

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



*Одеська державна академія
технічного регулювання та якості*

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

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

2(9) 2016

ОДЕСА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ
Випуск 2(9) 2016

Заснований у 2012 р.

Засновник: Одеська державна академія технічного регулювання та якості
65020, м. Одеса вул. Ковальська, 15
Телефон: (048)726-68-92, факс: (048)726-76-95
E-mail: odatry@gmail.com
Сайти: www.kachestvo.od.ua, odatrya.org.ua.

Редакційна колегія

Голова редакційної колегії

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

Заступник голови редакційної колегії

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ленков Сергій Васильович (д.т.н., професор)

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

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

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

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

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

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

Відповідальний секретар Братченко Геннадій Дмитрович

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

Затверджений до друку і розповсюдження через мережу Інтернет Вченою Радою Оде-
ської державної академії технічного регулювання та якості (протокол № 5 від 24.11.2016 р.).

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

© Одеська державна академія технічного регулювання та якості

ЗМІСТ

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

Л. І. Григор'єва, д.б.н. ЯКІСТЬ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ: ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНИЧНИХ КРИТЕРІЇВ.....	6
О. А. Никитюк, д.с.-г.н., В. М. Новіков, д.ф.-м.н. ШЛЯХИ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ ТА АКРЕДИТАЦІЇ ЛАБОРАТОРІЙ.....	12
О. А. Никитюк, д.с.-г.н., В. В. Новіков, к.т.н., В. К. Домницька СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОНАННЯ ВИМОГ ДСТУ EN ISO 15189:2015 СТОСОВНО НЕОБХІДНОСТІ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА ВАЛІДАЦІЇ МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕНЬ В МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ	15
Л. В. Коломієць, д.т.н., О. І. Кисельова, к.пед.н. МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК У ПРОЦЕСІ ЕКСПЕРТИЗИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ.....	18
Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення	22
А. С. Міщенко БЕЗКОНТАКТНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАРЯДІВ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ ТА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЙОГО ПОХИБОК	24
О. А. Никитюк, д.с.-г.н., В. М. Новіков, д.ф.-м.н. АНАЛІЗУВАННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ТА КОМПЕТЕНТНОСТІ МЕДИЧНИХ (КЛІНІКО-ДІАГНОСТИЧНИХ) ЛАБОРАТОРІЙ.....	28
Г. Н. Ергиев, к.т.н. СИНТЕЗ АКТИВНЫХ РС-ФИЛЬТРОВ С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РЕЗОНАТОРАМИ.....	31
В. І. Мілованов д.т.н., С. Г. Корнієвич ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ІЗОБУТАНУ, ЯК ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТУ.....	35
В. П. Квасніков, д.т.н., А. В. Рудик, к.т.н. ВРАХУВАННЯ РОБОЧИХ УМОВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОБ'ЄКТІВ В МАТЕМАТИЧНІЙ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ.....	41
Л. В. Коломієць, д.т.н., М. І. Сичов, к.х.н., К. Ф. Боряк, д.т.н. СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ ФАНТОМІВ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНИХ ТОМОГРАФІВ.....	45
Л. В. Коломієць, д.т.н., Ю. В. Овчаров, к.т.н., О. І. Стариш, А. І. Розмариця, О. В. Цільвік КОНТРОЛЬ ДОЗОФОРМУЮЧИХ ПАРАМЕТРІВ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНИХ АПАРАТІВ.....	48
Л. В. Коломієць, д.т.н., Б. Ч. Бердієв, О. С. Корчевський РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ АПАРАТІВ ГЕМОДІАЛІЗУ.....	53
Л. В. Коломієць, д.т.н., С. В. Коломієць, Л. В. Кузнєцова, Р. С. Лобус, к.т.н., С. В. Волянський ВИЗНАЧЕННЯ РЕФЕРЕНТНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ РІВНІВ ОПРОМІНЕННЯ ПАЦІЄНТІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕНТГЕНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕДУР.....	56

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

Н. Ф. Казакова, д.т.н., О. О.Фразе-Фразенко, к.т.н., Є. Є. Паладій, К. Б. Айвазова СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ АДАПТАЦІЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ УКРАЇНИ ДО НОРМ ЄС ЩОДО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....	62
Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Л. Волков, к.т.н., Н. Ф. Казакова, д.т.н. ВЫЧИСЛЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ $\text{igam}(a, x)$ И $\text{igamc}(a, x)$ НА ЯЗЫКЕ C# В СТАТИСТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ.....	66
Н. D. Bratchenko, DSc, Н. Н. Smaglyuk, D. V. Grygoriev METHOD FOR ISAR IMAGING OBJECTS WITH 3D ROTATIONAL MOTION.....	71
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	75
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	76

РОЗДІЛ 1

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

Л. І. Григор'єва, д.б.н.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв

ЯКІСТЬ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ: ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНИЧНИХ КРИТЕРІЇВ

На підставі багаторічних досліджень переходу радіонуклідів зі зрошувальної води та з ґрунту у сільськогосподарські культури на півдні України висвітлено наявні проблемні питання у технічному регулюванні якості зрошувальних вод за радіаційно-гігієнічним критерієм. Запропоновано визначення радіаційно-гігієнічного критерію якості води для зрошення та визначено фактори, які потрібно врахувати при розробці радіаційно-гігієнічного критерію.

Ключові слова: радіаційно-гігієнічний критерій, якість зрошувальної води, перехід радіонуклідів.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Оцінка якості зрошувальної води є однією з актуальних проблем землеробства у зонах нестійкого і недостатнього зволоження – на півдні України (Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська області, Крим). В нинішній час іригаційна оцінка води в Україні проводиться за Державним стандартом України ДСТУ 2730-97 «Якість води для зрошення. Агрономічні критерії» [3] і Відомчим нормативним документом ВНД 33-5,5-12-97 «Якість води для зрошення. Екологічні критерії» [1]. Екологічні критерії регламентуються ще двома стандартами: ДСТУ «Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії» [4] і ДСТУ «Якість води для систем крапельного зрошення. Агрономічні і екологічні критерії» [5]. У цих нормативно-технічних документах констатовано, що оцінка якості зрошувальної води за вмістом радіоактивних речовин здійснюється за окремим спеціальним нормативним документом. Однак, як відомо, єдиного НТД з оцінки якості зрошувальної води за радіаційно-гігієнічним критерієм не існує, на що вказують й інші дослідники [14], а така оцінка скоріше за все взагалі не проводиться. При цьому для зрошення на півдні України використовується вода з поверхневих водоймищ, яка може бути забруднена радіонуклідами чорнобильського, станційного (через скиди Південноукраїнської та Запорізької АЕС) походження, радіонуклідами зі стічних вод Криворізького гірничопромислового басейну, що несе ймовірність перенесення радіонуклідних полутантів у зрошувані сільськогосподарські культури.

Аналіз досліджень та публікацій. У питанні якості зрошувальних вод тільки за останні 20 років накопичений значний науковий матеріал. Це, в першу чергу, стосується токсикологічних показників якості зрошувальної води. Проте багато науково-методичних і прикладних питань

усе ще залишаються невирішеними [10 – 12]. Зокрема, слабо розроблені методичні підходи до якості зрошувальної води з позицій радіаційної та радіаційно-гігієнічної безпеки, про що йшла мова на нещодавній конференції «Перспективи розширення площ зрошувального землеробства і забезпечення їх ефективного використання в Південних областях України» [13].

