнання. Сучасні системи діагностування достатньо досконалі з технічної точки зору. Однак інтерпретація результатів діагностування які раніше залишається серйозною проблемою.

Ключові слова: *компресорна техніка, газоперекачувальне обладнання, експлуатаційна надійність, конструкційні відмови, виробничі відмови, експлуатаційні відмови.*

Компресорна техніка займає особливе місце в історії і в сучасному житті людства. Компресори менш відомі громадськості, і навіть технічній громадськості, ніж інші енергетичні машини. При цьому вони належать до найбільш поширених технічних пристроїв у всіх базових галузях промисловості: системах управління на транспорті; для забезпечення процесів хімічної та нафтохімічної промисловості, металургії, авіації; системах життєзабезпечення, в сільському господарстві. Де за їх допомогою у складі інших елементів систем можна одержати стиснені гази та пари й велику їхню продуктивність у широкому інтервалі температур [1].

Використання відцентрових компресорів у складі газотурбінної установки в нафтогазовій промисловості є рішенням багатьох проблем, але при цьому зниження витрати газу на власні потреби газової промисловості та посилення уваги до питань економії природного газу в цілому є до сих пір нагальним завданням. Вони застосовуються для транспортування газу трубопроводами, закачування газу в підземні сховища, для вирішення ряду технологічних завдань. В даний час, за експертною оцінкою, використовуються 20 - 25 тисяч корпусів відцентрових компресорів різного промислового призначення [2] виробництва Росії та України (західні і японські виробники поставили близько 7 % машин). За даними [3, 4] багато з газоперекачувальних компресорів с газотурбінним приводом знаходяться в експлуатації більше 30 років, близько 60 %

машин мають напрацювання від 50 до 190 тисяч годин і застаріли фізично і морально.

Тому використання машин динамічного стиску, неприпустиме без необхідних знань по експлуатації, запуску й роботі у розрахункових і не розрахункових режимах.

Відсутність контролю може привести до досягнення критичної роботи газоперекачувального обладнання й, як наслідок, виникнення резонансних явищ із наступним руйнуванням устаткування [1]. У цих умовах різко зростає необхідність в наукових розробках, спрямованих на вирішення нагальних завдань, пов'язаних з удосконаленням методів і засобів діагностування технічного стану газоперекачувального обладнання. Сучасні системи діагностування достатньо досконалі з технічної точки зору. Однак інтерпретація результатів діагностування які раніше, залишається серйозною проблемою.

Проведений аналіз літературних джерел дозволяє виділити те, що до останнього часу дослідження в області підвищення експлуатаційної надійності газоперекачувальних компресорів з газотурбінним приводом носили обмежений характер і зводилися в основному до вирішення окремих часткових завдань з розробки спрощених методів контролю та випробувань стосовно окремих типів газоперекачувальних компресорів [5].

«Відмови» ніколи не виникають миттєво - завжди простежується деякий кінцевий проміжок часу між причиною і наслідком. Відмова виникає у разі, якщо викликала його причина, яку не було

усунуто за деякий проміжок часу, протягом якого можливе запобігання виникненню небезпечної ситуації, за умови, що безпека однозначно визначена. Тому, методи дослідження технічного стану газоперекачувальних агрегатів, технічна діагностика базуються на поелементній класифікації «відмов», яка є основою встановлення справжньої причини виходу з ладу обладнання [5].

За характером виникнення «відмови» визначають: аварійні і поступові (зношення, старіння, забруднення і т.д.).

В залежності від причин, «відмови» можна розділити на три групи [6]:

- перша група - конструкційні «відмови», які є наслідком: дефектів конструкції, похибок технології виробництва та експлуатаційно-технічної документації. При виявленні відмов цієї групи на окремих екземплярах можуть прийматися рішення про проведення доробок на решті;

- примірниках або ж виконання заходів, що виключають появу подібного виду відмов;

- друга група - виробничі «відмови», які спричинені випадковим розкидом або обмеженістю термінів служби комплектуючих елементів, випадковими несприятливими поєднаннями газодинамічних параметрів окремих елементів в межах встановлених допусків, випадковими несприятливими поєднаннями режимів роботи або умовами експлуатації і т.д. Характер-

ною особливістю відмов даної групи є те, що вони викликаються найчастіше не повторюваними для різних екземплярів системи причинами. Виявлення відмов другої групи на одному примірнику даної системи не дає підстав робити висновків про ненадійність інших;

- третя група - неминучі експлуатаційні «відмови», що відбуваються в результаті зносу рухомих спряжень і робочих органів під впливом сил тертя або внаслідок довгострокового впливу пульсуючих і знакозмінних навантажень (силових і температурних), корозії.

Висновок

Пошук причини «відмови» полягає у вказівці з певним ступенем точності його місцеположення в об'єкті або прогнозування його розвитку на встановленому відрізку часу експлуатації агрегату. Складність цього пошуку в тому, що кожен елемент, беручи участь в робочому процесі, відчуває вплив з боку сусідніх елементів. Ступінь цього впливу обумовлена структурою системи, і процес пошуку дефектів неминуче повинен простежувати цей взаємозв'язок. Контроль і аналіз причин виникнення відмов в період експлуатації, а так само класифікація відмов по групах, є найважливішими етапами дослідження надійності технічних систем та їх своєчасної діагностики.

Список використаних джерел

1. Єременко Д. М. Розрахунок і дослідження критичної частоти обертання вала турбокомпресор: навчальний посібник / Д. М. Єременко. – Одеса: Одеська державна академія холоду, 2008. – 4 с.

2. Деммер М. «Труды 2-го международного симпозиума “Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования”». - СПб, 1996. – 72 с.

3. Косачев В.П. «Некоторые проблемы реконструкции компрессорных станций газотранспортной системы «Тюментрансгаз». Труды 1-го международного симпозиума «Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования». – СПб, 1994. – С. 114-121.

4. Шайхутдинов А. З. Некоторые результаты совместной деятельности потребителей и производителей в области создания новых и реконструкции действующих ГПА для предприя-

тий ОАО “Газпром” / А. З. Шайхутдинов, М. Г. Хабибулин, И. Г. Хисамеев, В. В. Проккоев // Труды 5-го международного симпозиума «Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования». - СПб, 1999. – С. 66-70.

5. Галеркин Ю. Б. «Компрессорная техника и пневматика в XXI веке» / Ю. Б. Галеркин, 2004. – 166 с.

6. Кунина П. С. Диагностика газоперекачивающих агрегатов с центробежными нагнетателями. / П. С. Кунина, П. П. Павленко. – Ростов-на-Дону, изд-во РГУ, 2001. – 362 с.

Надійшла до редакції 17.12.2013

Рецензент: д.т.н., професор М. П. Хмельнюк, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

В. И. Милованов, д.т.н., А. А. Ябс

ОПРЕДЕЛЕНИЕ "ОТКАЗОВ" И КОНТРОЛЬ ЗА ИХ УСТРАНЕНИЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ КОМПРЕССОРОВ С ГАЗОТУРБИННЫМ ПРИВОДОМ

Проблемы повышения надежности и эффективности эксплуатации газоперекачивающих агрегатов (ГПА) тесно связаны с задачей снижения производственных затрат на проведение ремонтно-восстановительных работ. Значительное повышение стоимости ремонтно-технического обслуживания, запасных частей, строительно-монтажных и аварийно-восстановительных работ в условиях дефицита средств диктуют необходимость внедрения новых современных технологий технического обслуживания компрессорных станций. В этих условиях резко растет необходимость в научных разработках, направленных на решение неотложных заданий, связанных с усовершенствованием методов и средств диагностирования технического состояния газоперекачивающего оборудования. Современные системы диагностирования достаточно совершенны с технической точки зрения. Однако интерпретация результатов диагностирования как и раньше остается серьезной проблемой.

Ключові слов: компрессорная техника, газоперекачивающее оборудование, эксплуатационная надежность, конструкционные отказы, производственные отказы, эксплуатационные отказы.

V. I. Milovanov, DSc, A. A. Yabs

DEFINITION OF "REFUSALS" AND MONITORING THEIR ELIMINATION FOR IMPROVING OPERATIONAL RELIABILITY GAS-PUMPING COMPRESSORS WITH GAS TURBINE DRIVES

Problems of improving the reliability and efficiency of operation of gas compressor units are closely related with a task of reducing of production costs of the repair works. A significant increase in the cost of repair and maintenance, spare parts, construction and repair works to a shortage of funds necessitate the introduction of new technology maintenance compressor stations. Under these conditions, dramatically increasing need for scientific research to address urgent issues related to the improvement of methods and tools for diagnosing the technical condition of gas pumping equipment. Modern systems of diagnosis sufficiently are perfect from a technical point of view. However, the interpretation of which diagnosis remains a serious problem.

Keywords: compressor equipment, gas compressor equipment, operational reliability, structural failure, production failure, operational failure.

РОЗДІЛ 3

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті проведено аналіз сучасного стану функціонування інформаційних систем спеціального призначення в вирішенні завдань організаційного управління.

Обґрунтовано необхідність проведення подальших досліджень щодо пошуку нових наукових методів застосування сучасних інформаційних систем, комп'ютерної техніки і зв'язку в вирішенні специфічних задач підприємств та організацій, що часто вирішуються в умовах невизначеності, неповної інформації, наявності випадкових чинників і ризику.

Визначено невідповідність вимог поточного рівня показників живучості, відмово стійкості та відновлюваності інформаційних систем управління, а також необхідність розробки нових науково-теоретичних основ, моделей та методів підвищення стійкості інформаційної системи управління спеціального призначення.

Ключові слова: інформаційна система управління спеціального призначення, інформаційне завдання підтримки рішень, дублювання інформації, експлуатаційна надійність.

Постановка проблеми. Управління країною та державне регулювання економіки в сучасних умовах зумовили зростання потреб управлінських структур в об'єктивній, достовірній та своєчасній інформації про реальне положення справ в основних секторах економіки, соціальній і суспільно-політичній сферах.

Зазначене обґрунтовується тим, що в наш час для ухвалення виважених рішень не достатньо інформації від самих об'єктів управління, оскільки часто повнота та ступінь її об'єктивності диктуються кон'юнктурними або іншими міркуваннями. Тому, зрозуміло, що тільки система багаторівневої й багатоаспектної прямої та непрямої інформації, що охоплює найважливіші аспекти функціонування, дозволить сформулювати адекватне уявлення про об'єкт управління й можливі варіанти його розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню проблем підвищення ефективності функціонування інформаційних систем управління в правоохоронній діяльності із застосуванням методів статистичної обробки інформації присвячені роботи видатних фахівців, таких як Швець М. Я., Буржинський В. А., Хахановський В. Г. та ін. [1, 2]. Однак наявність широкого поля офіційної статистичної інформації не перекриває інформаційні потреби користувачів, відчувається недостатність регіональної інформації, а також оперативності її надходження. Разом з тим, все більш нагальним є необхідність управлінським структурам у швидкому та оперативному доступі до всієї сукупності прямої та непрямої інформації з можливо різноманітніших джерел.

Вирішення завдань підвищення ефективності і якості діяльності всіх ланок державного управління вимагають подальшого вдосконалення техніки і методів управління на основі сучасних досягнень науки та практики, розроблення і впровадження сучасних інформаційних технологій.

Метою статті є проведення подальших досліджень щодо пошуку нових наукових методів застосування сучасних інформаційних систем, комп'ютерної техніки і зв'язку в вирішенні специфічних задач підприємств та організацій, що часто вирішуються в умовах невизначеності, неповної інформації, наявності випадкових чинників і ризику.

Виклад основного матеріалу. У загальній стратегії інформатизації оперативного управління важливе місце займає класифікація фаз і алгоритмів формування рішень, побудови моделей оперативного управління, включаючи алгоритм задач синхронізації в складних системах, задач аналітичних, розпізнавання, оптимізаційних, пошукових та інших.

Зокрема, розглядаючи проблеми щодо комплексів взаємопов'язаних задач в умовах функціонування інформаційних систем управління спеціального призначення (ІСУСП), мають на увазі також послідовне нарощування потужності технічних засобів, інформаційної бази, інтелектуального рівня програмних засобів, кадрового та іншого потенціалу в мережі інформаційно-обчислювальних центрів установ та закладів правоохоронної сфери України.

Розглядаючи ІСУСП як деяку систему (рис. 1), необхідно виділити основні функціональні блоки цієї системи.

При цьому під системою розуміється здійснення перетворення вхідних даних (X_i) у вихідні (Y_i), тобто Y_i є логічним результатом певного завдання, деталізація і вирішення якого здійснюються протягом часу при накопиченні даних X_i у пам'яті з включенням у роботу ланцюжка заданих алгоритмів і їх частин (модулів).

Основні операції по виробленню рішення здійснюються функціональними підблоками 1-4.

Підблок 1 здійснює планування (визначення сукупності якісних і кількісних даних про дії,

необхідні для досягнення наміченого результату – кінцевої мети).

Підблок 2 здійснює безперервне стеження (облік результатів виконання плану, програми дій, відображення події, факти, процеси, що сприяють або перешкоджають просуванню до мети).

Підблок 3 здійснює аналіз (виявлення відхилень від норми, плану, програми, розбір з метою виявлення позитивних і негативних чинників, що впливають на реалізацію цільових програм, розкриття невикористаних резервів, величин дезорганізуючого впливу середовища та ін.).

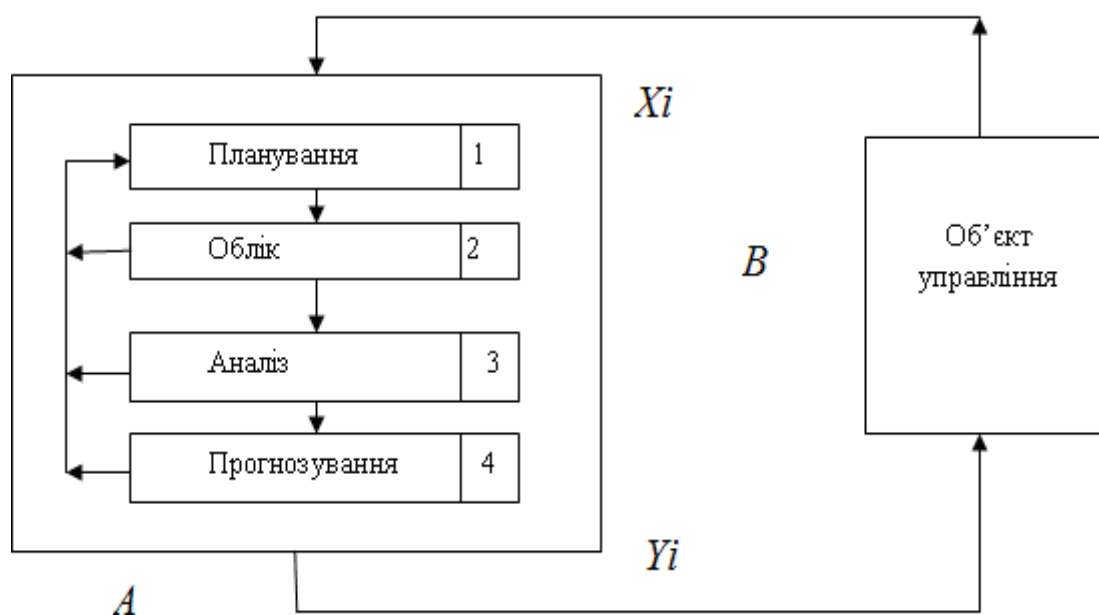


Рисунок 1 – Класична схема ІСУСП:

X_i – вхідні дані;
 (Y_i) – вихідні дані

Підблок 4 здійснює прогнозування (передбачення можливих відхилень від норм, планів з урахуванням реальних і вірогідних ситуацій в майбутньому, тобто умовне перенесення майбутнього стану в сьогодення, «програвання» процесу на діючій моделі і коректування планів, режимів функціонування, розстановки сил і засобів, посилення або послаблення діяльності на окремих ділянках і так далі).

Вироблені в блоці А рішення сприймаються і реалізуються блоком В, який є споживачем інформації, що управляє (об'єкт управління – структурний підрозділ, виконавець і т. ін.).

Схема ІСУСП (рис. 1) представлена ідеалізовано у вигляді елементарного відокремленого ізолюваного контуру, що неприродно, оскільки реальні системи безперервного оперативного управління багатоконтурні і мають ієрархічну

структуру. Елементарні контури управління входять в реальні системи як складові частини – підсистеми та об'єкти управління (рис. 2).

У таких системах підблоки А і В функціонують подібно до блоків A_1 і B_1 з тією лише різницею, що вони структурно розміщені на нижчому рівні управління, є ступенем в ієрархічній системі управління і співвідносяться з блоками А та В як частина з цілим, можуть бути ізоморфними стосовно однієї групи властивостей та відношень і не ізоморфними стосовно всіх інших груп і відношень.

Модель ІСУСП, як і багатьох інших багаторівневих ієрархічних систем, конструктивно складається з кінцевого набору послідовно і паралельно підключених блоків типу А і В. Спосіб поєднання і взаємозв'язки блоків, тобто струк-

турно побудова, показані в загальному вигляді на рис. 2.

Представлені перед органами управління цілі (база цілей), потоки і фонди інформації (база

даних) спільно з базою знань складають банк даних (рис. 3).

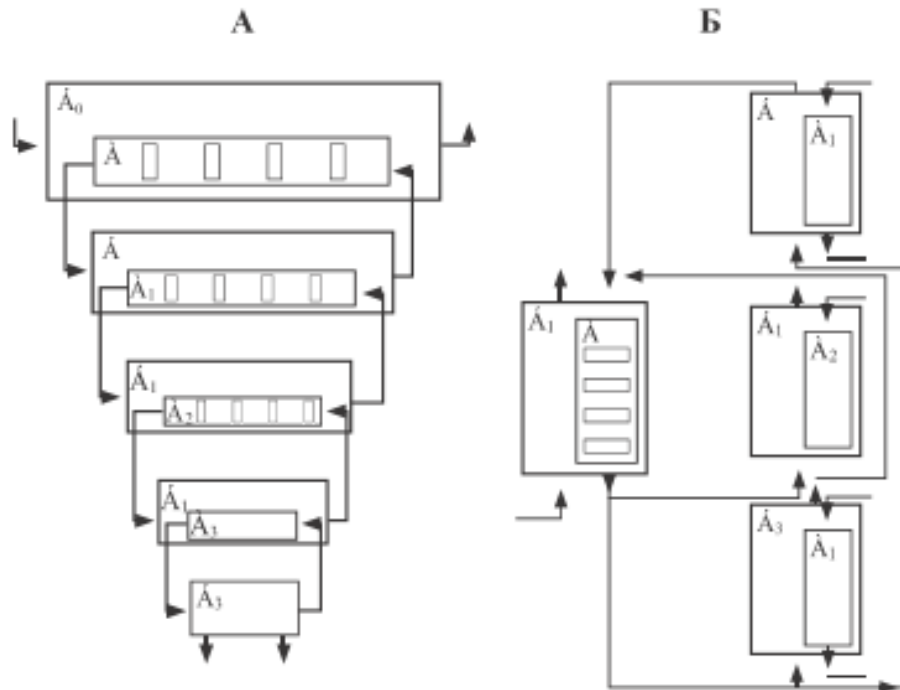


Рисунок 2 – Модель інформаційних завдань підтримки рішень

Система спілкування забезпечує обмін повідомленнями між користувачем і банком даних.

Комплекс засобів спілкування включає: систему управління автономним банком даних, систему телеобробки, систему програмування і ведення навчальних курсів для користувачів, правила опису процесів збору, зберігання, перетворення і передачі інформації.

Модель ІСУСП (рис. 3) в деталізованому вигляді представлена ланцюжками взаємопов'язаних типових конструктивних елементів (модулів), кожен з яких може виконувати над вхідними даними стандартні процедури. Ланцюжки модулів-операторів утворюють мережу, побудовану як результат системного аналізу.