Метою дослідження є наукове обґрунтування підходів до вироблення радіаційно-гігієнічних критеріїв оцінки якості зрошувальної води. Робота виконувалась в межах кафедральної НДР 0113U005721.

Матеріалами досліджень виступали результати радіоекологічних досліджень в агроєко-системах низов'я басейну річок Південний Буг та Дніпро, ставків-охолоджувачів Южноукраїнської (ЮУ АЕС) і Запорізької (ЗАЕС) АЕС, ставків-біоочищення каналізаційної системи ЮУ АЕС, річок Арбузинка, Мертвовід, Інгулець, Інгул, озеро Акташ, Казантипської і Арабатської заток Азовського моря, а також магістральних каналів і водоймищ Інгулецької, Південно-Бузької, Білоусівської, Каховської і Краснознаменської зрошувальних систем протягом 1985-2010 рр. [8, 9], результати інших науковців, проведених в останні роки на території зрошувальних система, які живляться дніпровською водою [12], а також результати наших робіт при розробці подібного нормативно-технічного документу [2].

Завдання дослідження.

- надати визначення радіаційно-гігієнічного критерію якості зрошувальної води;

- проаналізувати результати спеціально поставленого експерименту з визначення переходу радіонуклідів зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури, які наведено у [8];

- проаналізувати результати власних радіаційно-гігієнічних та радіоекологічних досліджень на території зрошуваних масивів півдня

України [8] з позиції критеріїв якості зрошувальної води;

- обґрунтувати фактори, які можуть скласти основу радіаційно-гігієнічного критерію оцінки якості зрошувальної води,

- розробити пропозиції щодо вироблення радіаційно-гігієнічних критеріїв оцінки якості зрошувальної води.

Виклад основного матеріалу досліджень.

Базуючись на термінології ВНД 33-5,5-12-97 [2] радіаційно-гігієнічні критерії якості води для зрошення мають встановлювати якість води з врахуванням забезпечення радіаційно-гігієнічного та радіаційно-безпечного стану на зрошуваних масивах та убезпечення зрошувальних вод від радіаційного забруднення. Аналогічним чином оцінку якості води для зрошення за радіаційно-гігієнічним критерієм можна визначити як таку, що проводиться з метою попередження радіаційного впливу на компоненти агроecosистеми та забезпечення радіаційної безпеки сільськогосподарської продукції рослинництва, тваринництва, врожаю.

Радіаційну безпеку харчових продуктів, відповідно до Закону України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» [6], можна трактувати як відсутність загрози радіаційного впливу харчових продуктів, продовольчої сировини та супутніх матеріалів на організм людини. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у харчових продуктах сьогодні контролюються за державним гігієнічним нормативом [7], відповідно до якого величини допустимих рівнів забезпечують не перевищення границі річної ефективної очікуваної дози опромінення населення 1 мЗв за рахунок внутрішнього опромінення від суми радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr , що надходять протягом року в організм з продуктами харчування та питною водою. Цей нормативний документ був встановлений для врахування радіаційного забруднення територій, обумовленого Чорнобильською аварією: бо саме ^{137}Cs та ^{90}Sr визнані основними дозоутворюючими «чорнобильськими» радіонуклідами. Однак, як відомо, сьогодні існує численна кількість джерел іонізуючого випромінювання, результатом використання яких є потрапляння у навколишнє середовище різноманітних радіонуклідів. Для південного регіону, на території якого радіоекологічні дослідження проводилися нами впродовж багатьох років [8, 9], такими джерелами виступають, в першу чергу, атомні електростанції (ЮУ АЕС, ЗАЕС), експлуатація яких супроводжується потраплянням у довкілля «станційних радіонуклідів» (радіоактивні благородні гази: радіоізотопи Ar, Kr, Xe; леткі радіоактивні речовини, наприклад, радіоізотопи I, Cs; тритій; неле-

ткі радіоактивні речовини, наприклад радіоізотопи La, Sr, Rb та інші) [7]; окремі ділянки, які забруднені радіонуклідами чорнобильського походження внаслідок вітрового перенесення; забруднені води низов'я річок Південний Буг, Дніпро через перенесення з територій водозбору радіонуклідів чорнобильського походження; забруднені води р. Інгулець внаслідок перенесення радіонуклідів з Криворізького гірничорудного басейну.

За результатами спеціально поставленого експерименту з визначення k_i^1 – коефіцієнтів переходу радіонукліду (i – позначення певного радіонукліду) зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури [8], отримано ці коефіцієнти для таких станційних радіонуклідів: ^{134}Cs , ^{89}Sr , ^{106}Ru , ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{58}Co .

За результатами багаторічних радіоекологічних та радіаційно-гігієнічних досліджень [8] на території:

- Інгулецької, Каховської і Краснознаменської зрошувальних систем – зрошувальних систем Дніпровського басейну;

- Південно-Бузької, Білоусівської зрошувальних систем – зрошувальних систем Південно-Бузького річкового басейну нами отримано, що кожний зрошуваний масив характеризувався радіаційним станом, який створювався протягом багатьох років і відзначається особливостями, які впливають на накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами. Так, для Інгулецького зрошуваного масиву головним чинником формування радіаційного стану є перенесення ^{90}Sr з течією Дніпра, що обумовило різницю до 10 разів між вмістом радіонукліду у воді цієї та інших досліджених зрошувальних систем, і його сезонними змінами протягом року. Нестабільність вмісту ^{137}Cs у зрошувальній воді пов'язана з більш високим (до 2 разів) вмістом цього радіонукліду у воді р. Інгулець порівняно з р. Дніпро. Для Південно-Бузького зрошуваного масиву головними чинниками формування радіаційної ситуації виступали: 1) надходження ^{137}Cs з забруднених «чорнобильським» ^{137}Cs територій водозбору р. Південний Буг (Вінницька, Хмельницька області); 2) винесення ^{137}Cs до р. Південний Буг з продуквими водами ставка-охолоджувача ЮУАЕС; 3) надходження ЗН через фільтрацію та продувку ставка-охолоджувача ЮУАЕС. Основним шляхом надходження радіонуклідів у зрошувальну мережу Білоусівського зрошуваного масиву є фільтрація ^{137}Cs та ЗН з очисних споруд ЮУ АЕС через підземні води. Розраховані коефіцієнти переходу ^{90}Sr та ^{137}Cs у сільськогосподарські культури зі зрошувальної води k_{ij}^1 (де i – певний радіонуклід, j – певний

зрошуваний масив) та з ґрунту k_{ij}^2 , а ЗН – зі зрошувальної води, свідчили про наявність різниці у 2-3 рази між величинами коефіцієнтів переходу k_{ij}^1 для 90Sr та 137Cs для різних зрошуваних масивів: за 90Sr коефіцієнти k_{ij}^1 для Інгулецької зрошувальної системи виявилися нижчими за відповідні значення для Південно-Бузької та Білоусівської зрошувальних систем. З'ясовано, що однією з причин цього є різниця у мінеральному складі води: висока мінералізація води, що надходила до Інгулецької зрошувальної системи, вплинула на перехід 90Sr зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури і спричинила зменшенню затримання його культурами. Коефіцієнти переходу 137Cs у сільськогосподарські культури зі зрошувальної води виявилися вищими для Південно-Бузької та Білоусівської зрошувальних систем. Величини коефіцієнтів переходу 90Sr та 137Cs у сільськогосподарські культури з ґрунту (k_{ij}^2) для трьох біогеоценозів характеризувалися меншою різницею і більш близькими між собою показниками. Таким чином, кожний зрошуваний масив відрізнявся шляхами надходження радіонуклідів в агроєкосистеми та факторами, які формували радіаційну ситуацію і завдяки яким мала місце істотна різниця між вмістом радіонуклідів у зрошувальній воді трьох зрошувальних систем.