Залежно від потреби інформатизації конкретного завдання підтримки рішення формалізований опис об'єктів, фактів, процесу збору, накопичення і перетворення даних проводиться з використанням набору однозначно тлумачених понять, символів і відносин між ними.

При вирішенні задач підтримки рішення виникає необхідність змінювати шкалу часу, охоплювати розрахунками нові і виключати минулі періоди, тобто забезпечувати безперервність планування, обліку, аналізу і прогнозування [3].

Крім того діюча ІСУСП поки що невідповідна вимогам масштабності та повноти даних, що не забезпечує необхідні умови для підтримки

рішення на виконання завдань управління.

Факти втрат даних, наявність дезінформації в їх складі ще більше загострюють проблему сучасного стану функціонування ІСУСП, що потребує розроблення комплексу заходів щодо її вдосконалення.

Сучасні ІСУСП передбачають широке застосування баз даних для отримання інформації, необхідної для підтримки управлінського рішення.

Однак аналіз функціонування автоматизованих систем управління визначає проблеми, пов'язані з відсутністю систематизації даних різних обліків, дублюванням інформації, наявністю протиріч облікових документів, а також недостатністю повноти отримуваних даних та часової затримки їх надходження до користувача, що ускладнює процедуру підтримки рішення в правоохоронній діяльності [4].

Великі обсяги інформації накопичені у банках даних локальних обчислювальних мереж міністерств і відомств України.

Кожна локальна мережа має свої галузеві бази даних, які створюються та супроводжуються відповідними службами апарату міністерства. Доступ до баз даних здійснюється безпосередньо з робочих місць співробітників [5].

Аналіз практики функціонування автоматизованої системи оперативного інформування

правоохоронних підрозділів визначає недостатність поточного рівня показників ефективності та експлуатаційної надійності ІСУСП, що обґрунтовано низьким рівнем управління інфор-

маційними потоками в складі системи, часовими затримками та обмеженням доступу до інформації, необхідної для підтримки рішення.

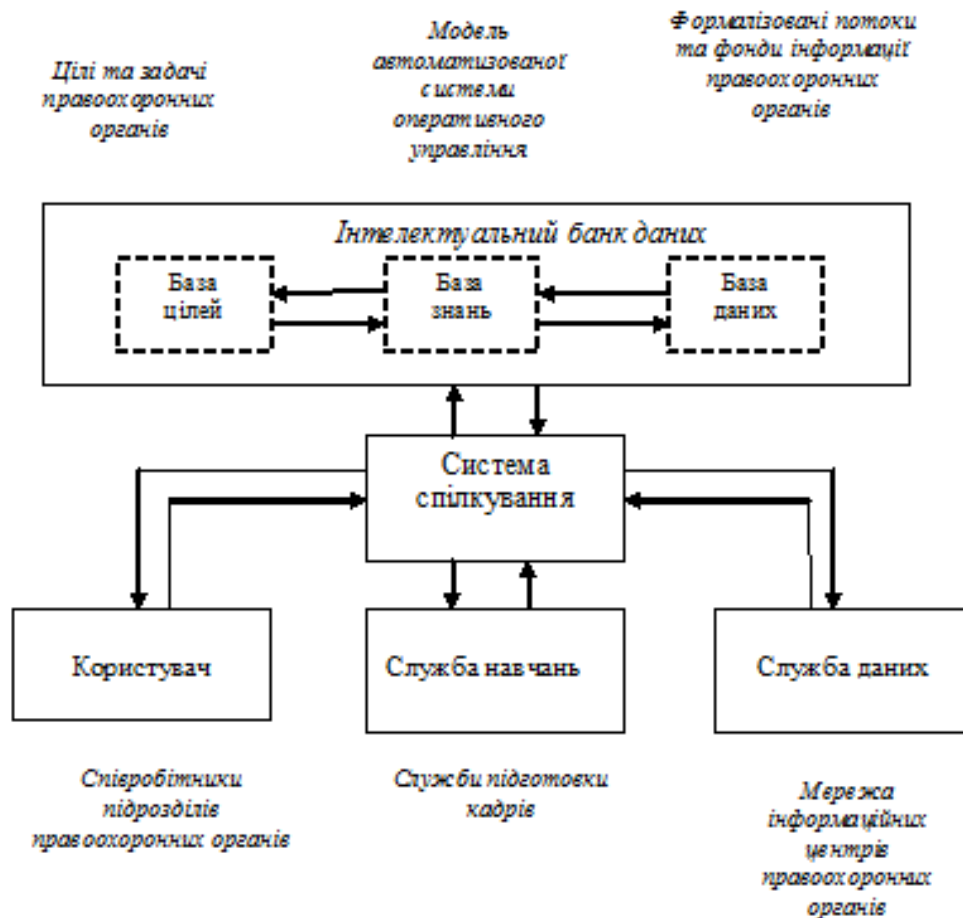


Рисунок 3 – Інтелектуальна модель ІСУСП

Висновки

Таким чином, забезпечити оперативність отримання необхідної інформації для прийняття управлінського рішення діюча ІСУСП в повній мірі не здатна – часові затримки знижують показники актуальності інформації, що визначено відповідною оперативною обстановкою.

Аналіз стану функціонування ІСУСП визначає наявність проблеми невідповідності раціональної організації інформаційної бази, а також забезпечення колективного доступу до неї користувачів.

Щодо способів організації даних у вигляді не зв'язаних між собою баз даних, які характеризуються обов'язковою прив'язкою інформації до кожної задачі, то визначене призводить до низки наступних нагальних до вирішення проблем, а саме: дублювання інформації; нераціонального використання ресурсів системи; неможливості доступу до даних; невідповідності даних, що

зберігаються; недотримання принципу одноразової фіксації даних та інших обмежень і недоліків.

Проведені дослідження визначають, що сучасний стан функціонування ІСУСП не відповідає вимогам поточного рівня показників достовірності, доступності, конфіденційності, масштабованості та повноти даних, а також не є відповідним вимогам поточного рівня показників живучості, відмовостійкості та відновлюваності програмного забезпечення, що вимагає необхідності розробки нових науково-теоретичних основ, моделей та методів підвищення стійкості інформаційної системи відомчого підпорядкування.

Список використаних джерел

1. Системна інформатизація законотворчої та правоохоронної діяльності: монографія / [Кер. авт. кол. Швець М. Я.]; за ред. В. В. Дурдинця та ін. – К.: Навч. книга, 2005. – 639 с.

2. Системна інформатизація правоохоронної діяльності: монографія / [Швець М. Я., Буржинський В. А., Хахановський В. Г. та ін.]; за ред. В. В. Дурдинця, М. Я. Швеця. – К.: НДЦП АПрН України, 2007. – 382 с.

3. Інформаційне забезпечення управлінської діяльності в умовах інформатизації: організаційно-правові питання теорії і практики: монографія / [Гавловський В. Д., Гуцалюк М. В., Швець М. Я. та ін.]; за ред. Р. А. Калюжного, В. О. Шамрая. – К.: АДПС України, 2002. – 296 с.

4. Калюжний Р. А. Автоматизовані системи і засоби обчислювальної техніки у організації і

функціонуванні органів внутрішніх справ / Р. А. Калюжний – К.: КНУВС, 1990. – 193 с.

5. Саницький В. А. Комп'ютеризовані інформаційні підсистеми МВС України у боротьбі зі злочинністю / В. А. Саницький. – К.: АНТЕКС, 1998. – 130 с.

Надійшла до редакції 10.02.2014

Рецензент: д.т.н., доцент, Н. Ф. Хайрова, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

О. В. Бойченко, д.т.н.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В статье проведен анализ современного состояния функционирования информационных систем специального назначения в решении задач организационного управления.

Обоснована необходимость проведения дальнейших исследований по поиску новых научных методов применения современных информационных систем, компьютерной техники и связи в решении специфических задач предприятий и организаций, которые часто решаются в условиях неопределенности, неполной информации, наличии случайных факторов и риска.

Определены несоответствие требований текущего уровня показателей живучести, отказоустойчивости и восстанавливаемости информационных систем управления, а также необходимость разработки новых научно-теоретических основ, моделей и методов повышения устойчивости информационной системы управления специального назначения.

Ключевые слова: информационная система управления специального назначения, информационная задача поддержки решений, дублирование информации, эксплуатационная надежность.

O. V. Boychenko, DSc

MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS SPECIAL

The paper analyzes the current state of information systems special purpose in addressing the challenges of organizational management.

The need for further research in finding new scientific methods for the application of modern information systems, computing, and communication in solving specific tasks of enterprises and organizations, which are often solved under uncertainty, incomplete information, the presence of random factors and risk.

Definitely inadequacy of current indicators of survivability, sustainability and Disclaimer management information systems, and the need for new research and theoretical foundations, models and methods for improving the stability of management information system for special purposes.

Keywords: management information system of special purpose, task information decision support, duplication of information, operational reliability.

А. Л. Ковтунов, С. П. Лещенко, д.т.н.

Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, г. Харьков

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОБЗОРНЫМИ РАДИОЛОКАТОРАМИ С ИМПУЛЬСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИГНАЛОВ С ШИРОКОЙ ПОЛОСОЙ ЧАСТОТ

Проведен анализ возможностей измерения радиальной скорости воздушной цели в пределах одной пачки сигналов с широкой полосой частот в обзорных РЛС с импульсным излучением и низкой частотой повторения зондирующих импульсов, которая не обеспечивает однозначное измерение радиальной скорости цели фазовыми методами.

Ключевые слова: первичная обработка, обзорные РЛС, широкая полоса частот, корреляция сигналов, радиальная скорость воздушной цели.

Введение

Постановка проблемы. Обзорные РЛС, предназначенные для локации воздушных целей, как правило, измеряют только их дальность, азимут и угол места. При выборе частоты повторения зондирующих импульсов исходят, прежде всего, из условия однозначного измерения дальности до воздушной цели:

$$D_{\max} < c / 2F_0. \quad (1)$$

где c – скорость света, F_0 – частота повторения зондирующих импульсов.

При этом удовлетворив требования (1), не обеспечивается однозначное измерение радиальной скорости воздушной цели или доплеровского сдвига по частоте в эхо-сигнале от цели:

$$F_0 > F_{0\max} = 2|V_{r\max}| / \lambda. \quad (2)$$

где $V_{r\max}$ – максимальная радиальная скорость цели, λ – длина волны РЛС.

Большинство обзорных РЛС, как правило, оценку радиальной скорости цели получают на этапе вторичной обработки радиолокационной

информации на не менее чем двух оборотах антенны РЛС по двум смежным оценкам дальности:

$$\tilde{V}_r = (r_2 - r_1) / T_0, \quad (3)$$

где r_2, r_1 – оценки дальности до цели, на смежных оборотах РЛС, T_0 – период обзора РЛС.

При получении оценки радиальной скорости маневрирующей воздушной цели по двум оценкам дальности возникают динамические ошибки вследствие нелинейного изменения радиальной скорости цели за период обзора РЛС (рис.1), что ухудшает вторичную обработку радиолокационной информации.

Анализ литературы. В обзорных РЛС предназначенных для локации воздушных целей применяются зондирующие сигналы с шириной спектра 0,1...5 МГц. Такие сигналы обеспечивают разрешающую способность по дальности 30...1500 м. В этом случае воздушные цели имеющие размер 10...50 м, как правило, находятся в пределах одного элемента разрешения по дальности.

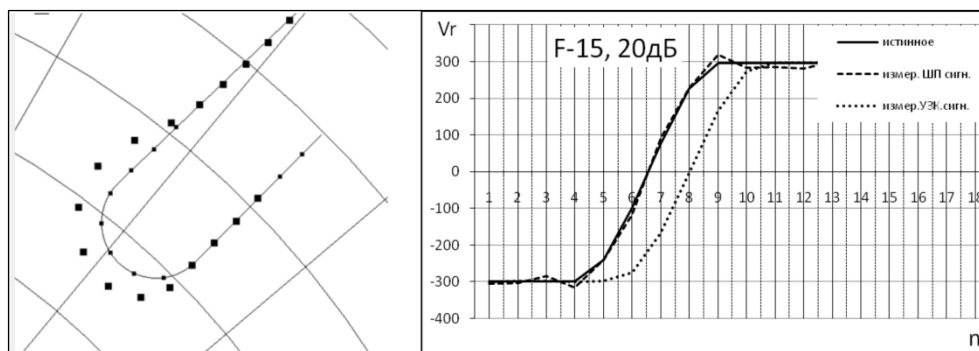


Рисунок 1 – Зависимости динамических ошибок измерения радиальной скорости от номера обзора РЛС и горизонтальная проекция траектории движения цели

В работе рассматривается возможность измерения радиальной скорости цели в обзорных РЛС с шириной спектра ЛЧМ сигнала 150-300 МГц, которая обеспечивает разрешающую способность 0,5...1 м.

В этом случае, в пределах геометрического размера цели находится несколько элементов разрешения по дальности, и отраженный от цели отклик представляет дальностный портрет (ДП) цели (в зарубежной литературе rang profile). Изначально такие сигналы предлагалось использовать для решения задачи радиолокационного распознавания воздушных целей [1, 2]. При этом решение "традиционных" задач радиолокационного обнаружения, измерения координат и сопровождения целей, предлагалось осуществлять с помощью узкополосных сигналов.

Основная часть

За период повторения широкополосных (ШП) зондирующих импульсов цель может пролетать расстояние, существенно превышающее размер элемента разрешения по дальности, при этом происходит смещение дальностных портретов в смежные элементы дальности, величина которого может быть измерена

$$vr_{ij} = \Delta L_{ij} / \Delta t_{ij}, \quad (4)$$

где ΔL_{ij} - смещение по дальности i -го ДП относительно j -го,

Δt_{ij} - интервал времени между получением i -го и j -го ДП. Если период следования зондирующих импульсов T_0 в РЛС не меняется (т.е. возбуждения не используется)

$$\Delta t_{ij} = (i - j) \cdot T_0. \quad (5)$$

Измерение смещения ДП дает возможность производить оценку радиальной скорости ВЦ в пределах одной пачки ШП сигналов. На рис. 2 показана, полученная в результате моделирования пачка ДП от самолета Ту-16 [2]. Можно заметить, что временная задержка ДП в пачке имеет связь с радиальной скоростью цели.

В [3] предложен метод получения оценки радиальной скорости воздушной цели, который реализуется путем анализа временной задержки величин коэффициентов взаимной ковариации ДП в пределах обнаруженной пачки относительно ДП $\dot{A}_{\frac{M-n}{2}}$, который соответствует середине диаграммы направленности антенны.

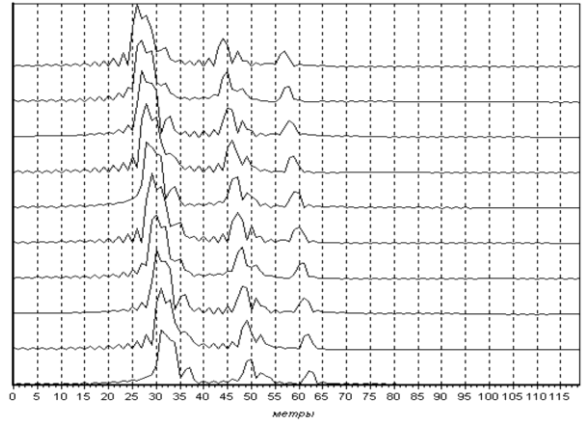


Рисунок 2 – Пачка ДП от самолета Ту-16, летящего со скоростью 800 км/ч, при частоте повторения РЛС 365 Гц

Оценка радиальной скорости производится на основе обработки запомненных ДП $\dot{A}_{nn}$ в пределах обнаруженной пачки ШП сигналов. Рассчитываются коэффициенты взаимной ковариации ДП обнаруженной пачки, с центральным ДП

$$K'_m = \max_i \frac{1}{W(i)} \sum_{n=N1(i)}^{N2(i)} \left| \dot{A}_{\frac{M-n}{2}} \cdot \dot{A}_{(m)(n+i)} \right|, \quad (6)$$

где $-LM/2 \leq i \leq LM/2$, $N1(i) = \max\{1, 1-i\}$, $N2(i) = \min\{N, N-i\}$, $W(i) = N2(i) - N1(i)$.

L – максимальная величина количества дискрет, на которые смещается принятый сигнал, относительно опорного и зависит от максимальной радиальной скорости цели, периода повторения зондирующих импульсов T_0 и длительности дискреты дальности

$$L = (V_{pmax} \cdot T_0) / \Delta_d. \quad (7)$$

M – количество импульсов в пачке, которое рассчитывалось по формуле

$$M = \frac{\theta \cdot F_0}{6 \cdot n}, \quad (8)$$

где n – скорость вращения антенны, θ – ширина диаграммы направленности антенны.

При вычислении коэффициентов взаимной ковариации фиксируется вектор значений сдвигов ДП относительно центрального ДП, при которых значения взаимнокорреляционных функций достигают максимальных значений:

$$\Delta L_m = |\Delta L_1, \Delta L_2 \dots \Delta L_{M-1}|, \quad (9)$$

В результате того, что ДП обнаруженной пачки от импульса к импульсу смещаются на одинаковые интервалы дальности, зависимость в пределах пачки (рис. 4, 30 дБ) имеет линейный участок. Линейный участок зависимости показывает, насколько дискрет Δl происходит задержка воздушной цели по дальности в зависимости от значения радиальной скорости и номера импульса пачки m .

Для обнаружения линейного участка вектора ΔL_m двигаясь от значения $\Delta L_{M/2}$, которое соответствует середине ДН антенны, влево и вправо рассчитываются величины равные:

$$j_1 = |\Delta L_m - \Delta L_{m+1}|; \quad j_2 = |\Delta L_m - \Delta L_{m-1}|;$$

$$J_1 = \sum_{m=1}^{+M/2} |\Delta L_m - \Delta L_{m+1}|; \quad J_2 = \sum_{m=1}^{-M/2} |\Delta L_m - \Delta L_{m-1}|. \quad (10)$$

После чего производится их сравнение с пороговыми значениями:

$$j_1 < L; \quad j_2 < L;$$

$$J_1 < L \cdot M/2; \quad J_2 < L \cdot M/2; \quad (11)$$

где L – величина, рассчитываемая по формуле (7).

По первому превышению порога соответствующими величинами принимаем решение о начале и конце линейного участка вектора ΔL_m .

Может возникнуть ситуация, когда на обнаруженном участке имеются нелинейности, не превышающие пороговые значения. Такое явление может наблюдаться при низком отношении сигнал-шум или сильном проявлении эффектов "турбинной" модуляции эхо-сигналов. Пример зависимости ΔL_m от числа зондирований m рассчитанной для модели В-52, которая наблюдается под ракурсом $115,6^\circ$ и отношении 30 дБ, показан на рис. 3. Поэтому, значения обнаруженного линейного участка вектора ΔL_m сглаживаем методом наименьших квадратов и рассчитываем коэффициенты a и b для аппроксимации закона зависимости ΔL_m от m линейной функцией

$$\Delta l = a \cdot m + b.$$

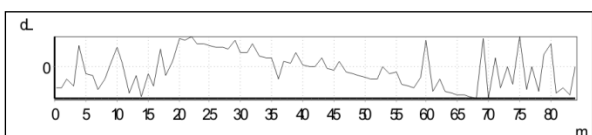


Рисунок 3 – Зависимости ΔL_m от числа зондирований m

Оценка радиальной скорости воздушной цели производится по соотношению

$$\hat{V}_p = (\Delta l \cdot \Delta_d) / m \cdot T_0, \quad (12)$$

где T_0 – период повторения импульсов.