Задля обґрунтування факторів, які можуть скласти основу радіаційно-гігієнічного критерію оцінки якості зрошувальної води, нами проаналізовано ці результати з позицій радіаційно-гігієнічних підходів, тобто не перевищення певних допустимих рівнів. Як вказано вище, величини допустимих рівнів радіонуклідів повинні забезпечувати не перевищення границі річної ефективної очікуваної дози опромінення населення, тому логічно прийняти в якості показника, за яким можна оцінювати безпечність та якість зрошувальної води відносно вмісту радіоактивних речовин, – ефективну еквівалентну дозу Е (Зв), як показник, який використовується в радіаційному захисті та який є мірою ризику виникнення віддалених наслідків опромінення (стохастичних ефектів) тіла людини та окремих його органів і тканин з урахуванням їх радіочутливості.

Ефективну еквівалентну дозу, яку отримує людина від радіонукліду i при споживанні продукції, що вироблена в умовах зрошуваного землеробства (на певному зрошуваному масиві j), позначимо $E_{i_{\text{зрош-}j}}$, яку, за результатами наших досліджень, у загальній формі можна представити функцією F двох змінних:

$$E_{i_{\text{зрош-}j}} = F(c_i, f_j) \quad (1)$$

де c_i – активність радіонукліду i в джерелі водного забезпечення системи (зазвичай, цим джерелом виступають річкові води), f_j – біологічні та фізико-хімічні фактори зрошуваного масиву j .

Зрозуміло, що величина c_i безпосередньо впливає на $E_{i_{\text{зрош-}j}}$, однак характер цього впливу визначається фактором f_j . Для визначення цього фактору зроблено деякі припущення і введено наступні позначення: f_j^1 – особливості масиву зрошення (рельєф території, природні стоки, змив з території водозбору річок), f_j^2 – особливості ґрунтів на території зрошення, f_j^3 – фізико-хімічні особливості водоймища (pH , мінеральний склад, температура, кількість завислих частинок); f_j^4 – біологічні процеси у водоймищах (поглинання і перерозподіл радіонуклідів між водними компонентами, сорбція-десорбція радіонуклідів мулами, включення радіонуклідів у біологічні цикли та ін.); f_j^5 – інші невраховані фактори.

За результатами проведених нами досліджень можна констатувати, що рельєф території зрошуваного масиву, природні водні стоки та інші гідрогеологічні умови впливають, в основному, на формування радіонуклідного складу води поверхневих водоймищ, які виступають джерелами зрошення, тому їх враховано у показнику c_i . Ґрунтовий склад обстежених зрошуваних масивів суттєвого розходження не мав, коефіцієнти переходу радіонуклідів у сільськогосподарські культури з ґрунту k_{ij}^2 також мали близькі значення для різних зрошуваних масивів j . Тому фактор f_j^2 можна не враховувати. А ось фізико-хімічними особливостями водоймища f_j^3 і біологічними процесами у водоймищах f_j^4 нехтувати не можна:

по-перше, встановлено достатньо істотний вплив мінералізації зрошувальної води на величину $E_{90Sr_{\text{зрош-}j}}$ (рис. 1) – цю типову залежність між величиною дози $E_{i_{\text{зрош-}j}}$ та мінералізацією зрошувальної води нами встановлено за матеріалами досліджень на території Інгулецького зрошуваного масиву;

по-друге, визначено, що біологічні та фізико-хімічні процеси, які впливають на перехід радіонуклідів у зрошувальну воду, головним чином, визначаються процесами сорбції (s) і десорбції (des) радіонуклідів мулами водоймища-резервуара, а саме їх відношенням S/des :

1) при переважанні процесу десорбції над процесами сорбції радіонуклідів донними мулами ($S/ds \leq 1$) відбувається вторинне забруднен-

ня води в разі переходу сорбованої донними відкладеннями активності у воду;

2) при переважанні процесу сорбції над процесом десорбції радіоактивності в мулах водоймища ($S/ds \geq 1$) буде відбуватися процес радіаційного очищення води, яка використовується для зрошення, що, відповідним чином, проявляється на зменшенні дози опромінення людини «через зрошення» (рис. 2).

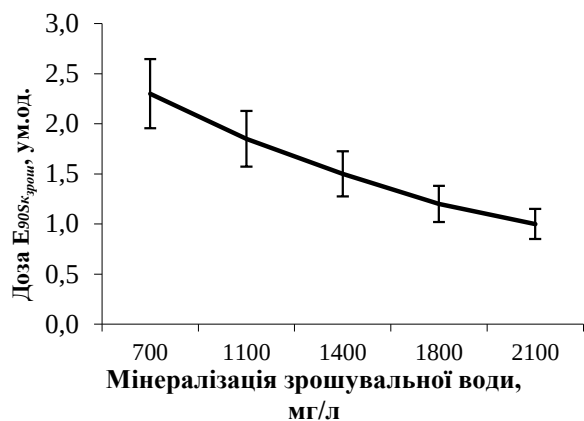


Рисунок 1 – Типова залежність між величиною дози $E_{90Sr_{зрош-j}}$ та мінералізацією зрошувальної води (за матеріалами досліджень на території Інгулецького зрошуваного масиву)

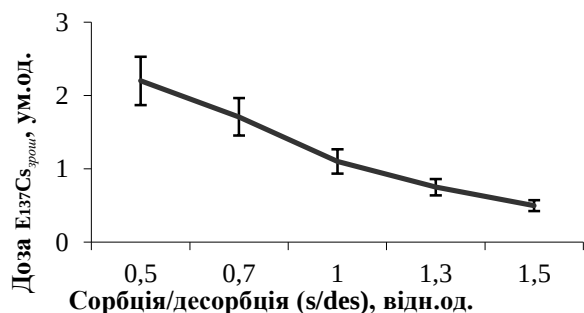


Рисунок 2 – Типова залежність між величиною дози $E_{137Cs_{зрош-j}}$ та процесами сорбції-десорбції (S/ds) у водоймищах зрошувальної системи (за матеріалами досліджень на території Білоусівського зрошуваного масиву)

Як відомо, величина відношення S/ds визначається рівнем pH води та кількістю біотичної складової водоймища: при значній кількості біомаси у водоймищі рівень pH води водоймища зміщується у лужний бік, і, відповідно, вихід сорбованої донними відкладеннями радіоактивності гальмується, а в протилежному випадку, коли середовище водоймища стає підкисленим, можливе серйозна десорбція радіоактивності з мулів і вторинне радіаційне забруднення води.

Так, на прикладі аналізу формування радіаційного стану у Білоусівській зрошувальній системі, нами було показано, що неврахування біологічних та фізико-хімічних процесів, які відбуваються у водоймищах зрошувальної системи, приводить до недооцінки величини дози $E_{зрош}$ у 4 рази, а разом з неврахуванням регіональних особливостей переходу радіонуклідів у зрошувані сільськогосподарські культури ця величина зростає до 8 разів [9]. Тобто, контролюючи вміст радіонуклідів лише у воді річок, як джерелі насичення зрошувальної системи, можна недооцінити величину навантаження на людину, через неврахування змін у радіонуклідному складі зрошувальної води, які викликані біохімічними процесами у водоймищі-резервуарі зрошувальної системи.

В результаті маємо, що величина дозового навантаження на людину «через зрошення» визначається не лише змінами вмісту радіонуклідів у річковій воді, а також особливостями міграційних процесів радіонуклідів у водоймищах-резервуарах та у біоценозі конкретного зрошувального масиву. Враховуючи вищевказане (1) набуває наступного вигляду:

$$E_{i_{зрош-j}} = F(c_i, k_{ij}^1, S/ds), \quad (2)$$

де $F(c_i, k_{ij}^1, S/ds)$ є функцією, що характеризує радіоекологічний стан конкретного водоймища-резервуара зрошувальної системи. Через те, що величини c_i та S/ds є показниками радіаційного стану води водоймища-резервуару зрошувальної системи $c_{i_{зрош}}$, а k_{ij}^1 характеризує перехід радіонуклідів у сільгоспкультури зі зрошувальної води для певного масиву зрошення, то (2.) можна представити так:

$$E_{i_{зрош-j}} = F(c_{i_{зрош}}, k_{ij}^1), \quad (3)$$

Це означає, що при розгляді конкретного зрошуваного масиву j , з визначеними коефіцієнтами переходу радіонуклідів у сільськогосподарські культури зі зрошувальної води ($k_i^1 = const$), можна знайти форму залежності дози $E_{i_{зрош-j}}$ безпосередньо від $c_{i_{зрош}}$: $E_{i_{зрош}} = F(c_{i_{зрош}})$. На рис. 3 зображено типові залежності «зрошувальна вода – доза» для різних зрошуваних масивів j . Різниця в «крутизні» ліній, які описують цю залежність для різних зрошуваних масивів, свідчить, що контрольні рівні радіонуклідів у зрошувальній воді будуть також різними для різних зрошувальних масивів і мають розроблятися з врахуванням наведених вище факторів.

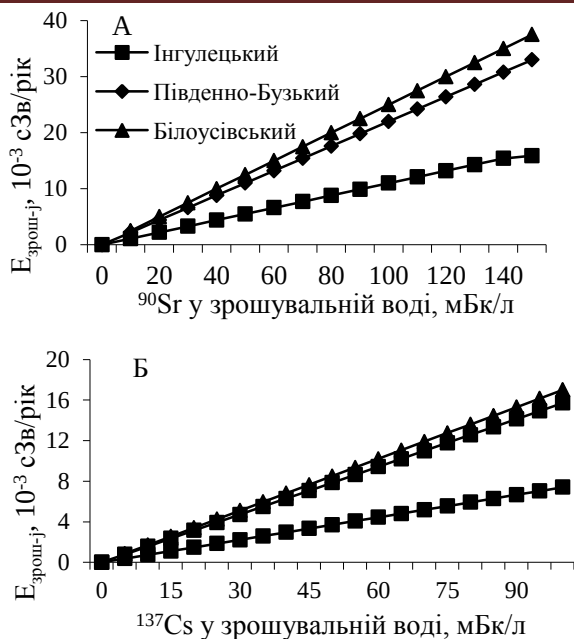


Рисунок 3 – Типові залежності «зрошувальна вода – доза» для різних зрошуваних масивів: А – за ^{90}Sr , Б – за ^{137}Cs

Це склало підстави зробити висновок, що при розробці радіаційно-гігієнічного критерію оцінки якості зрошувальної води потрібно враховувати:

- 1) різноманітність шляхів надходження радіонуклідів в агроєкосистеми, які визначають величини параметру c_i ;
- 2) відмінності у характері та інтенсивності накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами зі зрошувальної води – для врахування різних значень коефіцієнту k_{ij}^1 ;
- 3) відмінності у характері і інтенсивності накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами з ґрунту – для врахування різних значень коефіцієнту k_{ij}^2 ;
- 4) специфіку формування радіаційного стану у водоймищах-резервуарах зрошувальної системи (поглинання і перерозподіл радіонуклідів між компонентами водоймища, осадження на дно водоймищ нерозчинних сполук радіонуклідів і акумуляція їх донними відкладеннями, поглинання радіонуклідів водною біотою, включення розчинних сполук радіонуклідів у біологічний кругообіг водоймища, міграційні властивості радіонукліду та його здатність включатися у біологічні цикли (pH середовища, солевий склад води, температура, наявність макроаналогів) – які впливають на величину параметрів $c_{i\text{зрош}}$, k_{ij}^1 , k_{ij}^2 та визначають процес сорбції-десорбції радіонуклідів у водоймищі (S/des).

Висновки:

1. Відсутність нормативно-технічного документа для оцінки якості зрошувальних вод за радіаційно-гігієнічним критерієм не дозволяє здійснювати оцінку радіаційної безпеки цих вод, які, при цьому, характеризуються немалою ймовірністю радіонуклідного забруднення.

2. Радіаційно-гігієнічні критерії якості води для зрошення мають встановлювати якість зрошувальної води з урахуванням забезпечення радіаційно-гігієнічного та радіаційно-безпечного стану на зрошуваних масивах та убезпечення зрошувальних вод від радіаційного забруднення. Оцінка якості води для зрошення за радіаційно-гігієнічним критерієм має проводитися з метою попередження радіаційного впливу на компоненти агроєкосистеми та забезпечення радіаційної безпеки сільськогосподарської продукції рослинництва, тваринництва, врожаю.

3. Показано, що основними факторами, від яких залежить вміст радіонуклідів у зрошувальній воді: радіоактивності води, яка надходить у водоймище (c_i), мінерального складу води водоймища, який визначає перехід радіонуклідів у сільгоспкультури при зрошуванні (k_{ij}^1), наявності-відсутності вторинного забруднення води через визначення співвідношення процесів сорбції-десорбції радіонуклідів у водоймищі (S/des).

4. Визначено типові залежності, які демонструють формування ефективної дози опромінення людини через споживання нею зрошуваних сільськогосподарських культур від вмісту радіонуклідів у зрошувальній воді для зрошувальних систем, які живляться річковою водою з різних басейнів: Південно-Бузького і Дніпровського.

5. При розробці радіаційно-гігієнічного критерію оцінки якості зрошувальної води рекомендується враховувати наступні фактори: різноманітність шляхів надходження радіонуклідів в агроєкосистеми; відмінності у характері і інтенсивності накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами зі зрошувальної води, з ґрунту, специфіку формування радіаційного стану у водоймищах-резервуарах зрошувальних систем.

6. Подальші дослідження потрібно спрямувати на розрахунок контрольно-допустимих рівнів радіонуклідів у воді зрошувальних систем з врахуванням наведених факторів.

Список використаних джерел

1. ВНД 33-5.5-02-97. Якість води для зрошення. Екологічні критерії. – Харків, 1998. – 15 с.