Снижение отношения сигнал-шум приводит к укорачиванию линейного участка измерения, что приводит к увеличению ошибки измерения. Примеры зависимости ΔL_m от m рассчитанные для модели самолета F-15, который летит со скоростью 300 м/с и курсом 0° для разных отношений сигнал-шум показаны на рис. 4. При малых значениях сигнал-шум алгоритм не позволяет делать оценку радиальной скорости цели из-за отсутствия линейного участка вектора ΔL_m . Для реализации данного метода необходимо не менее трех значений ΔL_m связанных между собой линейной зависимостью. Поэтому при отсутствии линейного участка, измерение скорости становится невозможным.

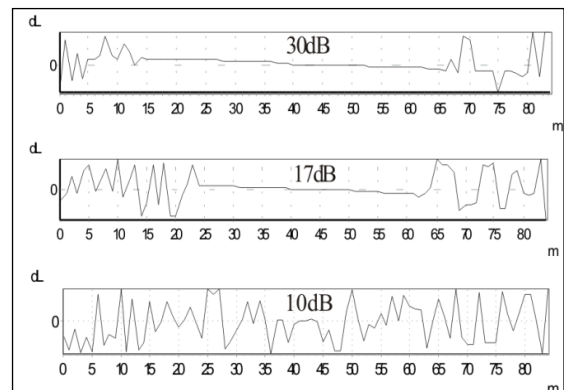


Рисунок 4 – Зависимости ΔL_m от числа зондирований m для разных отношений сигнал-шум

Моделирование с использованием программы [4] показало, что роторная (турбинная) модуляция отраженного ШП сигнала оказывает значительное влияние на взаимную корреляцию ДП в обнаруженной пачке. Из-за роторной (турбинной) модуляции снижение взаимной корреляции ДП в пачке ШП сигналов возможно даже при высоких отношениях сигнал-шум, что приводит к укорачиванию линейного участка и возрастанию ошибки измерения радиальной скорости цели.

На рис. 5 представлены, полученные путем моделирования зависимости полученных оценок радиальной скорости В-52, летящих со скоростью 300 м/с, от ракурса при отношении

сигнал-шум 30 дБ, а также соответствующие им зависимости усредненных в пачке значений коэффициентов взаимной корреляции ДП от курса.

Заметно, что при зондировании РЛС в переднюю полусферу воздушной цели влияние турбинной модуляции приводит к снижению межпериодной корреляции ДП в обнаруженной пачке ШП сигналов и увеличению ошибок измерения радиальной скорости цели. Анализ характера зависимости СКО ошибок измерения радиальной скорости от ракурса модели В-52 показал, что при отсутствии влияния турбинной (роторной) модуляции (зондирование ВЦ в заднюю полусферу рис. 6 курс $q=0^\circ$) ошибки измерения минимальны, при этом обеспечивается высокая корреляция ДП в обнаруженной пачке. При зондировании ВЦ в переднюю полусферу ошибки зависят от взаимного положения компрессоров турбореактивных двигателей относительно РЛС.

Ошибки измерения радиальной скорости заметно возрастают на курсах, когда турбореактивные двигатели в момент зондирования расположены в разных элементах дальности (рис. 6, $q=115^\circ$). Уменьшение ошибок измерения на встречных ракурсах происходит тогда, когда двигатели равноудалены от РЛС, то есть, расположены в одном элементе дальности (рис. 6, $q=135^\circ$).

Оценку усредненного показателя межпериодной корреляции ДП обнаруженной пачки ШП сигнала можно найти при обработке каждой обнаруженной пачки ШП сигнала скользящим «окном» по азимуту, размер которого равняется числу ДП в пачке по выражениям (13–19):

$$\tilde{r} = \frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^{M-1} \dot{U}_\theta[m] \cdot r_m \quad (13)$$

где

$$r_m = \frac{(K_{1m} - K_{4m} \cdot K_{5m} / W(i))}{[(K_{2m} - K_{4m} / W(i))^2 \cdot (K_{3m} - K_{5m} / W(i))^2]^{\frac{1}{2}}}; \quad (14)$$

$$K_{1m} = \max_i \sum_{n=N1(i)}^{N2(i)} |\dot{A}_{mn}| \cdot |\dot{A}_{(m+1)(n+i)}|; \quad (15)$$

$$K_{2m} = \max_i \sum_{n=N1(i)}^{N2(i)} |\dot{A}_{mn}| \cdot |\dot{A}_{m(n+i)}|; \quad (16)$$

$$K_{3m} = \max_i \sum_{n=N1(i)}^{N2(i)} |\dot{A}_{(m+1)n}| \cdot |\dot{A}_{(m+1)(n+i)}|; \quad (17)$$

$$K_{4m} = \max_i \sum_{n=N1(i)}^{N2(i)} |\dot{A}_{m(n+i)}|; \quad (18)$$

$$K_{5m} = \max_i \sum_{n=N1(i)}^{N2(i)} |\dot{A}_{(m+1)(n+i)}|; \quad (19)$$

$\dot{U}_\theta[m]$ – нормировочные коэффициенты, которые соответствуют форме диаграммы направленности антенны.

На рис. 7 представлены полученные путем моделирования графики зависимости СКО измерения радиальной скорости от отношения сигнал-шум для трех типов целей. Как видно из графиков, при отношении сигнал-шум 18-20 дБ (в зависимости от типа цели) обеспечивается точность измерения радиальной скорости не хуже 25 м/с.

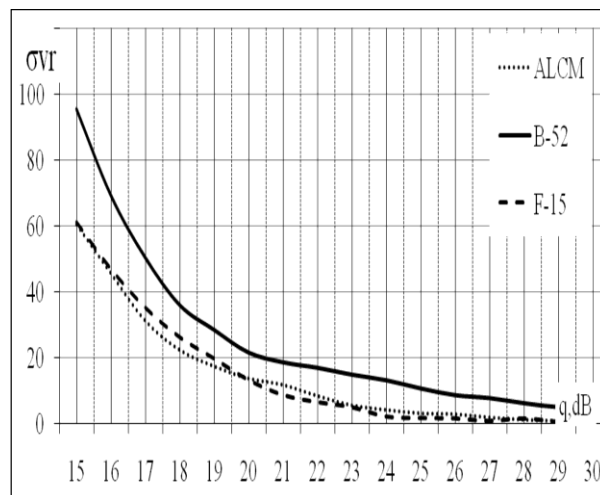


Рисунок 7 - Зависимость усредненной по ракурсам СКО измерения радиальной скорости от отношения сигнал-шум и типа воздушной цели

Также из анализа полученных результатов следует, что точность измерения радиальной скорости не хуже 25 м/с обеспечивается при условии, что оценка усредненного показателя межпериодной корреляции ДП обнаруженной пачки ШП сигналов не менее 0,35-0,45.

Необходимо отметить, что вращение лопастей двигателя вертолета модулирует амплитуду ДП в пачке ШП сигналов на всех ракурсах, что приводит к значительному снижению корреляции смежных ДП в обнаруженной пачке ШП сигналов. Моделирование показало, что измерение радиальной скорости вертолета происходит с большими ошибками, а на некоторых ракурсах измерение становится невозможным.

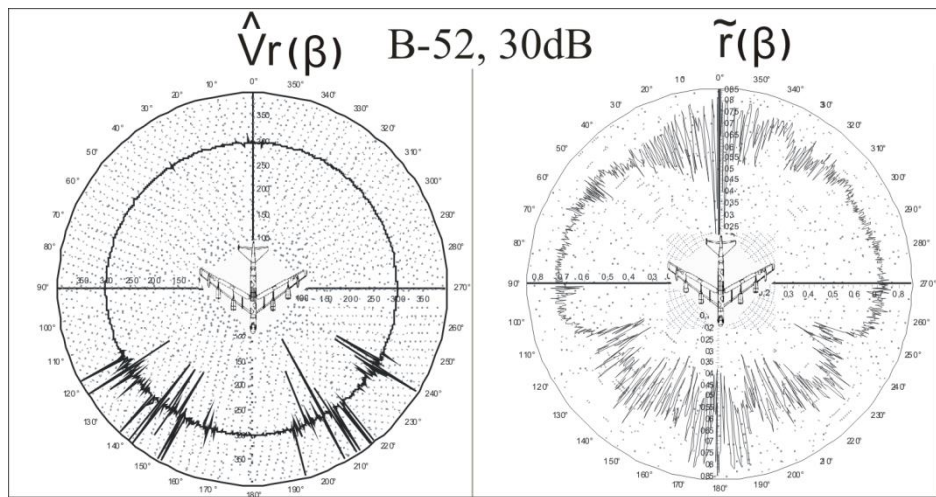


Рисунок 5 - Зависимости ошибки измерения радиальной скорости и коэффициента взаимной корреляции ДП в пачке ШП сигналов от ракурса

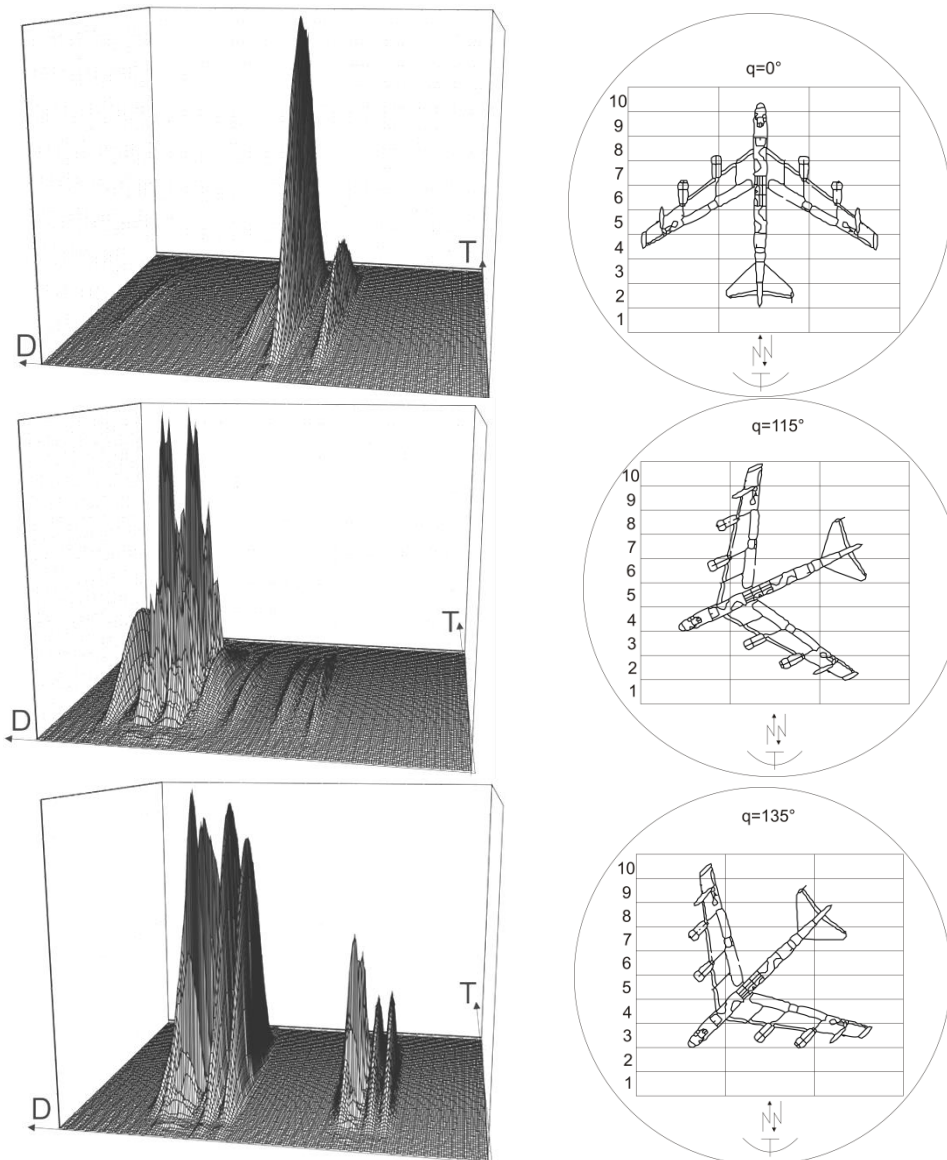


Рисунок 6 - Пример пачек ДП ШП сигналов отраженных от модели B-52 в зависимости от ее ракурса

Выводы

Применение в обзорных РЛС с импульсным излучением сигналов с широкой полосой частот, которая обеспечивает разрешение воздушных целей по дальности, позволяет получать оценку радиальной скорости в пределах одной пачки сигналов. При отношении сигнал-шум более 18-20 дБ и величине усредненного показателя межпериодной корреляции ДП обнаруженной пачки ШП сигналов более 0,35-0,45 обеспечивается СКО ошибок измерения радиальной скорости менее 25 м/с.

Учет, полученной оценки радиальной скорости позволяет улучшить методы вторичной обработки радиолокационной информации на этапах, как обнаружения, так и сопровождения трасс воздушных целей. Дополнительная информация о радиальной скорости цели может позволить более точное оценивание параметров траектории цели, особенно при интенсивном ее маневрировании. Кроме того информация о радиальной скорости цели может быть использована для уменьшения неопределенности при установлении корреляционных связей между отметками и траекториями в сложных ситуациях.

Список использованных источников

1. Ширман Я. Д. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование / Я. Д. Ширман, С. А. Горшков, С. П. Лещенко, Братченко Г. Д. и др. // Радиолокация и радиометрия. – № 2 – М.: Радиотехника, 2000. – С. 5–65.
2. Лещенко С. П. Развитие теории и техники радиолокационного распознавания воздушных целей / С. П. Лещенко // Прикладная радиоэлектроника, 2009. – Т. 8.– Вып. 4. – С. 490–496.
3. Ковтунов А. Л. Методи виявлення широкосмугових сигналів та виміру радіальної швидкості цілі в оглядових РЛС / А. Л. Ковтунов, С. П. Лещенко // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 4(33). – С. 78–81.
4. Radar Target Backscattering Simulation Software and User's Manual / Gorshkov S. A., Leshchenko S. P., Orlenko V. M., Sedyshev S. Yu, Shirman Y. D. – Boston-London: Artech House, 2002. – 71 p.

Поступила в редакцию 19.12.2013

Рецензент: д.т.н, проф. О. І. Сухаревський, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків.

А. Л. Ковтунов, С. П. Лещенко, д.т.н.

МОЖЛИВОСТІ ВИМІРУ РАДІАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ОГЛЯДОВИМИ РАДІОЛОКАТОРАМИ З ІМПУЛЬСНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СИГНАЛІВ ІЗ ШИРОКОЮ СМУГОЮ ЧАСТОТ

Проведено аналіз можливостей виміру радіальної швидкості повітряної цілі в межах однієї пачки сигналів із широкою смугою частот в оглядових РЛС із імпульсним випромінюванням і низькою частотою повторення зондувальних імпульсів, що не забезпечує однозначний вимір радіальної швидкості цілі фазовими методами.

Ключові слова: первинна обробка, оглядові РЛС, широка смуга частот, кореляція сигналів, радіальна швидкість повітряної цілі.

A. L. Kovtunov, S. P. Leshenko, DSc

ABILITY TO MEASURE THE RADIAL VELOCITY OF SURVEILLANCE RADAR WITH A PULSED RADIATION WITH WIDE BANDWIDTH SIGNALS

The analysis of the radial velocity measurement capability in aerial target surveillance radars using broadband signals. Measurement was carried out in the range of one reflected packet. Thus the frequency of probing pulses fail to measure radial speed with phases methods.

Keywords: primary processing, surveillance radars, wide frequency band, the correlation of signals, the radial velocity of air target.

Б. А. Демьянчук¹, д.т.н., А. Ф. Дяченко², к.т.н., Н. В. Оленев², к.т.н.

¹ Военная академия, г. Одесса

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

СТАТИСТИКА ИНТЕНСИВНОСТЕЙ МЕШАЮЩИХ СИГНАЛОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА

Методом отношения правдоподобия получены значения вероятностей наблюдения суммы мешающих сигналов с заданным уровнем ее интенсивности в конкретной точке измерительной безэховой камеры.

Путем применения функционала плотности вероятности с большим параметром для случайных мешающих сигналов, отраженных от стенок камеры, а также случайных искажающих сигналов, отраженных от ребер микроволновой камеры, интерферирующих в заданной точке, получена функция правдоподобия параметров, зависящих от длин путей, пройденных мешающими сигналами в типовой камере туннельного типа. Усреднение функции правдоподобия осуществляется по $8n$ -мерному вектору случайных параметров. Вычислены значения вероятностей наблюдения суммы мешающих сигналов с заданным уровнем её интенсивности в конкретной точке.

Ключевые слова: безэховая камера, статистические параметры, мешающие сигналы, камера туннельного типа, интенсивности отражений.

Методические приёмы определения электродинамических характеристик суммарного (результатирующего) сигнала в безэховой камере прямоугольной формы изложены в работах [1, 2]. Применение этих приёмов позволяет оценивать значение электромагнитного поля в заданной точке рабочего объёма такой камеры, если отражающие характеристики бликующего её участка и характеристики направленности излучателя точно известны. Способ ослабления мешающих отражений от стен камеры предложен в [1]. Принцип обустройства покрытий, ослабляющих отражения от металлических стенок, а также принципы взаимодействия полей со средой с потерями изложены в [3, С. 218-231].

Однако, при применении камер туннельного типа с одной неотражающей, например, передней стенкой, даже при наличии точного согласования поперечных геометрических размеров основного лепестка диаграммы направленности с геометрическими размерами этой стенки, меры, исключающие мешающие отражения, нуждаются в предварительном обосновании, т.к. приходится иметь дело с мешающими отражениями от четырех боковых стенок камеры по первому боковому лепестку диаграммы направленности излучателя в этой камере. Интенсивность мешающего результирующего сигнала из-за интерференции четырёх отраженных от стенок сигналов может оказаться максимальной, минимальной или некоторой средней по уровню, т.е., по существу, непредсказуемой, потому что свою лепту вносят здесь многочисленные дополнительно искажаю-

щие картину сигналы, переотраженные от рёбер камеры, порождаемые множеством кроссполяризационных составляющих, случайным образом ориентированных в пространстве и не поддающихся объективному учету.

В связи с этим возникает практическая необходимость оценивания вероятностных показателей уровня указанной интенсивности. Между тем, теоретические рекомендации решения этой задачи в известных публикациях в настоящее время отсутствуют, возможно, из-за весьма сложной процедуры её корректного точного решения.

С целью составить представление о значениях вероятностей наблюдения суммы мешающих сигналов с заданным уровнем её интенсивности в конкретной точке объёма камеры, ниже решается оригинальная задача статистического оценивания результатов интерференции сигналов в безэховой микроволновой камере прямоугольной формы туннельного типа при недостаточной концентрации поля, когда результирующий сигнал, например, в центре неотражающей стенки камеры складывается из суммы соизмеримых по величине сигналов, отраженных от боковых стенок камеры и отличающихся, прежде всего, сдвигом по фазе.

Четыре разнесенных в пространстве почти параллельных луча, т.е. две пространственно разнесенных пары лучей, отражённые от четырех боковых стенок камеры, складываются в конкретной точке поверхности у неотражающей стенки, например, в фазе или в противофазе.

Именно эти крайние ситуации представляются здесь наиболее критичными, поскольку приводят к наибольшему уровню локальной неравномерности поля из-за мешающих переотражений.

Интерференционная картина поля в рассматриваемой камере из-за мешающих переотражений всегда является случайной, поскольку сигналы, отражённые от её стенок, имеют случайную амплитуду и случайную начальную фазу, причём в каждой конкретной точке объёма камеры интенсивность поля может оказаться какой-то средней между нулевой и максимальной по величине. Представляется полезным отыскание послеопытных вероятностей появления каждой из трёх возможных ситуаций:

1) все четыре мешающих сигнала от стенок камеры складываются в фазе, что соответствует наблюдению максимума;

2) одна пара сигналов от параллельных стенок камеры отличается от другой пары сигналов фазой, равной π , что характерно случаю наблюдения минимума;

3) три сигнала, имеют одинаковую фазу, а четвертый имеет фазу, отличающуюся на π , что соответствует случаю наблюдения некоторого среднего уровня.