2. Временные рекомендации по контрольным (допустимым) концентрациям радионуклидов в воде, используемой для полива сельскохозяйственных районов АЭС (затверджено МОЗ СРСР 14.01.1988р. і МОЗ України 16.02.1988 р. За № 050606 – 72)
3. ДСТУ 2730-94. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. – К.; Держстандарт України, 1994. – 14 с.
4. ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії. – К.: Мінекономірозвитку України, 2013. – 14 с.
5. ДСТУ Якість води для систем крапельного зрошення. Агрономічні і екологічні критерії. – К.; Держстандарт України, 2015. – 17 с.
6. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини» від 06.09.2005 № 2809-IV
7. ГН 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді» – Наказ МОЗ України від 03.05.2006 № 256
8. Григор'єва Л. І. Радіоекологічні та радіобіологічні аспекти зрошуваного землеробства півдня України. / Л. Григор'єва, Ю. Томілін. – Миколаїв: Видавничий центр МДГУ ім. Петра Могили, 2006. – 264 с.
9. Григор'єва Л. І. Формування радіаційного навантаження на людину в умовах півдня України: чинники, прогнозування, контрзаходи. / Л. Григор'єва, Ю. Томілін. – Миколаїв: Видавничий центр МДГУ ім. Петра Могили, 2009. – 332 с.
10. Козленко Є. В. Вплив умов формування води Інгулецької зрошувальної системи на агрономічні та екологічні показники її якості // Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць. Херсон: – 2013. – Вип. 56. – С. 164 – 171.
11. Лозовіцький П. С. Наукові основи управління екологічною безпекою зрошуваних земель півдня України: Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук/ – Київ – 2015. – 380 с.
12. Майдебуря О. П., Вожегова Р. А., Гудков І. М. Міграція радіонуклідів на зрошуваних ґрунтах півдня України // Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць. Херсон: – 2013. – Вип. 59. – С.136 – 138.
13. Хуторной О., Рибін В. Майбутнє зрошувального землеробства на Півдні України // Вісник НАН України. – 2015. – № 2. – С. 73, 79 – 80).
14. Якименко А. Н. Оценка качества воды Киевского водохранилища по показателям радиационной безопасности // Химия и технология воды. – 2013. – Т. 35. – № 4 – С. 341 – 348.

Надійшла до редакції 16.09.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Чурсіна Л. А. Херсонський національний технічний університет, м. Херсон.

Л. И. Григорьева, д.б.н.

КАЧЕСТВО ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ: ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

На основании многолетних исследований перехода радионуклидов из оросительной воды и из почвы в сельскохозяйственные культуры на юге Украины освещены имеющиеся проблемные вопросы в техническом регулировании качества оросительных вод по радиационно-гигиеническому критерию. Предложено определение радиационно-гигиенического критерия качества воды для орошения и приведены факторы, которые необходимо учитывать при разработке этого радиационно-гигиенического критерия.

Ключевые слова: радиационно-гигиенический критерий, качество оросительной воды, переход радионуклидов

L. Hrygorieva, DSc

QUALITY OF IRRIGATION WATER: APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF RADIATION-HYGIENIC CRITERION

The existing problematic issues in the technical regulation of irrigation water quality on the radiation-hygienic criterion were shown based on years of research of radionuclides from the irrigation water from the soil to crops in southern Ukraine. The definition of radiation-hygienic criterion of water quality for irrigation and the factors that must be considered in the development of this radiation-hygienic criterion was invited.

Keywords: radiation-hygienic criterion, the quality of irrigation water, the transfer of radionuclides.

О. А. Никитюк¹, д.с.-г.н., В. М. Новіков², д.ф.-м.н.

¹ Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ

² Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ

ШЛЯХИ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ ТА АКРЕДИТАЦІЇ ЛАБОРАТОРІЙ

В статті приведені результати досліджень шляхів прискорення процесів впровадження міжнародно-визнаних вимог до компетентності та акредитації вітчизняних лабораторій в Національному агентстві з акредитації України (НААУ).

Ключові слова: акредитація, компетентність, лабораторна практика.

З прийняттям нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] перед сотнями вітчизняних лабораторій, які раніше оцінювали свою компетентність шляхом атестації на право виконання метрологічних робіт, постало питання необхідності акредитації, підтвердження компетентності за міжнародно-визнаними вимогами стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 [2]) в НААУ.

На жаль, переважна більшість таких лабораторій вимушена вирішувати проблемні питання, пов'язані з впровадженням вимог [2] в свою лабораторну практику та проведення акредитації в рамках вкрай обмеженого терміну часу. Лабораторії, які розпочали процес акредитації, наприклад, ще декілька років тому, коли в Законі України «Про метрологію та метрологічну діяльність» було передбачено два варіанти підтвердження компетентності лабораторій (атестація та акредитація), були в набагато більш зручній ситуації.

Метою даної роботи є виявлення шляхів прискорення процесів підготовки та акредитації лабораторій за вимогами [2], використовуючи результати експертних оцінок фахівців вже акредитованих в НААУ вітчизняних лабораторій.

Постановка експерименту з експертної оцінки проблем акредитації зроблена за припущення, що фахівців акредитованих в НААУ лабораторій (завідуючі лабораторією, менеджери з якості та аудитори, що проходили відповідне навчання) можна вважати експертами стосовно вивчення проблемних питань, які виникають при підготовці та акредитації лабораторій. Ці фахівці є підготовленими в рамках вимог [2], пройшли у себе в лабораторіях усі етапи практичної підготовки до акредитації, сам процес акредитації в НААУ, отже їх думку стосовно шляхів вирішення питань, що виникали в лабораторії протягом часу реалізації цих процесів можна вважати «експертною оцінкою».

Зразок розробленої нами анкети для прове-

дення експертного оцінювання наданий в табл. 1.

Як бачимо із табл. 1, усього було запропоновано експертам відповісти на 17 запитань, тобто запропоновано оцінити з точки зору експерта-фахівця конкретної акредитованої лабораторії в 10-бальній шкалі ступінь важливості кожного із 17-ти факторів, що на нашу думку мав би впливати на прискорення як процесу підготовки лабораторії до акредитації, так і самого процесу акредитації.

Таблиця 1 – Зразок опитувальної анкети для проведення експертної оцінки

Оцініть, будь ласка, в 10-ти бальній шкалі значимість вказаних факторів у полегшенні та прискоренні процесів підготовки до акредитації Вашої лабораторії та її акредитації в НААУ.

№	Назва фактору	Значення балу (по 10-ти-бальній шкалі)
1	Зовнішня консалтингова підтримка	
2	Додаткове фінансування на акредитацію	
3	Навчання завлабораторією	
4	Навчання менеджера з якості	
5	Навчання аудиторів	
6	Навчання усього персоналу лабораторії	
7	Проведення передакредитаційного аудиту	
8	Наявність простежуваності результатів до одиниць Si	
9	Попередній досвід роботи в рамках вимог ISO 9001	
10	Якісна валідація методик	
11	Проведення міжлабораторних порівнянь з лабораторією коор-	

	динатором, акредитованою за ISO/IEC 17043	
12	Перехід від повірки до калібрування ЗВТ	
13	Особисті добрі стосунки з персоналом НААУ	
14	Зв'язки лабораторії на рівні керівництва НААУ	
15	Матеріальна база (приміщення, обладнання, лабораторії)	
16	Імідж лабораторії	
17	Щорічний валовий дохід лабораторії	

Фактори, вказані в табл. 1, підбиралися таким чином, щоб охопити, в нашому розумінні і виходячи із нашого досвіду підготовки лабораторій до акредитації, як «матеріальну», так і «нематеріальну» складові підготовки до акредитації, фактори особистих зв'язків, гарних стосунків із аудитором та керівництвом НААУ, методичний фактор та інші, які мали б впливати на вказані процеси, пов'язані з акредитацією.

Опитування проводилося протягом 2016 року серед фахівців акредитованих лабораторій – завідувачів лабораторії, менеджерів з якості та аудиторів, які приїхали підвищувати

кваліфікацію до Відокремленого структурного підрозділу «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики Одеської державної академії технічного регулювання та якості» в групі перепідготовки (підготовки до проведення інспекційних наглядів та повторної акредитації).

Оскільки групи такого напрямку підвищення кваліфікації є малочисельними (від 10 до 20 осіб), то опитування зайняло фактично один рік.