Считается, что эти три ситуации составляют полную группу событий. Решение задачи позволило бы составить представление о значениях вероятностей получения (в заданной точке камеры) поля с заданным уровнем его локальной неравномерности. Сформулируем задачу, подлежащую решению.

Вывод функции правдоподобия для сигналов СВЧ-генератора, имеющих случайные фазы и амплитуды и вводимых в камеру с помощью излучателя в её задней стенке, переотраженных от её четырех стенок и оказавшихся в заданной точке противоположной неотражающей стенки камеры, где обычно осуществляются точные измерения поля, осуществим при следующих предположениях.

Полагаем, что генератор подключен к излучающему раскрыву, питающему камеру. С выходом излучателя связаны четыре парциальных луча и соответствующие им парциальные сигналы, переотраженные от четырех (попарно равноудаленных от центра излучения) металлических стенок камеры.

Интенсивности сигналов являются соизмеримыми. Сигналы с выхода излучателя после отражения от своей пары стенок могут складываться или вычитаться в зависимости от взаимного удаления и размеров стенок.

Каждый из двух каналов прохождения сигналов в камере в горизонтальной и вертикальной

плоскостях добавляет к основному сигналу с его случайной амплитудой и фазой свою искажающую случайную по амплитуде и фазе составляющую. Эти искажающие составляющие считаются независимыми процессами.

Для определенности считается, что сигналы, попадающие в конкретную точку объёма камеры, наблюдаются в полосе частот, равной Δf , на интервалах времени, равных T , т.е. имеем n независимых наблюдений в виде

$$(t_1 - T, t_1); (t_2 - T, t_2); \dots; (t_k - T, t_k); \dots; (t_n - T, t_n),$$

причем выполняются соотношения:

$$\frac{1}{f} \ll T < \frac{1}{\Delta f}, \quad (t_k - T, t_k) > \frac{1}{\Delta f}, \quad k = \overline{1, n}.$$

Каждый из сигналов, прошедший по своему пути в камере, является узкополосным нормальным процессом с нулевым средним значением.

На небольшом интервале наблюдения T k -го интервала дискретизации, вводимые в камеру сигналы, отраженные от попарно противоположных стенок камеры, с учетом собственных, также случайных, но менее мощных (с амплитудами n_k, m_k), искажающих добавок в указанных двух каналах, для отмеченных выше условий имеют вид:

$$x_{2k}(t) = s_{1k} \cos(2\pi ft + \psi_{1k}) + s_{2k} \cos(2\pi ft + \psi_{2k}) + n_k \cos(2\pi ft + \nu_k), \quad (1)$$

$$x_{1k}(t) = \lambda_1 s_{1k} \cos(2\pi ft + \psi_{1k}) + \lambda_2 s_{2k} \cos(2\pi ft + \psi_{2k}) + m_k \cos(2\pi ft + \mu_k),$$

где $s_{1k}(s_{2k})$ – распределенная по закону Релея огибающая сигнала с параметром $\rho_{c1}^2(\rho_{c2}^2)$, который равен мощности сигнала на выходе канала его распространения в заданную точку камеры;

$n_k(m_k)$ – распределенная по закону Релея огибающая искажающей добавки с параметром $\sigma_\Sigma^2 = \sigma_\Lambda^2 = \sigma^2$;

$\psi_{1k}, \psi_{2k}, \nu_k, \mu_k$ – случайные начальные фазы сигналов, равномерно распределенные на интервале длительностью 2π ;

λ_1, λ_2 – параметры, примерно равные единице, одинакового или противоположного знака, зависящие от длин путей, пройденных сигналами в камере, т.е. от взаимного удаления и соотношения размеров стенок камеры, а также от коэффициента отражения поля от этих стенок.

При применении функционала плотности вероятности с большим параметром α функция правдоподобия параметров $\lambda^T = (\lambda_1, \lambda_2)$ равняется

$$L(\lambda^T) = \left\langle \prod_{k=1}^n \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \exp \left\{ -\frac{\alpha^2}{T} \times \int_{t_k-T}^{t_k} \left[x_{\Sigma k}(t) - s_{1k} \cos(2\pi ft + \psi_{1k}) - s_{2k} \cos(2\pi ft + \psi_{2k}) - n_k \cos(2\pi ft + v_k) \right]^2 dt \right\} \times \right. \\ \left. \times \exp \left\{ -\frac{\alpha^2}{T} \times \int_{t_k-T}^{t_k} \left[x_{\Sigma k}(t) - \lambda_1 s_{1k} \cos(2\pi ft + \psi_{1k}) - \lambda_2 s_{2k} \cos(2\pi ft + \psi_{2k}) - m_k \cos(2\pi ft + \mu_k) \right]^2 dt \right\} \right\rangle \theta^T, \quad (2)$$

где $\theta^T = (s_{1k}, s_{2k}, n_k, m_k, v_k, \mu_k, \psi_{1k}, \psi_{2k})$ – многомерный, т.е. $8n$ -мерный, вектор случайных параметров складывающихся сигналов, причем

$$s_1^T = (s_{11}, s_{12}, \dots, s_{1n}); \dots \mu^T = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n);$$

$\langle \dots \rangle$ – означает статистическое усреднение по восьми n -мерным случайным векторам, т.е. по случайным величинам в количестве $8n$.

В силу независимости амплитуд и начальных фаз сигналов на соседних интервалах дискретизации (поскольку выбрано $T < \Delta f^{-1}$, $(t_k - T, t_k) > \Delta f^{-1}$), среднее произведение сомножителей в (2) может быть заменено произведением их средних значений.

После алгебраических и тригонометрических преобразований выражений в квадратных скобках (2), возведённых в квадрат, обозначив

$$x_{\Sigma k_s^c} = \frac{1}{T} \int_{t_k-T}^{t_k} x_{\Sigma k}^{\cos} 2\pi ft dt; \\ x_{\Delta k_s^c} = \frac{1}{T} \int_{t_k-T}^{t_k} x_{\Delta k}^{\cos} 2\pi ft dt; \quad (3) \\ s_{1,2k_s^c} = s_{1k}^{\cos} \psi_{1k} + s_{2k}^{\cos} \psi_{2k}; \\ s_{1,2k_s^c}^{\lambda} = \lambda_1 s_{1k}^{\cos} \psi_{1k} + \lambda_2 s_{2k}^{\cos} \psi_{2k},$$

группируя составляющие, которые содержат случайные параметры искажающих сигналов, в результате последовательного усреднения (2) по случайным параметрам $v_k, \mu_k, n_k, m_k, \psi_{1k},$

$s_{1k}, \psi_{2k}, s_{2k}$ с учетом определений: модифицированной функции Бесселя, γ -функции, функции Уиттекера и ϕ -функции, переходя к пределу при $\alpha \rightarrow \infty$ и применив обозначения

$$q_1 = \frac{\rho_{c1}^2}{\sigma^2}; \quad q_2 = \frac{\rho_{c2}^2}{\sigma^2}; \quad A_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{\Sigma k}^2 + x_{\Sigma ks}^2); \\ \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{\Sigma k} x_{\Delta k} + x_{\Sigma ks} x_{\Delta ks}); \quad A_{\Delta}^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{\Delta k}^2 + x_{\Delta ks}^2), \quad (4)$$

получим функцию правдоподобия в достаточно компактном виде

$$L(\lambda_1, \lambda_2) = \left[1 + q_1 + q_2 + q_1 \lambda_1^2 + q_2 \lambda_2^2 + q_1 q_2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2 \right]^{-n} \times \\ \times \exp \left\{ \frac{n}{\sigma^2} \left[1 + q_1 + q_2 + q_1 \lambda_1^2 + q_2 \lambda_2^2 + q_1 q_2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2 \right]^{-1} \times \right. \\ \left. \times \left\{ A_2^2 \left[\frac{q_1 + q_2 + q_1 q_2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2}{1 + q_1 + q_2 + q_1 \lambda_1^2 + q_2 \lambda_2^2 + q_1 q_2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2} \right] + \right. \right. \\ \left. \left. + A_{\Delta}^2 \left[\frac{q_1 \lambda_1^2 + q_2 \lambda_2^2 + q_1 q_2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2}{1 + q_1 + q_2 + q_1 \lambda_1^2 + q_2 \lambda_2^2 + q_1 q_2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2} \right] + 2\bar{x}(q_1 \lambda_1 + q_2 \lambda_2) \right\} \right\}, \quad (5)$$

где A_2^2, A_{Δ}^2 – интенсивности мешающих пар сигналов, отраженных от боковых вертикальных и горизонтальных стенок микроволновой камеры;

$\bar{x}$ – интенсивность результирующего сигнала интерференции двух пар сигналов: синфазных и противофазных;

q_i – отношение мощности отраженного от стенки и искажающего сигналов i -ой пары; $i = 1, 2$.

В ситуации, обычно имеющей место на практике, справедливо считать, что $q_1 = q_2 = q$; $\|\lambda_1\| = \|\lambda_2\| = 1$. При этом функция правдоподобия (5) принимает вид

$$L(\lambda_1, \lambda_2) = \left[1 + 4q + q^2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2 \right]^{-n} \times \\ \times \exp \left\{ \frac{n}{\sigma^2} \left[1 + 4q + q^2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2 \right]^{-1} \times \right. \\ \left. \times \left[A_2^2 (2q + q^2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2) + A_{\Delta}^2 (2q + q^2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2) + 2\bar{x}q (\lambda_1 + \lambda_2) \right] \right\}. \quad (6)$$

Для рассматриваемой задачи наблюдения в заданной точке максимумов и минимумов электромагнитного поля применим обобщенный критерий отношения правдоподобия, когда крайние

значения функции (6) сравниваются с её средним по величине значением, которое согласно (6) и исходным условиям равняется

$$L(\lambda_1 = 1, \lambda_2 = -1) = \frac{1}{(1+2q)^{2n}} \times \exp \left\{ \frac{2n}{\sigma^2} \frac{2q}{1+2q} [A_\Sigma^2 + A_\Lambda^2] \right\}, \quad (7)$$

где согласно (1) и (4) в ситуации $\lambda_1 = 1, \lambda_2 = -1$ имеем:

$$A_\Sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left[\left(\frac{1}{2} \int_{t_k-T}^{t_k} x_{\Sigma k} \cos 2\pi f t dt \right)^2 + \left(\frac{1}{2} \int_{t_k-T}^{t_k} x_{\Sigma k} \sin 2\pi f t dt \right)^2 \right] = \frac{1}{2} \left(\rho^2 + \frac{\sigma^2}{2} \right); \quad (8)$$

$$A_\Lambda^2 = \frac{1}{2} \left(\rho^2 + \frac{\sigma^2}{2} \right).$$

В результате находим

$$L(1; -1) = \frac{1}{(1+2q)^{2n}} \exp \{2nq\}. \quad (9)$$

Критерии для принятия решения о наблюдении максимумов и минимумов поля имеют вид:

$$\frac{\max L(\lambda_1, \lambda_2)}{L(1; -1)} > 1; \quad (10)$$

$$\frac{\min L(\lambda_1, \lambda_2)}{L(1; -1)} < 1. \quad (11)$$

Максимальное значение $L(\lambda_1, \lambda_2)$ в соответствии с (1) и (7) имеет место при $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$. При этом слагаемое $\bar{x}$ перестает быть интерференционным членом и, согласно (4), примерно равняется A_Σ^2 , а $A_\Lambda^2 = A_\Sigma^2$.

При этом согласно (9) находим $\max L(\lambda_1, \lambda_2)$ в виде

$$\max L(\lambda_1, \lambda_2) = L(1, 1) = \frac{1}{(1+4q)^n} \times \exp \left\{ \frac{2n}{\sigma^2} \frac{2q}{1+4q} [A_\Sigma^2 + 2\bar{x} + A_\Lambda^2] \right\} = \quad (12)$$

$$= \frac{1}{(1+4q)^n} \exp \left\{ 4nq \frac{1+2q}{1+4q} \right\}.$$

Подставляя (12) и (9) в (10), находим алгоритм для принятия решения о наблюдении мак-

симула поля в заданной точке объема микроволновой камеры

$$z = \frac{(1+2q)^{2n}}{(1+4q)^n} \exp \left\{ n \frac{2q}{1+4q} \right\} > 1. \quad (13)$$

Минимальное значение $L(\lambda_1, \lambda_2)$, согласно (1), (4), (7), имеет место при $\lambda_1 = \lambda_2 = -1$. При этом, поскольку $A_\Lambda^2 = A_\Sigma^2 = \bar{x}$, то

$$\min L(\lambda_1, \lambda_2) = L(-1, -1) = (1+4q)^{-n}. \quad (14)$$

Подставляя (14) и (9) в (11), получим алгоритм для принятия решения о наблюдении минимума поля в микроволновой камере

$$z = \frac{(1+2q)^{2n}}{(1+4q)^n} \exp \{-2nq\} < 1. \quad (15)$$

Считаем, что при отсутствии в камере максимума или минимума поля проекции релеевского вектора огибающей z являются центрированными гауссовыми величинами с дисперсией, равной единице

$$\sigma_{z_1}^2 = 1,$$

поскольку, согласно (13) и (15), единица является признаком нулевой гипотезы, а отличие дисперсии сигнала от единицы в одну или другую сторону является признаком наблюдения в камере неравномерности одного или другого вида.

При наблюдении в камере максимума поля проекции релеевского вектора огибающей сигнала согласно (13) имеют дисперсию

$$\sigma_{z_2}^2 = \frac{(1+2q)^{2n}}{(1+4q)^n} \exp \left\{ n \frac{2q}{1+4q} \right\}, \quad (16)$$

а при наблюдении минимума поля дисперсия проекции вектора огибающей согласно (15) равняется

$$\sigma_{z_0}^2 = \frac{(1+2q)^{2n}}{(1+4q)^n} \exp \{-2nq\}. \quad (17)$$

Следовательно, плотности вероятностей наблюдаемых огибающих сигналов для указанных трех случаев имеют вид:

$$w_1(z) = \frac{z}{\sigma_{z_1}^2} \exp \left\{ -\frac{z^2}{2\sigma_{z_1}^2} \right\}, \quad \sigma_{z_1}^2 = 1;$$

$$w_2(z) = \frac{z}{\sigma_{z_2}^2} \exp \left\{ -\frac{z^2}{2\sigma_{z_2}^2} \right\}, \quad \sigma_{z_2}^2 > 1; \quad (18)$$

$$w_0(z) = \frac{z}{\sigma_{z_0}^2} \exp \left\{ -\frac{z^2}{2\sigma_{z_0}^2} \right\}, \quad \sigma_{z_0}^2 < 1.$$

С целью принятия решений о факте наблюдения в камере заданного уровня мешающего сигнала, например, по критерию идеального наблюдателя, определим пороговые значения z из соотношений (рис. 1)

$$w_0(z_{01}) = w_1(z_{01}); \quad w_1(z_{12}) = w_2(z_{12}). \quad (19)$$

Подставляя (18) в (19), находим z_{01} и z_{12} в виде:

$$z_{01} = \left[\frac{2\sigma_{z_0}^2 \ln \sigma_{z_0}^2}{\sigma_{z_0}^2 - 1} \right]^{\frac{1}{2}}; \quad (20)$$

$$z_{12} = \left[\frac{2\sigma_{z_2}^2 \ln \sigma_{z_2}^2}{\sigma_{z_2}^2 - 1} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (21)$$

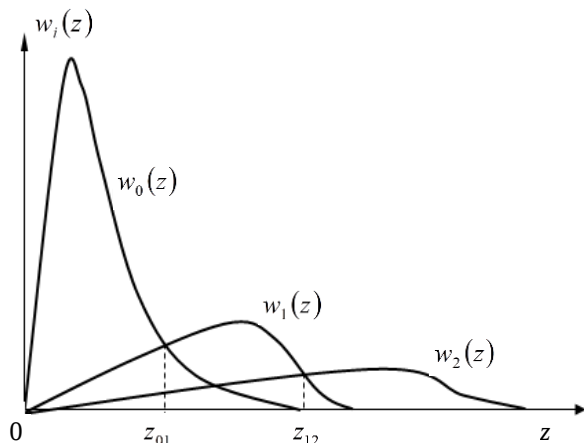


Рисунок 1 - Плотности вероятностей наблюдения минимального, среднего, и максимального уровней мешающих сигналов в безэховой камере туннельного типа

Приведем примеры, иллюстрирующие зависимость дисперсий законов распределения наблюдаемых уровней поля, и, следовательно, пороговых уровней (20) и (21), от соотношения между интенсивностями основного мешающего сигнала в камере и искажающих этот сигнал переотражений, например, от ребер безэховой камеры туннельного типа.

Примеры:

$$a) \quad q = \frac{\rho^2}{\sigma^2} = 1; \quad n = 3.$$

Дисперсии проекций вектора огибающей мешающего сигнала согласно (16) и (17) равняются:

при наблюдении минимума

$$\sigma_{z_0}^2 = \frac{(1+2 \cdot 1)^{2 \cdot 3}}{(1+4 \cdot 1)^3} \exp \{-2 \cdot 3 \cdot 1\} = 0,0145;$$

$$\sigma_{z_0} = 0,12;$$

при наблюдении среднего значения

$$\sigma_{z_1}^2 = 1; \quad \sigma_{z_1} = 1;$$

при наблюдении максимума

$$\sigma_{z_2}^2 = \frac{(1+2 \cdot 1)^{2 \cdot 3}}{(1+4 \cdot 1)^3} \exp \left\{ 3 \frac{2 \cdot 1}{1+4 \cdot 1} \right\} = 19,36;$$

$$\sigma_{z_2} = 4,4.$$

Пороговые уровни, согласно (20), (21) имеют вид

$$z_{12} = \left[\frac{2 \cdot 19,36 \ln 19,36}{19,36 - 1} \right]^{\frac{1}{2}} = 2,5;$$

$$z_{01} = \left[\frac{2 \cdot 0,0145 \ln 0,0145}{0,0145 - 1} \right]^{\frac{1}{2}} = 0,35;$$

$$b) \quad q = 2; \quad n = 3.$$

$$\sigma_{z_0}^2 = \frac{(1+2 \cdot 2)^{2 \cdot 3}}{(1+4 \cdot 2)^3} \exp \{-2 \cdot 3 \cdot 2\} = 10^{-4};$$

$$\sigma_{z_0} = 10^{-2};$$

$$\sigma_{z_1}^2 = 1; \quad \sigma_{z_1} = 1;$$

$$\sigma_{z_2}^2 = \frac{(1+2 \cdot 2)^{2 \cdot 3}}{(1+4 \cdot 2)^3} \exp \left\{ 3 \frac{2 \cdot 2}{1+4 \cdot 2} \right\} = 45,3;$$

$$\sigma_{z_2} = 6,73;$$

$$z_{12} = \left[\frac{2 \cdot 45,3 \ln 45,3}{45,3 - 1} \right]^{\frac{1}{2}} = 1,73;$$

$$z_{01} = \left[\frac{2 \cdot 10^{-4} \ln 10^{-4}}{0,0001 - 1} \right]^{\frac{1}{2}} = 0,04.$$

Эти примеры показывают естественное усиление различимости наблюдаемых мешающих

уровней поля в камере при уменьшении интенсивности искажающих сигналов.

Теперь, когда известны плотности вероятностей наблюдаемых искомым уровней сигналов, установлены критерии принятия решений, пороговые уровни для применения решающих правил, определим вероятность наличия минимального, максимального или некоторого среднего уровней поля в заданной наблюдаемой точке камеры, если априорные значения вероятностей указанных событий считаются одинаковыми.