Усього було запропоновано експертам різних груп 100 анкет. Заповненими на сьогодні маємо 87 анкет, що будемо вважати достатнім для проведення попереднього аналізу та оприлюднення висновків, отриманих методом експертних оцінок стосовно факторів, що найбільш суттєво (на думку експертів) вплинули на акредитацію їх лабораторії.

Усереднені результати (середні арифметичні значення по кожному із факторів за підрахунками 87 анкет) приведені в табл. 2. Округлення здійснюється до цілого значення числа

Як бачимо із таблиці 2, найбільш суттєвим фактором прискорення процесу акредитації експерти вважають навчання менеджера з якості лабораторії.

Таблиця 2 – Усереднені результати експертних оцінок факторів впливу на процеси підготовки та акредитації лабораторій

Номер фактору за табл.1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Середнє значення балу (ступінь важливості фактору)	6	4	8	9	7	5	7	8	4	4	4	4	2	1	3	2	1

З цим, безумовно, можна погодитись, вважаючи на те, що саме менеджер з якості відповідає за впровадження системи управління якістю в лабораторії, її підготовку до акредитації, проведення внутрішніх аудитів (в разі малочисельності лабораторії, як правило, він і є єдиним аудитором) несе відповідальність за функціонування більшості елементів системи. Саме менеджер з якості має найбільше навантаження і відповідальність також і під час акредитації лабораторії, так як несе відповідальність за виконання більшості розділів [2].

Якщо розглядати фактори за значимістю нижче половини (5) від максимального значення 10, тобто фактори за номерами «2» та від «9» до «17», то можна дійти дуже цікавих висновків, зокрема і стосовно оцінювання експертами об'єктивності роботи НААУ.

Як видно із табл. 2 та табл. 1, такі фактори, як «зв'язки на рівні керівництва НААУ» (14) чи «особисті добрі стосунки з персоналом НААУ»

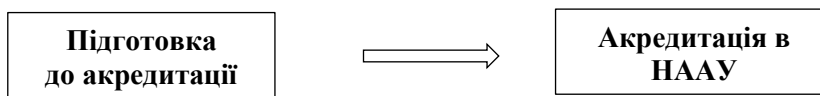
(13) – практично не впливають (за даними експертів) на вирішення проблем акредитації, що має свідчити про загальну об'єктивність роботи НААУ.

Однак, за даними експертів, на наш погляд, можна вказати і на негативні сторони діяльності НААУ. Так, параметр «якість валідації методик» оцінений експертами на «4», що каже про послаблену увагу НААУ до валідації методик. Також НААУ, на наш погляд, має більше уваги приділяти результатам міжлабораторних досліджень, як єдиного інструменту об'єктивної оцінки компетентності, адже фактор (11) «проведення міжлабораторних порівнянь в лабораторіях-координаторах, акредитованих за ISO/IEC 17043» оцінений всього на «4».

За даними експертних оцінок, ні імідж лабораторії, ні її фінансові здобутки (фактори (16) та (17)), не впливають суттєво на процес акредитації, а от доведення лабораторією «простежуваності результатів до одиниць Si» при акредитації

має важливе значення (фактор оцінено на «8»). оцінках більше 5 балів за даними табл. 1 та 2)
Найбільш суттєві фактори (що набрали в узагальненні на рис. 1.

Загальний процес акредитації



Суттєві фактори впливу

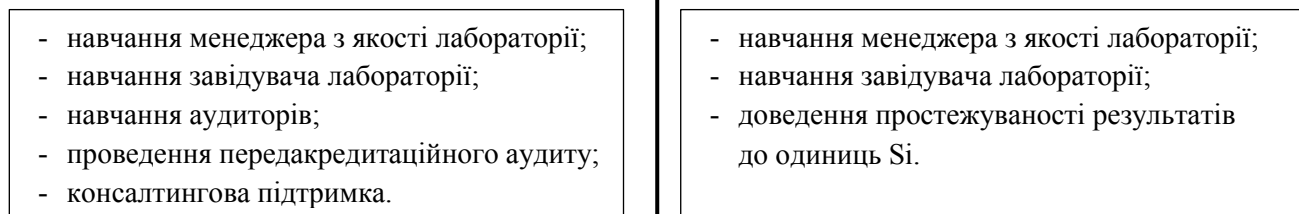


Рисунок 1 – Найбільш суттєві фактори, що, за результатами експертних оцінок, впливають на процес акредитації

Загальний висновок, який, очевидно, можна зробити за результатами експертних оцінок (див. рис. 1), стосується необхідності якісного навчання персоналу для прискорення проходження акредитації.

Важливість фактору навчання (за результатами оцінок) набагато більша, ніж, скажімо, фінансові здобутки чи імідж лабораторії.

Висновок

Вперше метод експертних оцінок застосований для виявлення факторів, що суттєво впливають на прискорення процесів підготовки лабораторій до акредитації та акредитації в НААУ. Показано, що найважливішим фактором впливу на загальний результат акредитації є навчання менеджерів з якості лабораторій.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» із змінами, внесеними відповідно до Закону № 124-VIII від 15.01.2015 р.
2. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 27 с. – (Національний стандарт України).

Надійшла до редакції 17.10.2016

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

А. А. Никитюк, д.с.-х.н., **В. Н. Новиков**, д.ф.-м.н.

ПУТИ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ И АККРЕДИТАЦИИ ЛАБОРАТОРИЙ

В статье показаны результаты опытов путем ускорения процессов внедрения международно-признанных требований к компетенции и аккредитации отечественных лабораторий в Национальном агентстве по аккредитации (НААУ).

Ключевые слова: аккредитация, компетентность, лабораторная практика.

O. A. Nykytyuk, DSc, **V. M. Novikov**, DSc

BY ACCELERATING THE PROCESS OF PREPARATION LABORATORIES AND ACCREDITATION

In the article the results of research by facilitating the implementation of the internationally accepted requirements for the competence and accreditation of national laboratories of the National Accreditation Agency of Ukraine (NAAU).

Keywords: accreditation, expertise, laboratory practice.

О. А. Никитюк¹, д.с.-г.н., В. В. Новіков², к.т.н., В. К. Домницька²

¹ Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ

² Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ

СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОНАННЯ ВИМОГ ДСТУ EN ISO 15189:2015 СТОСОВНО НЕОБХІДНОСТІ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА ВАЛІДАЦІЇ МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕНЬ В МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ

У роботі запропоновано варіант підходу до виконання вимог стандарту ДСТУ EN ISO 15189:2015 [1] стосовно необхідності верифікації та валідації методик досліджень в клініко-діагностичних (медичних) лабораторіях, що ґрунтується на використанні програмного продукту «автоматизована інформаційна система в лабораторії».

Ключові слова: валідація, верифікація, автоматизація, компетентність, лабораторія.

Метою роботи є обґрунтування необхідності впровадження в медичних лабораторіях автоматизації процесів планування, реєстрації та обчислень під час верифікації та валідації методів, що дозволяє відмовитися від паперових носіїв для реєстрації цих даних та суттєво зменшити витрати на виконання лабораторією вимог щодо верифікації методів стандарту [1].

Виконання технічних вимог стандарту [1] вимагає від лабораторії значних ресурсів і матеріальних витрат в т. ч. по проведенню валідації (оцінки придатності нестандартизованих методів) та верифікації (оцінки правильності використання) стандартизованих методів, що використовує лабораторія.

Автори в [2] обґрунтували можливість використання автоматизованих систем в лабораторіях випробувальних задля підвищення продуктивності праці та зменшення витрат на функціонування.