Апостериорная вероятность наблюдения минимального уровня мешающего сигнала равняется

$$P_{\min} = \frac{1}{3} \int_0^{z_{01}} \frac{z}{\sigma_{z_0}^2} \exp \left\{ -\frac{z^2}{2\sigma_{z_0}^2} \right\} dz = \frac{1}{3} \left[1 - \exp \left(-\frac{z_{01}^2}{2\sigma_{z_0}^2} \right) \right]. \quad (22)$$

Вероятность наблюдения максимального уровня наблюдаемого сигнала имеет вид

$$P_{\max} = \frac{1}{3} \int_{z_{12}}^{\infty} \frac{z}{\sigma_{z_2}^2} \exp \left\{ -\frac{z^2}{2\sigma_{z_2}^2} \right\} dz = \frac{1}{3} \left[1 - \exp \left(-\frac{z_{12}^2}{2\sigma_{z_2}^2} \right) \right]. \quad (23)$$

Вероятность наблюдения некоторого среднего уровня поля согласно (18) равняется

$$P_{\text{cp}} = \frac{1}{3} \int_{z_{01}}^{z_{12}} \frac{z}{\sigma_{z_1}^2} \exp \left\{ -\frac{z^2}{2\sigma_{z_1}^2} \right\} dz = \frac{1}{3} \int_{z_{01}}^{z_{12}} z \exp \left\{ -\frac{1}{2} z^2 \right\} dz = \frac{1}{3} \left[\exp \left(-z_{01}^2 \frac{1}{2} \right) - \exp \left(-z_{12}^2 \frac{1}{2} \right) \right]. \quad (24)$$

Вычисляя статические показатели уровня мешающего поля в камере для условий приведенного примера согласно (22), (23), (24) получим

а) $q=1$; $n=3$; $P_{\max}=0,328$; $P_{\min}=0,284$; $P_{\text{cp}}=0,306$.

б) $q=2$; $n=3$; $P_{\max}=0,323$; $P_{\min}=0,233$; $P_{\text{cp}}=0,278$.

Таким образом, при недостаточной концентрации поля в безэховой камере туннельного типа и известном отношении мощностей мешаю-

щих сигналов, излучаемых в направлении боковых лепестков диаграммы направленности, к мощности шумовых искажающих измерения сигналов, возможно оценивание по предлагаемой методике вероятностей наблюдения минимальных, максимальных и некоторых промежуточных уровней мешающих сигналов в следующей последовательности.

1) Оцениваются минимальный и максимальный уровни мощности смеси мешающих и искажающих сигналов в исследуемой точке камеры по множеству равных интервалов наблюдения;

2) Вычисляются значения пороговых уровней, устанавливаемых по критерию идеального наблюдателя по формулам (19, 20);

3) Определяются послеопытные вероятности наблюдения конкретных уровней мешающих сигналов в соответствии с формулами (22–24).

Пример вычисления этих вероятностей показывает, что при увеличении в 2 раза уровня искажающих сигналов, вероятность наблюдения в заданной точке некоторого среднего уровня мешающих сигналов увеличивается в 1,3 раза. Отсюда следует целесообразность обустройства радиопоглощающими материалами не только передней стенки, но и ребер безэховой камеры туннельного типа.

В заключение отметим, что, имея распределение (рис. 1) уровней мешающих сигналов при наличии искажающих, несложно оценить погрешности оценивания величин апостериорных вероятностей наблюдения тех или иных уровней искажающих сигналов по рассмотренным формулам. Поэтому ограничимся здесь проверенным утверждением о том, что относительные ошибки оценивания величин этих апостериорных вероятностей реально не превышают единиц процентов. Данная методика открывает возможности оценивания доверительных интервалов для результатов измерений интенсивности сигналов в безэховой камере.

Список использованных источников

1. Мицмахер М. Ю. Безэховые камеры СВЧ / М. Ю. Мицмахер, В. А. Торгованов. – М.: Радио и связь, 1982. – 128 с.
2. Алимин Б. Ф. Техника расчета отражения и рассеяния от поглотителей электромагнитных волн. Обзор / Б. Ф. Алимин // Зарубежная радиоэлектроника. – 1977. – № 3. – С. 128–151.
3. Демьянчук Б. А. Принципы и применения микроволнового нагрева / Б. А. Демьянчук. – Одесса: Изд-во "Черноморье", 2004. – 520 с.

Поступила в редакцию 20.12.2013

Б. О. Дем'янчук, д.т.н., О. Ф. Дяченко, к.т.н., М. В. Оленів, к.т.н.

СТАТИСТИКА ІНТЕНСИВНОСТЕЙ СИГНАЛІВ, ЩО ЗАВАЖАЮТЬ, У ВИМІРЮВАЛЬНІЙ БЕЗЕХОВІЙ КАМЕРІ ТУНЕЛЬНОГО ТИПУ

Методом відношення правдоподібності отримані значення ймовірності спостереження суми сигналів, що заважають, із заданим рівнем її інтенсивності в конкретній точці вимірювальної безехової камери. Шляхом застосування функціонала густини ймовірності з великим параметром для випадкових сигналів, що заважають, відбитих від стінок камери, а також випадкових спотворюючих сигналів, відбитих від ребер мікрохвильової камери, що інтерферують в заданій точці, отримана функція правдоподібності параметрів, залежних від довжин шляхів, які пройшли сигнали, що заважають, в типовій камері тунельного типу. Усереднювання функції правдоподібності здійснюється по $8n$ -мірному вектору випадкових параметрів. Обчислені значення ймовірності спостереження суми сигналів, що заважають, із заданим рівнем її інтенсивності в конкретній точці.

Ключові слова: безехова камера, статистичні параметри, сигнали що заважають, камера тунельного типу, інтенсивності віддзеркалень.

B. Demyanchuk, DSc, A. Dyachenko, PhD, N. Olenov, PhD

STATISTICS OF INTENSITIES OF MIXING SIGNALS ARE IN MEASURING ANECHOIC CHAMBER OF A TUNNEL TYPE

The method of application of functional density of probability with the big parameter for the casual preventing signals reflected from walls of the anechoic chamber, and also the casual deforming signals reflected from the edges of the microwave chamber, interfering in the given point, function of plausibility of parameters, dependent on the lengths of the ways, passed by the preventing signals in the typical chamber of tunnel type. Averaging of function of plausibility is carried out on $8n$ -dimensional vector of casual parameters. Values of probabilities of supervision of the sum of preventing signals with the given level of its intensity in the concrete point were found.

Keywords: anechoic chamber, statistical parameters, mixing signals, chamber of a tunnel type, intensities of reflections.

УДК 536.423

П. А. Барабаш¹, к.т.н., А. Б. Голубев¹, к.т.н., Я. Е. Трокоз¹, В. В. Горин², к.т.н.

¹ *Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев*

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

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МОДЕЛИ ЛЬДОГЕНЕРАТОРА

В работе представлена лабораторная модель льдогенератора ЛГ УОВВ-100, предназначенная для экспериментальной проверки возможности его создания, а также уточнения предварительных расчетных теплотехнических характеристик, необходимых для проектирования ЛГ.

Ключевые слова: лабораторная модель, льдогенератор, деформируемая поверхность теплообмена.

Вступление

Дефицит чистой воды требует разработки эффективных и экономичных новых методов ее получения, совершенствования уже известных. Решение комплексной проблемы экономии энергетических ресурсов предприятий, имеющих холодильное оборудование, в сочетании с задачей получения чистой воды, может быть обеспечено

за счет использования недорогих и эффективных установок для опреснения воды методом вымораживания.

Метод очистки воды вымораживанием основан на эффекте понижения температуры замерзания растворов по сравнению с чистой водой. При охлаждении растворов солей вначале образуется кристаллы льда, обедненные приме-

сями. Проводя удаление кристаллов льда из раствора с последующим их оттаиванием и повторным замораживанием, можно удалить большую часть солей. Установка, основанная на методе вымораживания, может быть реализована в следующих вариантах:

- 1) при помощи холодильных машин с использованием теплопередающей поверхности;
- 2) отбора тепла кипящими жидкостями (фреоном, углеводородами и т. д.) непосредственно в воде;
- 3) отбором тепла, идущего на парообразование в условиях вакуума.

Однако, наличие на предприятиях пищевой промышленности традиционного холодильного оборудования является определяющим фактором в выборе варианта для реализации поставленной задачи при помощи холодильных машин с использованием теплопередающей поверхности.

Использование фреонов или углеводородов в качестве замораживающего агента, вводимого непосредственно в очищаемый раствор, предполагает использование вращающегося льдогенератора (ЛГ).

Для экспериментальной проверки возможности создания льдогенератора установки опреснения были проведены теплотехнические испытания лабораторной модели предлагаемого ЛГ.

Установка УОВВ-100 [1] предназначена для опреснения воды методом вымораживания с деформируемой льдогенерирующей поверхностью теплообмена. Производительность установки - 100 л/ч воды с содержанием солей 0,001...0,5 г/л (исходная $\approx 0,5...30$ г/л). Установка предназначена для применения в медицинской, пищевой и мясомолочной промышленности.

Основным элементом опреснительных установок такого вымораживающего типа является льдогенератор (ЛГ). От эффективности работы ЛГ зависит эффективность работы всей установки для опреснения воды методом вымораживания.

1. Описание лабораторной установки для проведения теплотехнических испытаний модели ЛГ УОВВ-100 и методика проведения экспериментов.

Схема лабораторной установки представлена на рис. 1. В теплоизолированном корпусе 1 установлен змеевик 2 диаметром 130 мм из нержавеющей стали диаметром 10 мм, бст-1мм. Шаг спирали змеевика в свободном и растянутом состояниях, соответственно, 40 и 45 мм. Размер осевого перемещения пружины выбран в соответствии с методикой расчета, приведенной в [2]. Змеевик 2 закреплен на рамке 3, которая с помощью рычага 4 позволяет растягивать змеевик 2.

При проведении экспериментов корпус 1 заполняется водой, а через змеевик пропускается хладагент - жидкий аммиак, который кипит в змеевике практически при атмосферном давлении, так как выходной патрубок змеевика опущен в открытый сосуд с водой, в которой создается выходящий из змеевика аммиак. С помощью рычага 4 змеевик 2 периодически растягивается вручную с заданной частотой.

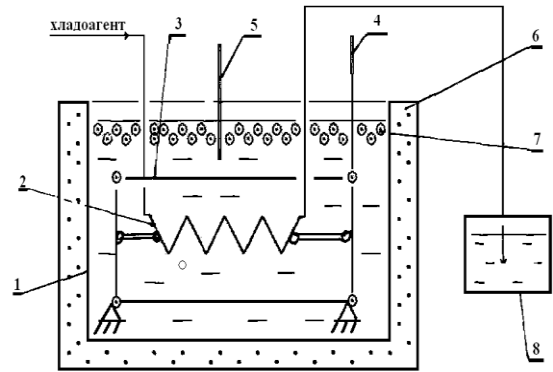


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки: 1 - корпус; 2 - трубчатая пружина; 3 - рамка; 4 - рычаг; 5 - термометр; 6 - теплоизоляция; 7 - чешуйчатый лед; 8 - гидрозатвор.

Периодичность деформаций контролировалась по секундомеру. Температура воды в корпусе 1 контролировалась термометром 5, а температура насыщения кипящего аммиака в трубчатой пружине определялась по давлению насыщения, принимаемого равным барометрическому во время испытаний. Количество образовавшегося льда за определенное время ($\tau = 10$ минут) для различной частоты циклов определялось весовым способом.

Удельная производительность модели льдогенератора определялась с помощью выражения

$$g = \frac{m}{\tau F},$$

где: τ - время замера, с;

m - масса собранного льда за время τ ;

F - поверхность деформируемой части пружины.

2. Результаты испытаний лабораторной модели ЛГ УОВВ-100.

Первый этап испытаний был проведен на змеевике с шагом витков 20 мм. Испытания показали, что шаг в 20 мм недостаточен для обеспечения гарантированного разрушения слоя замороженного льда. Через некоторое время после начала работы модели происходило обра-

зование ледяных перемычек между витками спирали, деформация змеевика становилась невозможной и скалывание льда прекращалось. Дальнейшие испытания проводились на змеевике с шагом 40 мм. При включении установки, в змеевик при этом подавался жидкий аммиак, на поверхности теплообмена происходило намораживание ледяного слоя с гладкой поверхностью. Разовая деформация теплообменного элемента не приводила к разрушению ледяного слоя и его отделению от змеевика; ледяной слой лишь покрывался сетью трещин, по которым вода подсаживалась в зазоры между ледяным слоем и поверхностью теплообмена, образовавшиеся при деформации змеевика.

При периодических деформациях змеевика с частотой 20 раз в минуту, поверхность ледяного слоя приобретала своеобразную чешуйчатую форму. Размер всплывающих кусков льда имеет порядок 10*20*30 мм. Через некоторое время после начала этого процесса устанавливается равновесие между образованием льда на змеевике и его скалыванием, масса льда на змеевике перестает увеличиваться.

Резкое отпускание рычага 4 после достижения равновесного состояния приводит к ударному сжатию змеевика, при этом происходит практически полное освобождение поверхности теплообмена от ледяной шубы. Лед при этом сохраняется лишь в местах крепления змеевика к рамке 3, где его деформация минимальна или вообще отсутствует.

П. О. Барабаш, к.т.н., О. Б. Голубев, к.т.н., Я. Е. Трокоз, В. В. Горин, к.т.н.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ВЫПРОБУВАНЬ МОДЕЛІ ЛЬДОГЕНЕРАТОРА

У роботі наведена лабораторна модель льодогенератора ЛГ УОВВ-100, що призначена для експериментальної перевірки можливості його створення, а також уточнення попередніх розрахункових теплотехнічних характеристик, необхідних для проектування ЛГ.

Ключові слова: лабораторна модель, льодогенератор, поверхня теплообміну, що деформується.

P. A. Barabash, PhD, A. B. Golubev, PhD, Ya. E. Trokoz, V. V. Gorin, PhD

INSTALLATION FOR HEAT ENGINEERING MODEL TESTING ICE MACHINE

This work presents a laboratory model ice machine, designed to test the possibility of its creation, as well as clarification of the preliminary assessment of the thermal characteristics necessary for the design of ice machine.

Keywords: laboratory model, ice machine, deformed surface of heat exchange.

Вывод

Проведенные лабораторные испытания доказали работоспособность предлагаемой конструкции льдогенератора и позволили определить ориентировочное значение частоты деформаций ($\omega=20 \text{ мин}^{-1}$) для получения максимальной удельной производительности льдогенератора $g = 260 \text{ кг/м}^2\text{ч}$.

Список использованных источников

1. Барабаш П. А. Установка для опреснения воды методом вымораживания с деформируемой льдогенирующей поверхностью теплообмена / П. А. Барабаш, А. Б. Голубев, Я. Е. Трокоз, В. В. Горин // Зб. тез IX-ї Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки”. – м. Кіровоград, 2013. – С. 223-225.

2. Пономарев С. Д. Андреева Л. Е. Расчет упругих элементов машин и приборов. / С. Д. Пономарев. – М.: Машиностроение, 1980. – 326 с.

Поступила в редакцию 17. 01.2014

Рецензент: д.т.н., професор Мілованов В. І., Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

ПОЛУМАРКОВСКИЙ ГИПЕРСЛУЧАЙНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКОВ СИСТЕМ

Рассмотрен эффективный подход к оценке рисков систем. На основе теории гиперслучайных явлений модифицирован подход к построению полумарковских моделей для оценки многофакторных рисков. Предложен оптимальный метод построения средней плотности гиперслучайного закона распределения. Полученные результаты распространяются на полумарковские GERT – модели.

Ключевые слова: риск, стохастическое моделирование, полумарковская модель, гиперслучайные величины.

Вступление. Под риском понимается угроза частичной или полной потери эффективности эксплуатации оборудования в результате той или иной неблагоприятной ситуации. Риск обусловлен возможностью возникновения некоторого уровня потерь и вероятностью их возникновения [1-3]. Управлять риском можно в том случае, если разработаны методы, позволяющие в определенной степени прогнозировать и исчислять его меру. Многим производственно-технологическим схемам характерны весьма жесткая взаимосвязь между последовательными звеньями работы (установки, магистральные линии, автосамосвалы и железнодорожные поезда и т.д.). Выход из строя элементов в таких системах приводит к остановке всей технологической цепи. Поэтому задача идентификации и количественной оценки рисков является важнейшим условием обеспечения эффективности функционирования указанных производственно-технологических систем.

Следует признать, что применительно к функционированию указанных систем методы оценки многофакторных рисков не разработаны.

Цель статьи – предложить системный подход к оценке рисков функционирования производственно-технологических систем как единого комплекса при условиях воздействия многофакторных рисков с учетом гиперслучайности.

Основная часть. Полумарковские процессы – случайные процессы, которые являются обобщением теории цепей Маркова из теории вероятностей [4, 5]. Главное отличие полумарковских процессов от цепей Маркова состоит в отказе от требования показательности закона распределения характеризующей процесс случайной величины, что позволяет широко учитывать различные законы распределения случайных величин и получить решение задачи при таких условиях, когда применение других методов приводит к серьезным трудностям.

Описание риска для нестабильных условий может быть осуществлено на основе класса моделей, в которых абстрактными математическими объектами выступают гиперслучайные явления [6-8].

Под *гиперслучайным явлением* понимается семейство событий зависящих от параметра $g \in G$, связанного с условиями наблюдения рискового события и рассматриваемого как независимая переменная.

При анализе риска известным является только множество G возможных значений g , а не точное значение в данный момент. Тогда величина $P(A/g)$ должна пониматься как неопределенная, а рисковое событие A – гиперслучайное.

Для аналитического описания гиперслучайного рискового события вводится тетрада $(\Omega, \mathfrak{I}, G, P_g)$, где P_g – вероятностная мера подмножеств рисковых событий, зависящая от условий g . Для каждого из множества гиперслучайных рисковых событий вероятностная мера P_g определена, но для условий g мера не определена.

Введем понятие гиперслучайного полумарковского процесса. Рассмотрим систему S , которая находится в одном и только в одном из конечного множества состояний $S_1, S_2, \dots, S_n$. Пусть в начальный момент система находится в состоянии S_i , то переход в состояние S_j осуществляется с вероятностью $p_{ij} \geq 0$, $\sum_j p_{ij} \leq 1$, для всех i .

Обозначим E – счетное подмножество множества N , что для любых $i, j \in E$ функции $Q_{ij}(x)$ – неотрицательные измеримые функции.

Определение. Матрица полумарковская, если $Q_{ij}(x) = \{Q_{ij}(x); i, j \in E\}$, для всех $i, j \in E$ выполняется:

1. $Q_{ij}(x) = 0$ для всех отрицательных значений аргумента;
2. $Q_{ij}(x)$ - неубывающие непрерывные справа функции для всех неотрицательных значений аргумента;
3. $\sum_{j \in E} Q_{ij}(x) = P_i \leq 1$ для всех $i \in E$ и неотрицательных значений аргумента.

Элементы гиперслучайной стохастической матрицы Q_{ij} будем понимать как

$$Q_{ij}(x/g) = p_{ij} \cdot T_{ij}(x/g), \quad (1)$$

где $T_{ij}(x/g)$ - гиперслучайные функции распределения неотрицательных случайных величин для условий g . Тогда матрицу $Q_{ij}(x/g)$ будем называть гиперслучайной полумарковской.

Гиперслучайные функции распределения $T_{ij}(x/g)$, характеризующие пребывание системы в состоянии S_i , зависит как от состояния S_i , так и от S_j . При этом $T_{ij}(x/g)$ не зависит от предыстории процесса, а только от самих состояний системы S_i , и S_j .

Оценка риска с применением полумарковских моделей будет включать такие этапы:

1. определение связей в системе как конечного множества состояний $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ с последующим построением графа состояний;
2. идентификация гиперслучайных функций, соответствующих элементам графа состояний;
3. изучение математической модели с целью определения главных рисковых характеристик (вероятности, времени пребывания в определенном состоянии) полумарковской гиперслучайной модели;
4. установление связи между главными рисковыми характеристиками полумарковской модели и характеристиками исследуемой системы.

При гиперслучайном подходе определить закон распределения величины x/g точно не представляется возможным. Пусть для условий наблюдения g получена некоторая статистическая выборка. При незначительном изменении условий g статистическая информация будет

определять закон распределения уже с другими параметрами закона распределения. Если гиперслучайная величина x/g имеет плотность распределения $f(x/g)$, то для приемлемого описания такой величины можно считать плотность распределения полную (среднюю) плотность распределения

$$f(x/g) = \sum_{i=1}^n p_i f_i(x/g), \quad (2)$$

где p_i - вес плотности распределения гиперслучайной величины x/g , удовлетворяющий условию $\sum_{i=1}^n p_i = 1$.

Например, для гиперслучайной величины, частные статистики которой соответствуют некоторым пяти нормальным законам распределения с весами $p_i = 1$ при $i = 1, \dots, 5$ плотность распределения соответствует выделенной кривой на рис. 1.

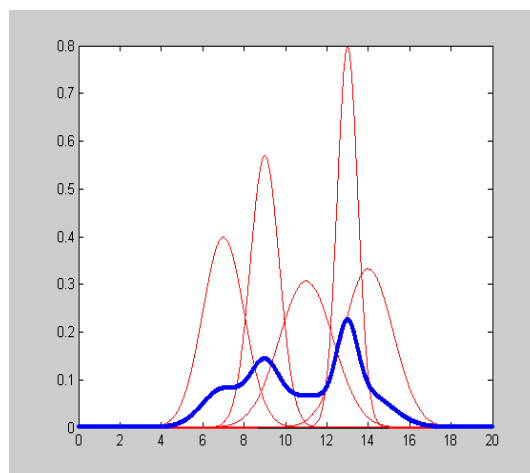


Рисунок 1 - Полная плотность распределения гиперслучайной величины для пяти частных нормальных статистик.

Решение задачи интерполирования (аппроксимации) построенной кривой полной плотности распределения возможно провести по методу наименьших квадратов. Будем искать многочлен $P_m(\mathbf{a}; x)$ степени m для значений $(x_i, f_i(x/g))$, $i = 1, \dots, n$ функции $f(x/g)$ вида

$$P_m(\mathbf{a}; x) = \sum_{i=0}^m a_i x^i, \quad (3)$$

удовлетворяющий условию наименьшего отклонения от результатов $(x_i, f_i(x/g))$

$$\sum_{i=0}^m (f_i(x/g) - P_m(\mathbf{a}; x_i))^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

С учетом вида многочлена (3) получаем систему нормальных уравнений для определения искомых коэффициентов:

[illegible]

Для расчета математической модели с критерием метода наименьшего квадрата в качестве базисных функций можно выбрать произвольную систему $f(x/g)$ при условии их линейной независимости. Для многих законов распределения в качестве обобщенного интерполяционного (аппроксимационного) выражения можно взять ортогональные многочлены, многочлены Чебышева 1-го и 2-го рода и многочлены Эрмита, Лагера, Якоби. Особенно удобным оказываются показательные выражения с некоторым набором параметров

$$f_m(a; x) = b \cdot e^{ax+c}, \quad (5)$$

$$f_m(a; x) = b \cdot e^{ax^2 + xc + d}. \quad (6)$$

Для нахождения неизвестных коэффициентов a_i ($i=0,...,n$) в (3) или коэффициентов обобщенных многочленов (5), (6) по методу наименьших квадратов можно использовать специальные встроенные процедуры Matlab, Matcad.

Использование сетевой модели системы в качестве специальной математической модели, которая построена на основе сети с заданными характеристиками, позволяет получить логикоматематическое описание объекта и алгоритмизировать расчет риска. Учитывая вероятностную природу риска, наиболее подходящими полумарковскими сетевыми моделями для его анализа и количественного измерения являются стохастические сетевые модели (GERT) [9].

Системные операции могут быть представлены графически в виде направленного графа. При этом множество дуг графа представляют собой процессы, а множество узлов – состояния элементов системы. Так как риск по дугам графа обладает свойством аддитивности, следователь-

но, к построенному графу можно применить процедуры стохастического сетевого моделирования для выявления рисков, связанных с выполнением всей сети.

Обозначим через S_i ; $i \in N$ - состояния, а через функцию W_{ij} ; $i, j \in N$ - внутрисистемные процессы. При этом, S_i - будут соответствовать узлам сетевой модели и не иметь временной протяженности, W_{ij} - соответствуют дугам сетевой модели и имеют временную протяженность.

W_{ij} - сигнальная рисковая функция гиперслучайной величины определяется как

$$W_{ij} = p_{ij} \cdot M(x/g)_{ij}, \quad (7)$$

где p_{ij} - вероятность возникновения гиперслучайного рисковог о события, M_{ij} - производящая функция моментов гиперслучайного рисковог о события.

Если $M(x/g)(S)$ есть производящая функция моментов гиперслучайной величины x/g с параметром $S > 0$, то для обобщенного многочлена (3)-(5) плотности вероятности $f(x/g)$ имеем соответствующие соотношения при непрерывном случае

$$M(x/g)(S) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{S(x/g)} f(x/g) dx. \quad (8)$$

Анализ риска реальных производственных систем производится на рисковом моделях, построенных с помощью узлов с вероятностным выходом и дуг, соединенных: последовательно, параллельно, петлей. Для указанных выше видов соединений сигнальные рисковые функции $W(x/g)_{ij}$ можно преобразовывать в эквивалентные функции W_E по правилам:

- 1) для последовательного соединения

$$W_E(S) = W(x/g)_{ij}(S) \cdot W(x/g)_{jk}(S);$$

- 2) для параллельного соединения

$$W_E(S) = W(x/g)_{ij}(S) + W(x/g)_{jk}(S);$$

- 3) для соединения с петлей

$$W_E(S) = \frac{W(x/g)_{ij}(S)}{1 - W(x/g)_{ik}(S)}.$$

Вероятность возникновения неблагоприятного события и потери в результате реализации не-

благоприятного события являются величинами независимыми. Поэтому, для $S = 0$, получаем

$$P_E = W_E(0). \quad (8)$$

Равенство (8) определяет удобство выбора представления параметров дуг рисковой модели, так как позволяет легко находить моменты эквивалентных функций W_E .

Нахождение n -го момента для эквивалентной рисковой функции W_E относительно начала координат может быть вычислено

$$\mu_{nE} = \frac{\partial^n}{\partial S^n} \left[\frac{W_E(S)}{W_E(0)} \right]_{S=0}. \quad (9)$$

Таким образом, первый момент μ_{1E} относительно начала координат представляет собой математическое ожидание M рисковой функции, эквивалентной рисковой модели

$$\mu_{1E} = \frac{\partial}{\partial S} \left[\frac{W_E(S)}{W_E(0)} \right]_{S=0}. \quad (10)$$

Знание двух первых моментов позволяет вычислить дисперсию функции W_E в виде

$$D^2 = \frac{\partial^2}{\partial S^2} \left[\frac{W_E(S)}{W_E(0)} \right]_{S=0} - \left[\frac{\partial}{\partial S} \left[\frac{W_E(S)}{W_E(0)} \right]_{S=0} \right]^2.$$

Полученных данных оказывается достаточно для оценки риска системы, которая представлена сетевой моделью.

Вывод

Предложенный метод позволяет построить полумарковские GERT - модели на основе гиперслучайного подхода и производить оценку риска систем для нестабильных условий получения статистик. Сформулированные принципы

могут быть заложены в основу стратегии оценки рисков производственно-технологических систем.

Список использованных источников

1. Рогальский Ф. Б. Математические методы анализа экономических систем [Текст]. Книга 1. Теоретические основы / Ф. Б. Рогальский, Я. Е. Курилович, А. А. Цокурено. – К.: Наукова думка, 2001. – 435 с.
2. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска. [Текст]: пер. с англ. / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
3. Шапкин А. С. Теория риска и моделирование рисковых ситуаций [Текст] / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. – М.: Дашков и К., 2005. – 879 с.
4. Королюк В. С. Полумарковские процессы и их приложения / Королюк В. С., Турбин А. Ф. – К.: Наукова думка, 1976. – 184 с.
5. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения: В 2 т. / В. Феллер – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 528 с.
6. Горбань И. И. Гиперслучайные явления и их описание / И. И. Горбань // Акустичний вісник. – 2005. – Т. 8, № 1-2. – С. 16-27.
7. Горбань И. И. Гиперслучайные функции и их описание / И. И. Горбань // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2006. – Т. 8, № 1-2. – С. 16-27.
8. Горбань И. И. Оценки характеристик гиперслучайных величин / Горбань И.И. // Математичні машини і системи. – 2006. – № 1. – С. 40-48.
9. Филипс Д. Методы анализа сетей [Текст]: пер. с англ. / Д. Филипс, А. Гарсия-Диас. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Поступила в редакцию 19.11.2013

Рецензент: д.т.н., профессор Корсун В.И., ДВНЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск.

К. В. Литвиненко

НАПІВМАРКІВСЬКИЙ ГІПЕРВИПАДКОВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ СИСТЕМ

Розглянуто ефективний підхід до оцінки ризиків систем. На основі теорії гіпервипадкових явищ модифіковано підхід до побудови напівмарківських моделей для оцінки багатofакторних ризиків. Запропоновано оптимальний метод побудови середньої густини імовірності гіпервипадкового закону розподілу. Отримані результати розповсюджуються на напівмарківські GERT – моделі.

Ключові слова: ризик, стохастичне моделювання, напівмарківська модель, гіпервипадкові величини.

K. V. Litvinenko

THE SEMI - MARKOV HYPER CASUAL APPROACH TO THE ESTIMATION OF RISKS OF SYSTEMS

An effective approach to estimating risks of systems is considered. The approach semi – Markov models construction for estimation of multifactorial risks is modified on the basis of the hyper casual phenomena. An optimal method for construction of average densities of hyper casual law distribution is proposed. The received results are applied to semi – Markov GERT - models.

Keywords: risk, stochastic modelling, semi – Markov model, hyper casual phenomena.

УДК 006.91

В. Ю. Кучерук¹, д.т.н., О. В. Грабовський², к.т.н., М. С. Павловська¹¹ Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця² Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ ПРИ ОБРОБЛЕННІ ВІБРОАКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

В статті проілюстровано елементи теорії детермінованого хаосу, використовуючи які, можна досягти підвищення достовірності визначення інформаційних параметрів віброакустичного сигналу.

Ключові слова: аттрактор, вібродіагностика, процедура вкладення, рівень вібрації, теорія детермінованого хаосу, теорія самоорганізації (синергетика), фазова траєкторія.

Вступ

Підвищення надійності, ефективності експлуатації машин і механізмів пов'язано із необхідністю контролю їх технічного стану. Досить часто при контролі технічного стану в застосовується вібродіагностика, в якій з використанням певних методів формується система ознак, що характеризує технічний стан механізму.

При моніторингу технічного стану обладнання основним параметром є загальний рівень вібрацій, перевищення яким допустимих меж є сигналом для прийняття відповідних заходів. Проте часто на практиці, не зважаючи на загальний рівень вібрації, в механізмі розвиваються інші дефекти, вплив яких на загальний рівень вібрації спочатку незначний, але через деякий час швидкість розвитку дефекту починає рости, що в кінцевому випадку позначається на рівні вібрації. При цьому досить важко запобігти виникненню аварійної ситуації.

Тому виникає необхідність у розробці нових методів аналізу вібросигналів, які дозволяють більш якісно оцінювати інформацію. Одним з таких підходів є використання елементів теорії детермінованого хаосу, параметри якого є досить чутливими до зміни інформативних ознак.

Основна частина

Теорія самоорганізації (синергетика) вивчає поведінку складних систем, умови їх стійкості, природу нестійкості і еволюцію систем далеко від термодинамічної рівноваги. Методи синергетики, які являють собою ніщо інше як методи нелінійної фізики, дають можливість описати багато процесів, які спостерігаються в системах, зовнішньо не маючи нічого спільного один з одним, з допомогою одних і тих самих математичних моделей, число яких відносно невелике [1-3].

Одним з важливих і найбільш цікавих розділів синергетики є теорія динамічного хаосу. В даний час вивчений цілий клас систем, котрі в деяких областях фазового простору, називаються «дивними аттракторами» і проявляють хаотичні властивості.

При аналізі вібросигналів агрегатів різного типу прийнято вважати, що хаотична шумова складова в сигналі є прикрою перешкодою. Проте випадкові коливання, які виникають в технологічних системах мають детермінований характер [4]. Вони породжуються самою системою і тому можуть слугувати важливим джерелом інформації про її внутрішні характеристики.

Кількісною мірою, яка характеризує стан динамічної системи може слугувати фрактальна

розмірність дивного атрактору. Нижня оцінка цієї величини визначається шляхом вирахування кореляційної розмірності за методикою Паккарда-Такенса [2, 3]. Варто відмітити, що процедура Паккарда-Такенса дозволяє ідентифікувати, яким є джерело випадкових сигналів – детермінованим чи шумовим. Якщо діагностується детермінований хаос, то це означає, що система керована, тобто зміною деяких параметрів можна впорядкувати її рух [4].

У будь-якому випадку початковим етапом для дослідження сигналів методами нелінійної динаміки повинна бути процедура реконструкції фазової траєкторії динамічної системи, що породжує сигнал. Єдиним методом, що дозволяє реконструювати характер фазової траєкторії системи на основі аналізу експериментально отриманого сигналу, є процедура вкладення (embedding procedure).

Підставою для такого підходу є теорема Такенса [5], яка стверджує, що шляхом правильного підбору розмірності m і параметра затримки τ можна отримати $(m+1)$ -мірний фазовий образ, який досить повно відображає властивості істинної траєкторії динамічної системи у фазовому просторі. Рівняння цієї синтетичної траєкторії може бути записано у вигляді $z_{i+1} = x(t - i\tau)$, де індекс $(i+1)$ -номер координати реконструйованого фазового простору $Z = \{z_1, \dots, z_{i+1}\}$, а параметр i приймає цілочисельні значення від 0 до m . В експериментальних дослідженнях динаміки дана процедура називається вкладенням кратності m , а проєкції одержуваного $(m+1)$ -мірного фазового образу $\{z_1, \dots, z_{i+1}\}$ на площину $\{z_j, z_k\}$, де $j \neq k$ можуть приймати значення від 1 до $i+1$, картами затримки. Стверджується, що розмірність складних процесів зазвичай знаходиться в межах від $m = 3$ до $m = 6$. Таким чином, розмірність відповідних фазових образів від 4 до 7.

При проведенні процедури вкладення важливим параметром є затримка τ , яка не обов'язково повинна бути рівна інтервалу дискретизації h при цифровому аналізі. Найчастіше її вибирають, виходячи з очікуваного або оціненого, наприклад, за методом авторегресії, періоду однієї з головних мод процесу. В останньому випадку за період приймають часовий інтервал, який відповідає першому перетинанню кривої авторегресії з віссю абсцис.

На практиці форма хвилі вібраційного сигналу є одномірним рядом значення рівня вібра-

ції, отриманим з певною дискретністю, який потім обробляється одним з методів обробки вібро-сигналу.

На перший погляд здається, що послідовність по єдиній змінній дає досить обмежену інформацію про досліджуваний об'єкт. Проте виявляється, що частотна послідовність однієї змінної містить набагато більшу інформацію – має сліди всіх змінних, що беруть участь в описанні динаміки системи, а також дозволяє безмодельним способом ідентифікувати деякі її ключові особливості.

Нехай, $A_0(t)$ - частотна послідовність експериментально виміряних амплітуд віброшвидкості коливань, які збуджуються корпусом агрегату. Так як попередньо не опираємося ні на яку конкретну модель, то було б бажано відновити цю динаміку виключно на основі відомої послідовності $A_0(t)$. З цією метою розглянемо фазовий простір, утворений змінними $\{A_k\}$, $k = 0, \dots, n-1$. Стан досліджуваного об'єкта в цьому просторі відповідає точці, а послідовність станів, які він пройшов, визначає деяку криву – фазову траєкторію. З часом в системі встановлюється деякий постійний режим, якщо тільки динаміка системи зводиться до сукупності детерміністичних рівнянь, що описують дисипативні процеси. Це знаходить відображення в збіжності сімейств фазових траєкторій до деякої підмножини фазового простору. Цю інваріантну підмножину прийнято називати аттрактором.

Таким чином, при дослідженні динамічних процесів експлуатації обладнання по будь-якій послідовності експериментальних даних необхідно ідентифікувати аттрактор, якщо він існує. Іншими словами, потрібно встановити, чи можуть властивості об'єкта, що досліджується з допомогою цієї послідовності, розглядатися як прояв детермінованої функції чи в ній міститься деякий неусувний елемент стохастичності.

Якщо буде встановлено, що аттрактор існує, то важливу апіорну інформацію несе його розмірність V . Розмірність V дає нам вкрай важливу характеристику динаміки джерела сигналів.

Для визначення підходящого набору змінних, що створюють фазовий простір, зручно розвернути вихідну частотну послідовність $A_0(f)$ в ряд наборів з послідовно зростаючими зсувами, визначеними як величини кратні деякій фіксова-

ній затримці r - різниці фаз ($r = m\Delta f$), де m - ціле і Δf - інтервал між послідовними вибірками). Тобто, вибираючи з набору експериментальних даних, приходимо до наступного набору дискретних змінних:

$$\begin{aligned} A_0 &: A_0(f_1), \dots, A_0(f_N); \\ A_1 &: A_0(f_1 + r), \dots, A_0(f_N + r); \\ A_{n-1} &: A_0(f_1 + (n-1)r), \dots, A_0(f_N + (n-1)r). \end{aligned} \quad (1)$$

При належному виборі r можна сподіватися, що ці змінні будуть лінійно незалежними, а це єдина вимога, необхідна для визначення фазового простору. Причому, всі ці змінні можна отримати в одній часовій послідовності, яка відноситься до $A_0(f)$, що визначена експериментально. Дивні аттрактори являють собою фрактальні множини, головні властивості яких визначаються розмірнісними характеристиками (розмірність Хаусдорфа, кореляційна розмірність). Найбільш просто визначається кореляційна розмірність v з допомогою кореляційного інтеграла

$$C(\varepsilon) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N \theta(\varepsilon - |\bar{A}_i - \bar{A}_j|), \quad (2)$$

де $\theta(z)$ - функція Хевісайда, а саме

$$\theta(z) = \begin{cases} 1, & z \geq 0; \\ 0, & z < 0. \end{cases}$$

Тут A_i - вектор, що описує положення відповідної точки у фазовому просторі в деякий момент часу $t_i = t_0 + ir$ ($i = 1, \dots, N$), де r - деякий заданий проміжок часу, N - об'єм вибірки. Значення $C(\varepsilon)$ визначає відносне число пар точок, відстань між будь-якими двома сусідніми з яких не перевищує ε . При малих ε кореляційний інтеграл $C(\varepsilon) \approx \varepsilon^v$, тому розмірність v можна визначити по тангенсу кута нахилу залежності $\ln C$ від $\ln \varepsilon$, отриманої розрахунком $C(\varepsilon)$ по формулі (2) при різних значеннях ε для достатньо великих N . В розглянутому випадку достовірно вимірюю є лише одна із координат вектора $A(f)$, а саме амплітуда віброшвидкості. В подібних випадках для відновлення розмірності дивного аттрактору використовують процедуру Паккарда - Такенса.