В лабораторіях медичних ми маємо ситуацію, коли оператори методик досліджень не мають відповідної базової математичної освіти, що вкрай ускладнює виконання ряду технічних вимог [1] взагалі.

Зважаючи на лібералізацію законодавства України в галузі метрології [3], конкурентні ринкові умови роботи випробувальних та калібрувальних лабораторій, розширення вимог до якості та безпеки об'єктів випробування, постійно розширюється сфера акредитації лабораторій та відповідно збільшується кількість методів, які необхідно валідувати та верифікувати.

Зрозуміло, що окрім проведення самого експерименту по валідації чи верифікації методу, технічні дані ще треба реєструвати, сам експеримент планувати, а результати реєструвати для того, щоб лабораторія була у змозі довести виконання вимог перед органом з акредитації – Національним агентством з акредитації України (НА-

АУ) та власними замовниками. При акредитації лабораторій, або при нагляді за акредитованими лабораторіями, експерти НААУ заповнюють спеціальну форму по оцінці методів [4], в якій мають зазначатися документовані докази валідації методу, або оцінювання спроможності лабораторії виконувати стандартизований метод (посилання на звіт про валідацію або результати оцінювання придатності). Стає очевидною необхідність розширення існуючого рішення використання новітніх інформаційних технологій у лабораторній практиці – автоматизованої інформаційної системи (АІС) «Лабораторія» [5] для виконання описаних вище задач, в т. ч. і задач формування готових звітів з верифікації та валідації методів. Звіти з верифікації методів є не тільки підтвердженням правильності використання методів, а й можуть використовуватись для таких складових системи якості лабораторії, як:

- підтвердження компетентності вже уповноваженого на дослідження персоналу та компетентності персоналу перед уповноваженням(стажерів);
- аналізування з боку керівництва;
- придбання послуг та ресурсів;
- контролювання якості результатів випробування.

В даній роботі викладена перша частина вирішення задачі – автоматизація верифікації методів.

Методи

Для оцінки правильності використання стандартних методів було вибрано 2 критерії оцінки – оцінка відтворюваності (внутрішньолабораторної складової) та оцінка повторюваності (збіжності) і, відповідно, порівняння отриманих характеристик з вимогами методу, іншими словами – верифікація повторюваності та верифікація відтворювано-

сті. Лабораторією може бути прийнято, що для оцінки правильності використання стандартного методу можна використовувати як один критерій, так і обидва одночасно, згідно, наприклад, з рекомендаціями Eurachem [6]

За оцінку відтворюваності та повторюваності прийнято стандартне відхилення та відносне стандартне відхилення результатів, що є загальноприйнятою практикою, викладено, наприклад в ДСТУ ГОСТ ISO 5725-2 [7].

АІС «Лабораторія» вже формує журнал проміжних результатів, в т. ч. по результатам дослідження паралельних проб, тобто дані для розрахунку повторюваності вже є в системі і їх не потрібно додатково вводити. У випадку оцінки відтворюваності, система використовує результати, що були отримані при випробуванні зразків, які зберігаються та стандартних зразків для реалізації методів внутрішньолабораторного забезпечення якості. Тобто, верифікація відтворюваності, так само як і верифікація повторюваності не вимагає від виконавця внесення будь-якої нової інформації щодо результатів випробувань в АІС «Лабораторія».

Для усереднення та оцінки загальної або середньої повторюваності система використовує формулу середнього квадратичного, що наведена, наприклад в ДСТУ ГОСТ ISO 5725-2 [7].

Результати автоматизації

Оскільки всі дані, необхідні для проведення верифікації, в АІС Лабораторія вносяться при записі результатів досліджень, формування звіту з верифікації проходить в самому спрощеному вигляді та вимагає мінімум ресурсів від лабораторії. Виконавець вибирає методику, вибирає розділ «Звіти з верифікації», де він може переглянути існуючі звіти з верифікації та створити нові.

Для формування нового звіту з верифікації виконавець вибирає період, за який системі слід брати дані з журналів випробувань до звіту з верифікації та які результати брати – результати випробувань зразків замовника (тільки для оцінки повторюваності), чи результати випробувань стандартних зразків або зразків, що зберігаються (для оцінки повторюваності та відтворюваності). Система сама автоматично бере всі результати досліджень лабораторії по цій методиці за даний період часу та формує готовий до затвердження звіт з верифікації даної методики. Після цього, у керівника лабораторії з'являється нагадування, про необхідність затвердження даного звіту з верифікації через меню системи. Затверджений звіт з верифікації певної методики можна переглянути як через окреме меню, так і через перегляд методики.

Система автоматично ідентифікує звіт з верифікації, використовує результати досліджень з

датами проведення та ідентифікацією відповідних зразків замовників лабораторії, що дозволяє повністю простежити ці результати, оцінює повторюваність по кожному зразку, загальну повторюваність, порівнює з межею повторюваності для цього методу та робить висновок про правильність використання методики виходячи із оцінки повторюваності.

Система автоматично ідентифікує також звіт з валідації, використовує результати випробувань з датами проведення та ідентифікацією відповідного стандартного зразку в лабораторії, що дозволяє забезпечити простежуваність результатів, оцінює повторюваність по кожному зразку, загальну повторюваність, порівнює з межею повторюваності для цього методу, оцінює відтворюваність (внутрішньолабораторну складову) та робить висновок про правильність використання методики виходячи із оцінки повторюваності та оцінки відтворюваності (внутрішньолабораторну складову).

Звіти з верифікації формуються системою в форматі pdf та готовому до друку за формою, затвердженою лабораторією.

Блок «Верифікація методик», що є умовною назвою автоматизації верифікації методів АІС «Лабораторія» успішно впроваджений в лабораторну практику ряду випробувальних лабораторій, в т. ч. ДП «Агмінтест» та ТОВ «Контроль Юніон Україна» (Control Union Ukraine), м. Одеса.

На момент подання статті до редакції, випробувальна лабораторія ДП «Агмінтест» сформувала 375 звітів з верифікації витративши саме на цей процес не більше 15 людино-годин разом з затвердженням цих звітів. Зрозуміло, що результати випробувань вже були записані в систему раніше. Формування цих самих звітів з верифікації «вручну» вимагало б від лабораторії мінімум на порядок більше часу, оскільки потрібно не лише формувати відповідні документи, збирати дані по відповідним журналам а і проводити обчислення. Зважаючи на такі результати впровадження, можна говорити про високу економічну ефективність запропонованого рішення для усіх видів лабораторії.

Висновки

У статті розглянуто оригінальний варіант рішення актуального технічного завдання – автоматизації процесів планування, реєстрації та обчислень під час верифікації методів в рамках вимог стандарту ДСТУ EN ISO 15189:2015. На прикладі впровадження в лабораторну практику випробувальної лабораторії ДП «Агмінтест» показана висока ефективність запропонованого рішення, що дозволило відмовитися від паперових носіїв для реєстрації даних верифікації та суттєво зменшити витрати на виконання лабораторією вимог щодо верифікації методів.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO 15189:2015. Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності. Затверджений наказом ДП «УкрНДНЦ» № 61 від 22.06.2015р.
2. Новіков В. М., Никитюк О. А., Новіков В. В. Основи компетентності лабораторій (ч.1). Навчальний посібник, – К.: Фавор, 2013. – 243 с.
3. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» № 1314-VII від 05.07.2014 р: Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008.
4. Система управління. Методика «Проведення оцінки лабораторії на місці» [Електронний ресурс]: / Національне агентство з акредитації України. – Методика. – 2014. – Режим доступу: http://naau.org.ua/wp-content/uploads/2014/04/M-08.01.14_red_17_.pdf (дата звернення: 25.02.2016). – Назва з екрану.
5. Новіков В. В. Автоматизована інформаційна система «Лабораторія» – реалізація новітніх інформаційних технологій в лабораторній практиці / В. Новіков // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2014. – № 24. – С. 44 – 52.
6. B. Magnusson and U. Örnemark (eds.) Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0.
7. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 2. Основний метод визначення повторюваності і відтворюваності стандартного методу вимірювання (ISO 5725-2:1994, IDT): ДСТУ ГОСТ ISO 5725-2:2005. – [чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 57 с. – (Національний стандарт України).