Нехай A_i - реалізація однієї з координат фазового простору системи $A(f): A_i = A(t_i)$, $i = 1, 2, \dots, N$. Введемо в розгляд новий фазовий простір (простір вкладення), розмірності m , точки якого визначаються векторами

$$\bar{y}_j^{(m)} = \{A_j, A_{j+1}, \dots, A_{j+m-1}\}, \quad (3)$$

які сконструйовані з послідовних значень величини A ($j = 1, 2, \dots, N - m + 1$). При зміні t отримаємо в цьому просторі траєкторію, що відтворює деяку множину, кореляційну розмірність якої v_m можна вирахувати через кореляційний інтеграл

$$C_m(\varepsilon) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^2} \sum_{j,k=1}^n \theta(\varepsilon - |\bar{y}_j^{(m)} - \bar{y}_k^{(m)}|) \quad (4)$$

по нахилу залежності $\ln C_m$ від $\ln \varepsilon$. Маючи розмірність вектора y , проаналізуємо залежність v_m від m . Очевидно, що при малих m розмірність v із збільшенням m повинна збільшуватися. Проте, якщо випадковий сигнал є проявом детермінованого хаосу, то при деякому $m = m_0$ величина m перестав зростати. Досягнуте при цьому значення v_{m_0} і приймається за розмірність v_m дивного аттрактору вихідної системи і називається розмірністю реалізації. Якщо ж ріст v_m продовжується без насичення, то це свідчить про те, що сигнал, який спостерігається, є «білим шумом».

Таким чином, звичайний шумовий випадковий процес можна розглядати як рух системи на аттракторі безкінечної розмірності. Кінцева розмірність v_m означає, що даний сигнал можна відновити з допомогою динамічної системи.

Висновки

Фазовий портрет і його розмірність реалізації однозначно описують стан вібросигналу. Найменші зміни в сигналі відображаються як в структурі фазового портрету, так і в значеннях розмірності реалізації. Характер дефекту, що розвивається в агрегаті слід визначати порівнянням структури фазового портрету вібросигналу зі структурами фазових портретів «елементарних» сигналів. Аналіз значень розмірності реалізації фазового портрету вібросигналу в часі дозволяє визначити момент зародження будь-якого дефекту, коли значення його вібраційної складової ніяк

не позначається на загальному рівні вібрації – параметрі, що аналізується при моніторингу стану технічного обладнання.

Список використаних джерел

1. Лоскутов А. Ю. Введение в синергетику / А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов. – М.: Наука, 1990. – 305 с.
2. Шустер Г. Детерминированный хаос / Г. Шустер. – М.: Мир, 1990. – 312 с.
3. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение Пер. с англ. / Г. Шустер. – М.: Мир, 1988. – 367 с.

4. Кузев И. Р. Новый подход к первичному анализу вибрационных сигналов роторных агрегатов с применением теории детерминированного хаоса / И. Р. Кузев, Д. С. Солодовников // Материалы второго научно-технического семинара «Обеспечение промышленной безопасности производственных объектов топливно-энергетического комплекса», Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999. – 238 с.

5. Малинецкий Г. Г. Современные проблемы нелинейной динамики. / Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 336 с.

Надійшла до редакції 15.05.2014

В. Ю. Кучерук, д.т.н., О. В. Грабовский, к.т.н., М. С. Павловская

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА ПРИ ОБРАБОТКЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

В статье проиллюстрировано элементы теории детерминированного хаоса, используя которые, возможно добиться повышения достоверности определения информационных параметров виброакустического сигнала.

Ключевые слова: аттрактор, вибродиагностика, процедура вложения, уровень вибрации, теория детерминированного хаоса, теория самоорганизации (синергетика), фазовая траектория.

V. Kucheruk, DSc., O. Grabovsky, PhD., M. Pavlovskaya

USE DETERMINISTIC CHAOS THEORY VIBROAKUSTIC SIGNAL PROCESSING

The paper illustrates the elements of the theory of deterministic chaos by which we can achieve improve the reliability of determining the parameters of signal information.

Keywords: attractor, vibration, embedding procedure, the level of vibration theory of deterministic chaos theory of self-organization (synergetics) phase trajectory.

УДК 531:535

О. В. Банзак, к.т.н., И. С. Захариев, Н. С. Даниленко

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РАДИАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В статье рассмотрены основные методы разработки программно-технических комплексов радиационно-технологического контроля состояния физических барьеров безопасности на основе единого подхода в составе систем радиационного контроля АЭС. Определено, что для нормального функционирования блока детектирования и амплитудного анализатора система должна включать устройство питания и управления, обеспечивающее подачу на указанные устройства требуемых напряжений питания и синхронизации их работы. В соответствии со сформулированными требованиями к системе построена ее структурная схема.

Ключевые слова: радиационно-технологический контроль, барьер безопасности, спектры гамма-излучения.

Вступление. Процедура закрытия Чернобыльской АЭС вновь высветила первоочередную важность определения параметров ядерного топлива (ЯТ), выгружаемого из активной зоны (АЗ) реактора. Это, в первую очередь, выгорание (эквивалентный термин - глубина выгорания), изотопный состав ядерных материалов и продуктов деления, данные о состоянии оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и др. При этом следует отметить, что всесторонний анализ указанных параметров важен на всех этапах жизненного цикла ЯТ на АЭС и станции в целом в независимости от типа реакторной установки. Знание глубины выгорания и изотопного состава необходимы при определении стратегии переработки или захоронения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), а без данных о состоянии оболочки ТВЭЛ просто невозможна дальнейшая эксплуатация тепловыделяющей сборки (ТВС). Сейчас не все из перечисленных параметров определяются путем измерений непосредственно на АЭС или определяются расчетными и качественными методами, что противоречит нормативным требованиям по ядерной безопасности.

Особенность перегрузки эксплуатирующихся реакторов ВВЭР состоит в том, что перегрузка осуществляется при полной остановке реактора и снятии его крышки. Такая процедура перегрузки, с точки зрения увеличения коэффициента использования установленной мощности, требует особого подхода к проведению измерений параметров ЯТ.

Анализ влияния методов контроля герметичности оболочки (КГО) ТВЭЛ на экономичность и безопасность эксплуатации АЭС показал, что для станций с ВВЭР наиболее перспективным является совмещение процедуры проведения КГО с перегрузкой АЗ реактора [1]. Отмечалось, что могут быть реализованы методы КГО, основанные на анализе акустического спектра истекающих через микротрещину продуктов деления из отработавшей ТВС в бассейн перегрузки [2]. С другой стороны, контроль изотопного состава ОЯТ необходим при отгрузке ТВС на длительное хранение в сухое хранилище [3].

Учитывая изложенное, можно сделать вывод о необходимости создания системы экспрессного анализа распределения продуктов деления ядерного топлива. Такая система должна использовать методы неразрушающего контроля и хорошо сочетаться с существующей технологией проведения транспортно-технологических операций (ТТО).

Этим методам посвящено большое количество работ [4-7], но в них, как правило, не отра-

жается, что в эксплуатации используется ЯТ с разным начальным обогащением, а также новые перспективные виды топлива. Кроме того, эти методы не вписываются в существующую технологию ТТО и не пригодны для экспресс-анализа.

Разработка программно-технических комплексов радиационно-технологического контроля (ПТК РТК) состояния физических барьеров безопасности на основе единого подхода в составе систем радиационного контроля АЭС является важной и актуальной задачей. Однако в настоящее время отсутствует единый подход к реализации на АЭС комплекса взаимосвязанных принципов и методов радиационно-технологического контроля состояния физических барьеров безопасности при работе реакторной установки в нормальных режимах эксплуатации. Очевидно, что для реализации новых принципов РТК нужны новые блоки детектирования, с более высокими метрологическими и эксплуатационными показателями. Существенный прорыв в направлении улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик детекторов может быть получен только на основе применения новых материалов, в частности, широкозонных полупроводников, таких как CdZnTe.

Основная часть. В качестве основного принципа построения ПТК РТК физических барьеров безопасности выбрано измерение спектров собственного гамма-излучения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), других технологических сред.

Такой выбор обусловлен существенно большей информативностью измерений гамма-излучения. Например, методология, основанная на измерениях спектров собственного гамма-излучения отработавшей ТВС, позволяет определить выгорание, время выдержки и начальное обогащение контролируемой ОТВС без использования дополнительной информации. Данные, получаемые при измерении суммарной скорости счета нейтронов, не позволяют оценить выгорание ОЯТ без использования дополнительной информации о времени выдержки и начальном обогащении [1].

Поскольку внедрение новых ПТК РТК не должно приводить к снижению эффективности эксплуатации блока, операции по контролю состояния защитных барьеров должны быть согласованы с технологией производства электроэнергии и ремонта оборудования, с временным графиком процесса перегрузки ЯТ. Поэтому основным критерием при построении структуры ПТК РТК должна быть выбрана ее работоспособность в режиме реального времени. За время

выполнения технологической операции, время характерное для изменения какого-либо параметра в процессе работы на мощности ПТК РТК должен обеспечить измерение собственного гамма-излучения ОТВС, других технологических сред, провести амплитудный анализ импульсов счета, осуществить обработку спектра собственного гамма-излучения, рассчитать характеристики состояния защитного барьера и занести их в базу данных. Работу ПТК РТК в таком режиме будем называть далее работой в режиме реального времени. При этом соблюдается основной принцип построения систем реального времени - темп поступления входных данных в систему (характеристик собственного гамма-излучения топливной сборки, теплоносителя и оборудования первого контура, газов в гермоболочке) должен соответствовать темпу формирования выходных данных системы (характеристик состояния ОЯТ) [2].

Основные требования к ПТК РТК в реальном времени на основании сформулированного критерия реального времени можно разделить на следующие группы [2, 3]:

- качество измерений. Измерения должны обеспечить получение такого объема информации, при котором дополнительные временные затраты для определения всех контролируемых параметров будут минимальны;

- массогабаритные требования. Механическая конструкция основных элементов системы должна обеспечить хорошую совместимость с существующим технологическим оборудованием, элементами РУ машины перегрузочной при обеспечении выполнения требований безопасности при проведении перегрузки ЯТ, не вносить ограничений на проведение ТТО с ОЯТ;

- условия эксплуатации. Конструкция основных элементов ПТК РТК системы должна обеспечить выполнение измерений излучения в реальных условиях эксплуатации энергоблока АЭС. При этом должен обеспечиваться дифференциальный подход, при котором реализуется учет реальных условий эксплуатации каждого элемента системы;

- надежность. Так как неверное функционирование системы (ложное срабатывание системы, либо не выявление факта нарушения состояния защитных барьеров) может привести к существенным экономическим потерям (снижение мощности блока, дополнительные затраты времени на ремонт оборудования), потеря времени ввиду неработоспособности системы должна быть минимальной. Надежность системы должна соответствовать надежности оборудования систем важных для безопасности;

- удобство обслуживания и эксплуатации.

Эта группа требований непосредственно связана с обеспечением надежности системы и обеспечением эффективности системы на всех этапах ее жизненного цикла.

Кроме того, на основании приведенных требований можно сделать вывод, что с точки зрения совмещения технологических операций контроля состояния ОЯТ и его перегрузки наиболее целесообразным представляется размещение детекторов на рабочей штанге перегрузочной машины [2]. При этом детекторы размещаются в специально разработанном конструктиве, закрепляемом на наружной секции рабочей штанги (РШ), который схематически показан на рис. 1. Ограничения на размер конструктива (соответственно и на размеры детекторов) накладываются зоной обслуживания ПМ и размерами наружной секции РШ и они равняются - наружный диаметр 465 мм и внутренний диаметр 405 мм. Указанные размеры получены на основании конструкторской документации на перегрузочную машину [2]. Установленный на рабочей штанге конструктив позволяет совместить функции защиты и коллиматора и состоит из следующих компонентов:

- нижнего основания из нержавеющей стали толщиной 25-30 мм с профилированным вырезом;

- сегментированные пластины из вольфрама с установленными (вмонтированными) в них полупроводниковыми CdZnTe-детекторами и герметичными разъемами;

- верхнего основания из нержавеющей стали толщиной 15-20 мм с профилированным вырезом;

- бандажных соединений (болты из нержавеющей стали длиной 350-400 мм).

Предлагаемый конструктив также обеспечивает однозначное и четко воспроизводимое позиционирование детекторов относительно контролируемой ТВС для всех серий регистрации гамма-излучения. Конструктив позволяет разместить несколько детекторов на расстоянии 22,5 см от оси контролируемой ТВС.

Возможны другие варианты изготовления предлагаемого конструктива, которые будут отражены в комплекте конструкторской документации на систему. При этом условия взаимного расположения детекторов и ТВС принципиально изменяться не будут [4].

Основным элементом системы, регистрирующим гамма-излучение, является набор детекторов гамма-излучения.

Детектор является определяющим элементом при построении системы в целом, так как он обуславливает выполнение таких требований как качество измерений, массогабаритные пара-

метры. Одной очень важной особенностью всех CdZnTe-детекторов, обусловленной различием в подвижности носителей заряда, является форма импульса, а именно - короткий фронт. Фронт импульса на выходе CdZnTe-детектора существенно короче, чем фронт импульса полупроводникового детектора на основе германия, и тем более, чем фронт импульса на выходе сцинтилляционного детектора.

Эта особенность предопределяет особые требования к многоканальному амплитудному анализатору (МАИ) как на уровне встроенных в анализатор аналоговых входных цепей, так и на уровне производительности АЦП. Для использования в составе системы контроля выгорания ОЯТ необходимо использовать МАИ, в которых производителем предусмотрена работа с CdZnTe-детекторами, реализована работа с постоянной времени формирования входных цепей 1 мкс или 0,5 мкс, а собственная частота АЦП не менее 80 МГц. Использование МАИ ориентированных на обработку импульсов других детекторов, как минимум, требует использования специальных спектрометрических усилителей-формирователей сигнала. Очевидно, что увели-

чение количества применяемых узлов и модулей при создании системы отрицательно отражается на выполнении таких требований как надежность, массогабаритные параметры, удобство обслуживания и эксплуатации.

В настоящее время уже начали серийно производиться МАИ, поддерживающие работу CdZnTe-детекторов. При этом большая часть анализаторов изготавливается в носимом исполнении, максимально используя возможности CdZnTe-детекторов для полевых измерений. Так как в большинстве такие анализаторы разработаны в последние годы, в них реализованы самые в передовые схемотехнические решения, и они существенно превосходят анализаторы, построенные по традиционной схеме. Среди носимых анализаторов наибольшее распространение получил MCA-166 производства GBS (Германия). В нем предусмотрено автономное питание от аккумуляторов и связь с ЭВМ при помощи интерфейса RS-232, эксплуатация без ЭВМ не предусматривается. Анализатор MCA-166 был использован при изготовлении макета системы, подтвердив свои высокие параметры.

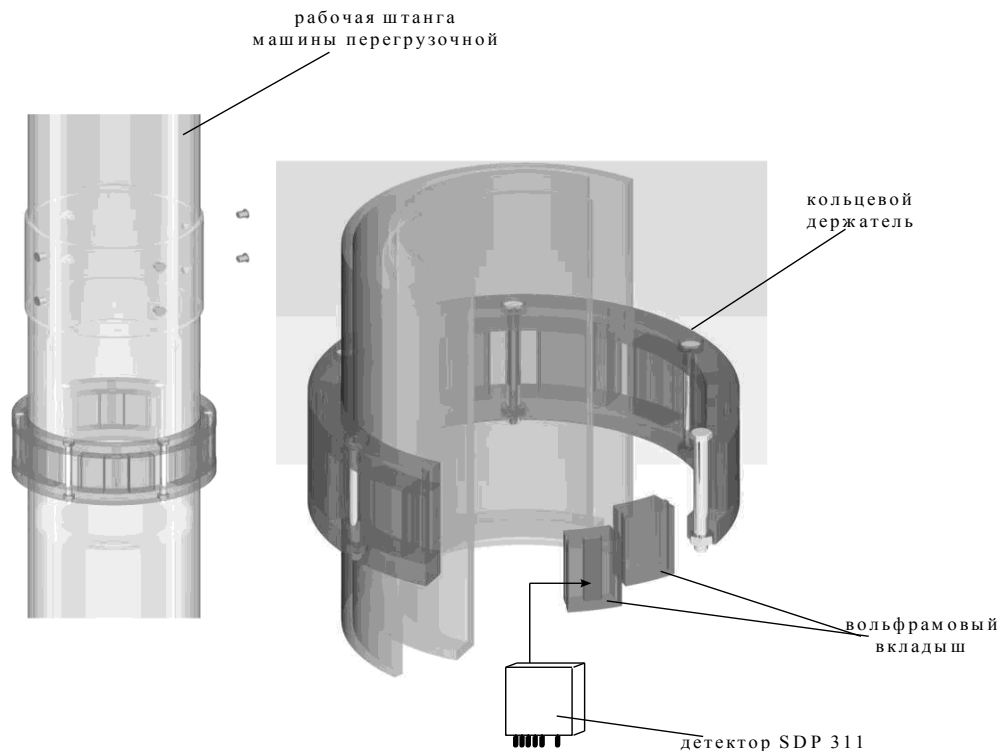


Рисунок 1 - Размещение детекторов на рабочей штанге перегрузочной машины

Однако применение анализатора в носимом исполнении для создания промышленного образца системы является не оптимальным, так как при этом плохо выполняются эксплуатационные требования, требования удобства обслу-

живания и эксплуатации, снижается надежность конструкции при многодетекторных измерениях.

Система из n детекторов, образующая блок детектирования, должна осуществить регистра-

цию собственного гамма-излучения ОЯТ в процессе извлечения топливной кассеты и преобразовать его в электрические сигналы для последующей передачи на амплитудный анализатор.

Многоканальный амплитудный анализатор должен осуществлять функции накопления, обработки и последующей передачи на вычислительную и управляющую ЭВМ информации о распределении импульсов счета от детекторов по амплитудам, т.е. первичного (необработанного) гамма-спектра.

Далее необходимо осуществить: поиск в полученных спектрах пиков полного поглощения; определение площади пиков; определение интенсивности излучения в пике полного поглощения; собственно расчет выгорания ОЯТ

контролируемой ТВС и ведение базы данных. Эти функции возлагаются на управляющую ЭВМ системы определения глубины выгорания. При необходимости управляющий компьютер должен передать требуемые данные о состоянии ядерного топлива в АСУ ТП АЭС в стандартном протоколе.

Для нормального функционирования блока детектирования и амплитудного анализатора система должна включать устройство питания и управления, обеспечивающее подачу на указанные устройства требуемых напряжений питания и синхронизации их работы.

В соответствии со сформулированными требованиями к системе построена ее структурная схема, приведенная на рис. 2.

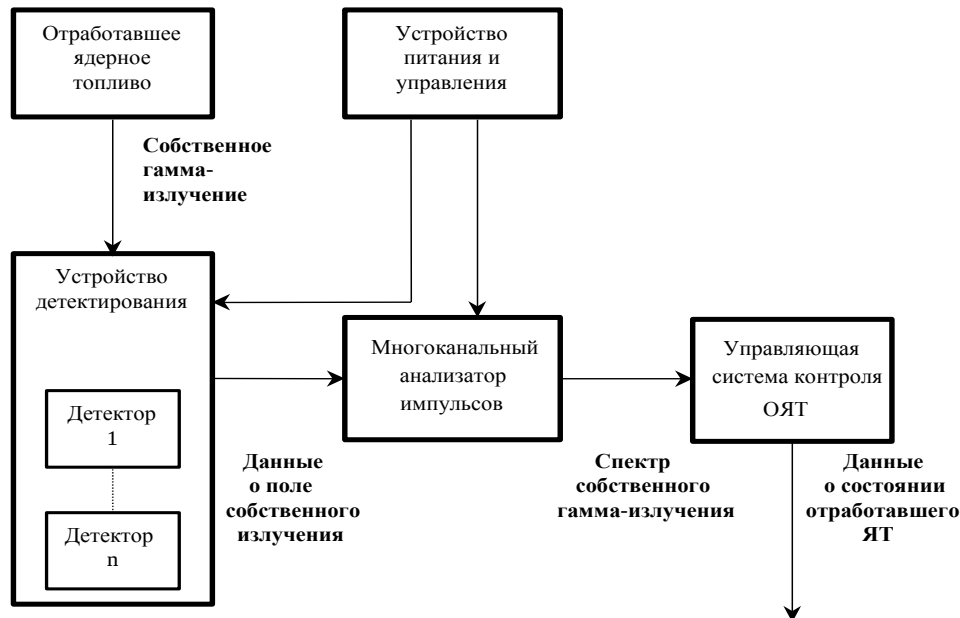


Рисунок 2 - Структурная схема системы контроля состояния отработавшего ядерного топлива в реальном времени

При этом реализуется распределенная архитектура построения системы. Устройство детектирования размещается в непосредственной близости от объекта контроля - ядерного топлива (рис. 1). Многоканальный амплитудный анализатор (анализаторы), устройство питания и управления размещаются в специальном конструктиве на перегрузочной машине в центральном зале реакторного отделения. В помещении системы управления машиной перегрузочной в обстройке реакторного отделения размещается ЭВМ обеспечивающая обработку измерительной информации. Связь между ПМ и помещением пультной осуществляется при помощи передачи цифровой информации по витой

паре аналогично передаче сигналов датчиков ПМ в СУМП.

При такой компоновке в максимальной степени обеспечивается выполнение всех перечисленных требований. Например, только часть оборудования установленная на ПМ должна отвечать требованиям IP55, и только устройство детектирования требованиям IP68. Основным элементом системы, регистрирующим собственное гамма-излучение ТВС, является набор детекторов гамма-излучения.

Детектор является определяющим элементом при построении системы в целом, так как он обуславливает выполнение таких требований как качество измерений (энергетическое разре-

шение детектора должно позволять проводить идентификацию пиков полного поглощения гамма-излучения ПД). Массогабаритные параметры (диаметр детектора) не должны превышать 10 мм или иметь эквивалентные размеры в другом варианте исполнения. Надежность эксплуатации в реальных условиях на АЭС должна обеспечивать выполнение требований IP68 при размещении блоков детектирования под водой. Энергетическое разрешение детектора должно быть не хуже 9 кэВ при регистрации гамма-излучения с энергией 661,6 кэВ при входной нагрузке 15000 имп./с. Детектор должен обеспечивать сохранение спектрометрических свойств при входной нагрузке до 200000 имп./с, при этом

энергетическое разрешение детектора должно быть не хуже 30 кэВ.

Проведенный анализ опыта разработки макета системы и применения детекторов позволил сделать вывод о том, что система контроля состояния ОЯТ должна базироваться на CdZnTe-детекторах.

Как уже отмечалось, на основе детекторов SDP310/LC/20S был создан и испытан на ЗАЭС макет системы контроля выгорания ОЯТ в реальном времени. Типичные гамма-спектры полученные при различных значениях выгорания, обогашения и времени выдержки приведены на рис. 3-6.

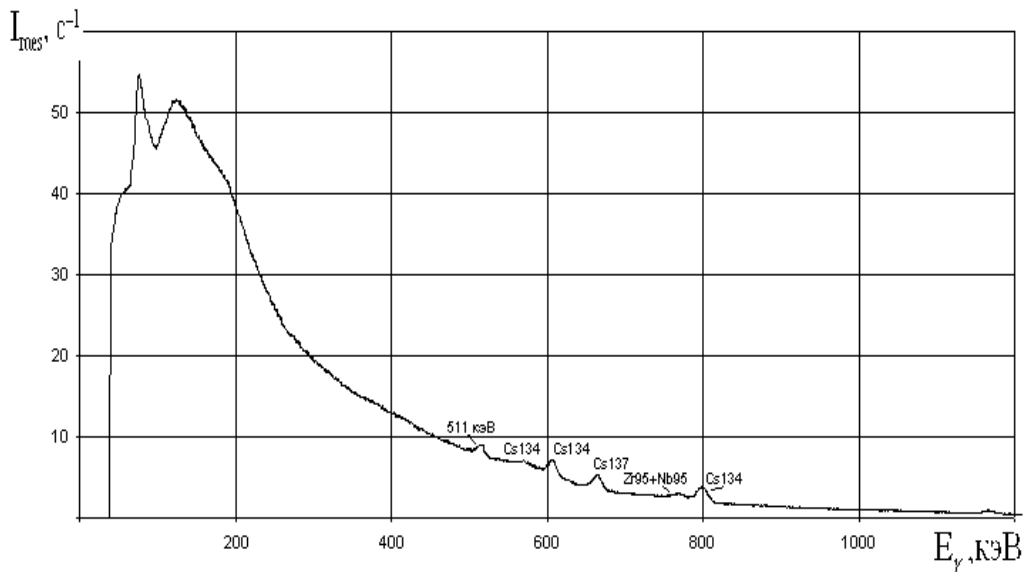


Рисунок 3 - Спектр излучения ОТВС Е 2957 с выгоранием 37,23 МВт·сут/кг и выдержкой 11 месяцев

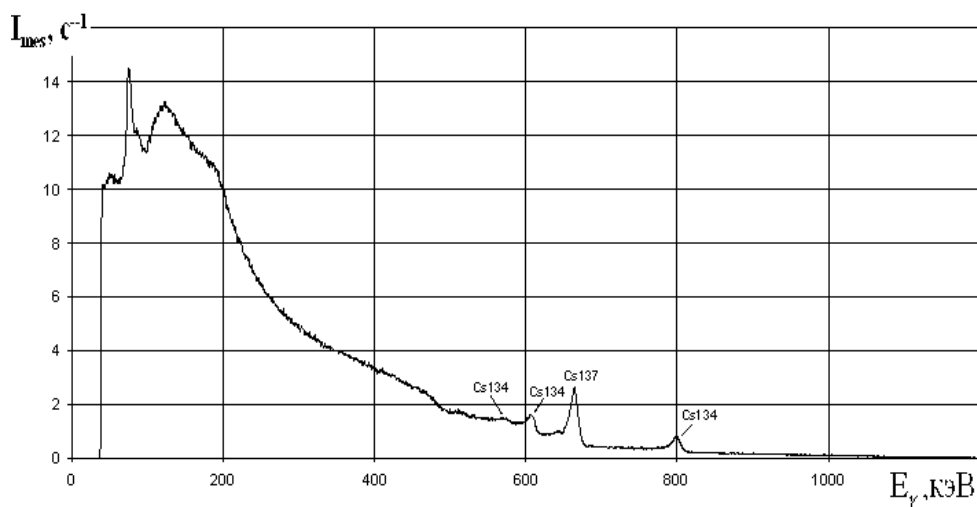


Рисунок 4 - Спектр излучения ОТВС E0906 с выгоранием 43,41 МВт·сут/кг и выдержкой 5,8 лет

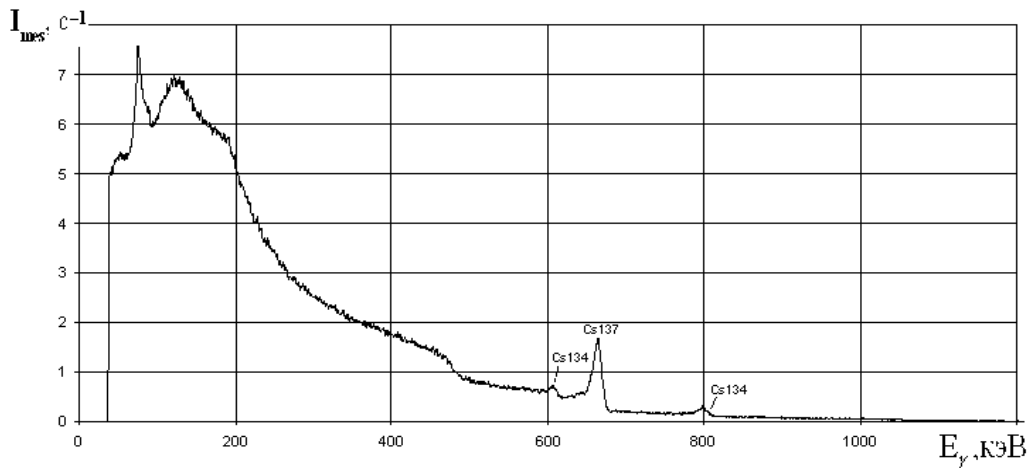


Рисунок 5 - Спектр излучения ОТВС ГВ 2278 с выгоранием 30,58 МВт·сут/кг и выдержкой 8,05 лет

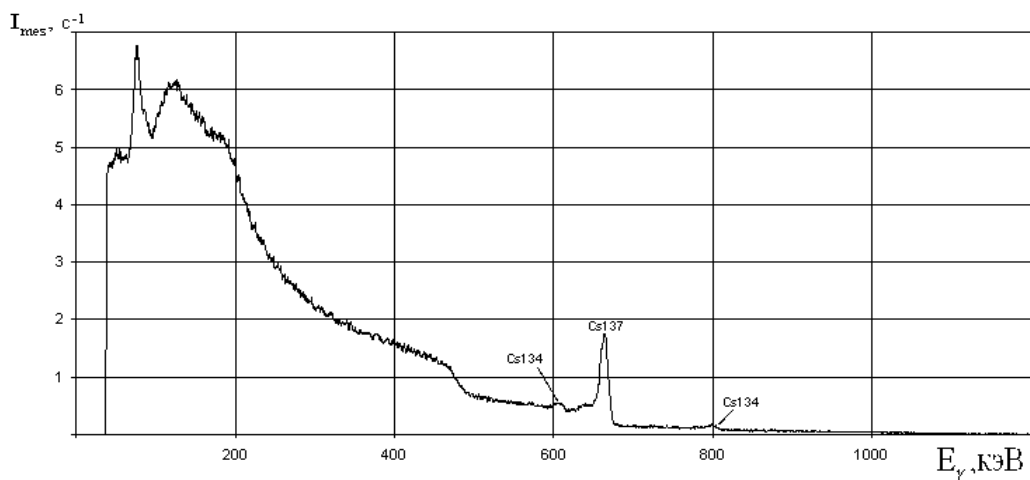


Рисунок 6 - Спектр излучения ОТВС Г 0352 с выгоранием 31,67 МВт·сут/кг и выдержкой 11,15 лет

Вывод

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили выбор детекторов типа SDP310/LC/20S (SDP311/LC/20S) фирмы Ritec.

С точки зрения выбора количества детекторов, необходимых для решения конкретной технико-экономической задачи, связанной с контролем выгорания, представляет интерес ответ на вопрос, какую часть (зону) ТВС контролирует один детектор. Для этого были количественно проанализированы коэффициенты вкладов отдельных твэлов в интенсивность на детекторе. Анализ производился для углов, соответствующих серединам граней ТВС и ее ребрам для различных изотопов ПД.

Таким образом, методы, основанные на измерении спектров собственного гамма-излучения ОЯТ, можно использовать для построения измерительных систем определения выгорания и контроля герметичности оболочек твэлов в процессе извлечения ТВС из активной зоны реактора.

Список использованных источников

1. VVER-1000 SFAT — specification of an industrial prototype; Tiitta A., Dvoyeglazov A. M., Iievlev S. M., Tarvainen M., Nikkinen M. - STUK-YTO-TR 161. – Helsinki 2000. – 41 p.
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. – 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. Банзак О. В. Полупроводниковые детекторы нового поколения для радиационного контроля и дозиметрии ионизирующих излучений / О. В. Банзак, О. В. Маслов, В. А. Мокрицкий. – Одесса: Изд-во «ВМБ», 2013. – 220 с.: ил.

5. Passive Nondestructive Assay of Nuclear Materials. D. Reilly, N. Ensslin, H. Smith, Jr., and S. Kreiner, eds.; Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission. - Washington, DC, 1991 - NUREG/CR-5550.

6. Nondestructive Assay Methods for Irradiated Nuclear Fuels: Report / Los Alamos National La-

boratory; S.T. Hsue, T.W. Crane, W.L. Talbert Jr., John C. Lee - LA-6923-MS - January 1978.

7. Determination of Curie Content and 134/137Cesium Ratios by Gamma Spectroscopy of High Burnup Plutonium-Aluminum Fuel Assemblies: Report / Pacific Northwest National Laboratory; Haggard, D.L.; Tanner, J.E. - PNNL - 11609 - Jun 1997.

Поступила в редакцию 15.05.2014

Рецензент: д.т.н., проф. Мокрицкий В. А., Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

О. В. Банзак, к.т.н., І. С. Захарієв, М. С. Даниленко

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ РАДІАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ

У статті розглянуті основні методи розробки програмно-технічних комплексів радіаційно-технологічного контролю стану фізичних бар'єрів безпеки на основі єдиного підходу в складі систем радіаційного контролю АЕС. Визначено, що для нормального функціонування блоку детектування й амплітудного аналізатора система повинна включати пристрій живлення та керування, що забезпечує подачу на зазначені пристрої необхідних напруг живлення та синхронізації їхньої роботи. У відповідності зі сформульованими вимогами до системи побудована її структурна схема.

Ключові слова: радіаційно-технологічний контроль, бар'єр безпеки, спектри гамма-випромінювання.

O. V. Banzak, PhD, I. S. Zahariev, N. S. Danilenko

DEVELOPMENT OF PROGRAM-TECHNICAL COMPLEXES OF THE RADIATING-TECHNOLOGICAL CONTROL

In clause the basic methods of development program-technical complexes of the radio-technical control conditions of physical barriers safety on the basis of the uniform approach in structure of systems radiating control of the atomic power station are considered. It is certain that for normal functioning the block of detecting and the peak analyzer the system should include the device of a feed and the management, providing submission on the specified devices of demanded pressure of a feed and synchronization of their work. In conformity with the formulated requirements to system its block diagram is constructed.

Keywords: radiating-technological control, barrier of safety, spectra scale-radiation.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Балашов Д. О.	6	Захарієв І. С.	87
Банзак О. В.	87	Зіангірова Л. Т.	19
Барабаш П. О.	74	Карпенко С. Р.	35
Бойченко О. В.	57	Ковтунов А. Л.	62
Боряк К. Ф.	39	Коломієць Л. В.	10, 15, 48
Братченко Г. Д.	24	Кузнєцова Л. В.	10
Бугаєв В. С.	29	Кучерук В. Ю.	81
Бугаєва І. Г.	29	Лещенко С. П.	62
Бугаєв І. С.	29	Литвиненко К. В.	77
Бугаєв С. В.	29	Лубманенко В. Б.	24
Ваганов О. І.	39	Манзарук М. А.	39
Величко О. М.	19, 35	Мілованов В. І.	6, 53
Голубєв О. Б.	74	Новіков В. В.	45
Горін В. В.	74	Оленєв М. В.	68
Грабовський О. В.	81	Павловська М. С.	81
Губернатор Г. А.	24	Подостроець К. О.	48
Даниленко М. С.	87	Сеніва І. С.	24
Дем'янчук Б. О.	68	Сичов М. І.	15
Добровольська С. В.	19	Трокоз Я. Е.	74
Дяченко О. Ф.	68	Ябс А. А.	53

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

БАЛАШОВ
Дмитро Олександрович

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, аспірант

БАНЗАК
Оксана Вікторівна

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент

БАРАБАШ
Петро Олексійович

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, заступник завідувача кафедри теоретичної та промислової теплотехніки з наукової роботи, завідувач науково-дослідницької лабораторії тепломасообмінних апаратів і установок, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент

БОЙЧЕНКО
Олег Валерійович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, доцент

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

БУГАЄВ
Віктор Сергійович

Севастопольський морський торговельний порт, м. Севастополь, інженер

БУГАЄВА
Ірина Григорівна

Одеський національний морський університет, м. Одеса, доцент кафедри технічної кібернетики, кандидат технічних наук, доцент

БУГАЄВ
Ігор Сергійович

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

БУГАЄВ
Сергій Вікторович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри загально-технічної та фундаментальної підготовки, кандидат технічних наук, доцент

ВАГАНОВ
Олександр Іванович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, професор кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

ВЕЛИЧКО
Олег Миколайович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, доктор технічних наук, професор

ГОЛУБЄВ
Олексій Борисович

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, науково-дослідницької лабораторії тепломасообмінних апаратів і установок кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ГОРІН
Вадим Вікторович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, професор кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ГРАБОВСЬКИЙ <i>Олег Вікторович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат технічних наук</i>
ГУБЕРНАТОР <i>Григорій Анатолійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент</i>
ДАНИЛЕНКО <i>Микита Сергійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент</i>
ДЕМ'ЯНЧУК <i>Борис Олександрович</i>	<i>Військова академія, м. Одеса, завідувач кафедри технічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент</i>
ДОБРОВОЛЬСЬКА <i>Світлана Василівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки</i>
ДЯЧЕНКО <i>Олександр Феодосійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, проректор з навчальної та виховної роботи, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник</i>
ЗАХАРІЄВ <i>Ігор Севдалінов</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студент</i>
ЗІАНГІРОВА <i>Лідія Тагірзянівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри нановимірювань та вимірювальної техніки, кандидат технічних наук</i>
КАРПЕНКО <i>Станіслав Романович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, інженер</i>
КОВТУНОВ <i>Артем Леонідович</i>	<i>Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків, ад'юнкт науково-організаційного відділу</i>
КОЛОМІЄЦЬ <i>Леонід Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, ректор, доктор технічних наук, професор</i>
КУЗНЕЦОВА <i>Любов Вікторівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри метрології та метрологічного забезпечення</i>
КУЧЕРУК <i>Володимир Юрійович</i>	<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, завідувач кафедри метрології та промислової автоматики, доктор технічних наук, професор</i>
ЛЕЩЕНКО <i>Сергій Петрович</i>	<i>Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу Наукового центру Повітряних Сил, доктор технічних наук, професор</i>
ЛИТВИНЕНКО <i>Костянтин Вікторович</i>	<i>Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, аспірант кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій</i>
ЛУБМАНЕНКО <i>Володимир Борисович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>

МАНЗАРУК <i>Марія Олександрівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, викладач-асистент кафедри метрології та метрологічного забезпечення, аспірант</i>
МІЛОВАНОВ <i>Валерій Іванович</i>	<i>Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, завідувач кафедри КіП, доктор технічних наук, професор</i>
НОВІКОВ <i>Володимир Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри технічного регулювання та споживчої політики ВСП «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики ОДАТРЯ», м. Київ, кандидат технічних наук</i>
ОЛЕНЄВ <i>Микола Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри загально-технічної та фундаментальної підготовки, кандидат технічних наук</i>
ПАВЛОВСЬКА <i>Марина Сергіївна</i>	<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, кафедра метрології та промислової автоматики, аспірант</i>
ПОДОСТРОЄЦЬ <i>Кирил Олександрович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
СЕНІВА <i>Ірина Сергіївна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
СИЧОВ <i>Михайло Іванович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри якості та безпеки життя людини, кандидат хімічних наук</i>
ТРОКОЗ <i>Ярослав Євгенович</i>	<i>Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, старший викладач, науковий співробітник науково-дослідницької лабораторії тепломасообмінних апаратів і установок кафедри теоретичної та промислової теплотехніки</i>
ЯБС <i>Альбіна Альбертівна</i>	<i>Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, аспірант</i>

Наукове видання

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

Випуск 1(4)2014

Редактор

Братченко Г. Д.

Комп'ютерна верстка

Бузила Т. М.

Адреса редакції: 65020, м. Одеса, вул. Ковальська 15, ОДАТРА,
Тел.: (048)728-07-11 – довідки;
E-mail: gd_bratchenko@mail.ru

*Надруковано з готового оригінал макету
в видавництві - друкарні «ВМВ»*

*Підписано до друку 10.06.2014
Формат 60*88/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 11,5
Тираж 300 прим.
65053, м. Одеса, пр-т Добровольського 84-а.
www.vmv.odessa.ua*