Надійшла до редакції 20.10.2016

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

А. А. Никитюк, д.с.-х.н., В. В. Новиков, к.т.н., В. К. Домницкая

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ВЫПОЛНЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ ДСТУ EN ISO 15189:2015 ОТНОСИТЕЛЬНО НЕОБХОДИМОСТИ ВЕРИФИКАЦИИ И ВАЛИДАЦИИ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕДИЦИНСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ

В работе предложен вариант подхода к выполнению требований стандарта ДСТУ EN ISO 15189:2015 [1] о необходимости верификации и валидации методик исследований в клинико-диагностических (медицинских) лабораториях, основанного на использовании программного продукта «автоматизированная информационная система в лаборатории».

Ключевые слова: валидация, верификация, автоматизация, компетентность, лаборатория.

O. A. Nykytyuk, DSc, V. V. Novikov, PhD, V. K. Domnitska

THE MODERN APPROACH TO FULFILLING THE REQUIREMENTS OF DSTU EN ISO 15189:2015 ABOUT THE NEED FOR VERIFICATION AND VALIDATION OF RESEARCH METHODS IN MEDICAL LABORATORIES

The paper offers a variant approach to implementing the requirements of the standard DSTU EN ISO 15189:2015 [1] about the need for verification and validation of research methods in clinical diagnostic (medical) laboratories, based on the use of the software «automated information system in the laboratory».

Keywords: validation, verification, automation, competence, laboratory.

МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК У ПРОЦЕСІ ЕКСПЕРТИЗИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

У статті представлено етапи, умови, індивідуальні (інтерв'ю, анкетування та бесіда) та колективні (метод комісії, конференції, семінари, дискусії за «круглим столом», метод Дельфі, метод відстороненого оцінювання, метод «мозкового штурму», конференція ідей, метод рангових оцінок) методи проведення експертизи навчального процесу у ВНЗ. На основі отриманих експертних оцінок, щодо визначення оцінки якості навчання студентів у ВНЗ, розроблено і представлено нову концепцію індивідуально-орієнтованого навчання студентів, з метою забезпечення мобільності і свободи вибору студентів, щодо способу і форми отримання знань та їх контролю.

Ключові слова: експертні оцінки, методи проведення експертизи навчального процесу у ВНЗ, індивідуальні і колективні методи експертних оцінок, індивідуально-орієнтоване навчання.

Актуальність дослідження. В останні роки у системі освіти України набули особливої популярності методи експертних оцінок, засновані на використанні експертної інформації. Вони допомагають встановити ступінь складності та актуальності проблеми, визначити основні цілі і критерії, виявити важливі чинники і взаємозв'язки між ними, вибрати найкращі альтернативи. Більшість з цих методів беруть своє походження із соціологічних та політологічних наук (інтерв'ю, анкетування, опитування), економіки, маркетингу та менеджменту (метод відстороненого оцінювання, метод комісії), але є й міждисциплінарні, які широко застосовуються у психологічних та педагогічних науках (метод Дельфі, мозковий штурм, конференція ідей). Різні методи експертної оцінки широко застосовуються в усіх сферах освіти України – від дошкільної – до вищої та післядипломної освіти.

На думку О. С. Бондар [1] метод експертних оцінок дозволяє аналізувати складні освітні процеси, систему менеджменту освітньої установи, явища або ситуації, які характеризуються в основному якісними, неформалізованими ознаками (що ускладнює їх аналіз та оцінку); використовується при прогнозуванні розвитку системи освіти в її взаємозв'язку з соціальним середовищем, для визначення і ранжування за заданим критерієм найбільш істотних факторів, що впливають на функціонування і розвиток освітньої системи. Даний метод забезпечує оцінку альтернативних рішень і вибір кращих варіантів рішення. Особливо актуально впровадження методу експертних оцінок в роботу вищих навчальних закладів, оскільки за допомогою цих методів вирішуються проблеми забезпечення якості вищої освіти та її оцінки, менеджменту ВНЗ і

структурних підрозділів, модернізації та оптимізації навчального процесу ВНЗ.

Мета дослідження: проаналізувати етапи, умови та методи проведення експертизи навчального процесу у ВНЗ; визначити якість навчання у ВНЗ за допомогою індивідуальних і колективних методів експертних оцінок.

Виклад основного матеріалу дослідження. Різні аспекти проведення експертизи освітнього процесу досліджують В. Г. Афанасьєв, С. В. Гуцикова, Л. Г. Євланов, В. О. Кутузов, І. П. Підласий, С. О. Тарасов, В. С. Черепанов та інші учені. Метод експертних оцінок – це комплекс логічних і математичних процедур, спрямованих на отримання інформації, її аналіз і узагальнення з метою підготовки та прийняття компетентного управлінського рішення [3, с. 12], [7, с. 69 – 70].

Суть методу полягає в проведенні експертами аналізу проблеми з якісною і кількісною оцінкою суджень і формальною обробкою результатів індивідуальних експертних оцінок [8]. Процедура проведення експертної оцінки (експертизи), за О. С. Бондар, складається з логічно взаємопов'язаних етапів:

1) Початковий етап: визначення мети і завдань експертизи, постановка проблеми; визначення міри відповідальності, прав і повноважень робочої групи експертів; встановлення термінів проведення експертизи; добір експертів, формування експертних груп (при необхідності визначення їх компетентності) [1].

Для навчально-педагогічної експертизи найчастіше потрібна розробка анкет, опитувальників, тестів, контрольно-діагностичних завдань. Експертна оцінка є результатом аналітичної діяльності, заснованої на вмінні бачити і вирішувати протиріччя, прогнозувати, передбачати і знаходити нестандартні способи вирішення. Всі

ці завдання вирішуються на першому етапі.

2) Основний етап експертизи пов'язаний зі збором даних, проведенням дослідницької роботи і експертною оцінкою, аналізом наявного матеріалу. Технологія експертизи, використання сукупності методів і критеріїв оцінки залежать від характеру експертизи, сфери її застосування [1].

3) Завершальний етап експертизи – опитування експертів (індивідуальне чи групове; особисте, очне або заочне; усне чи письмове), оформлення документа (звіт, довідка, рецензія тощо), прийняття експертного висновку – основи

для компетентного управлінського рішення, яке приймає менеджер [1].

Залежно від галузі застосування експертних методів у навчальному процесі можливе впровадження індивідуальних та колективних експертних оцінок [1], [2], [5], [9]. Для прийняття важливих експертних висновків про перспективи і концепції розвитку системи освіти, впровадження державних стандартів освіти, нових навчальних програм використовується комплекс методів індивідуальних і колективних експертних оцінок. Основні методи експертних оцінок, які застосовуються при експертизі навчального процесу у ВНЗ подано на рис. 1.

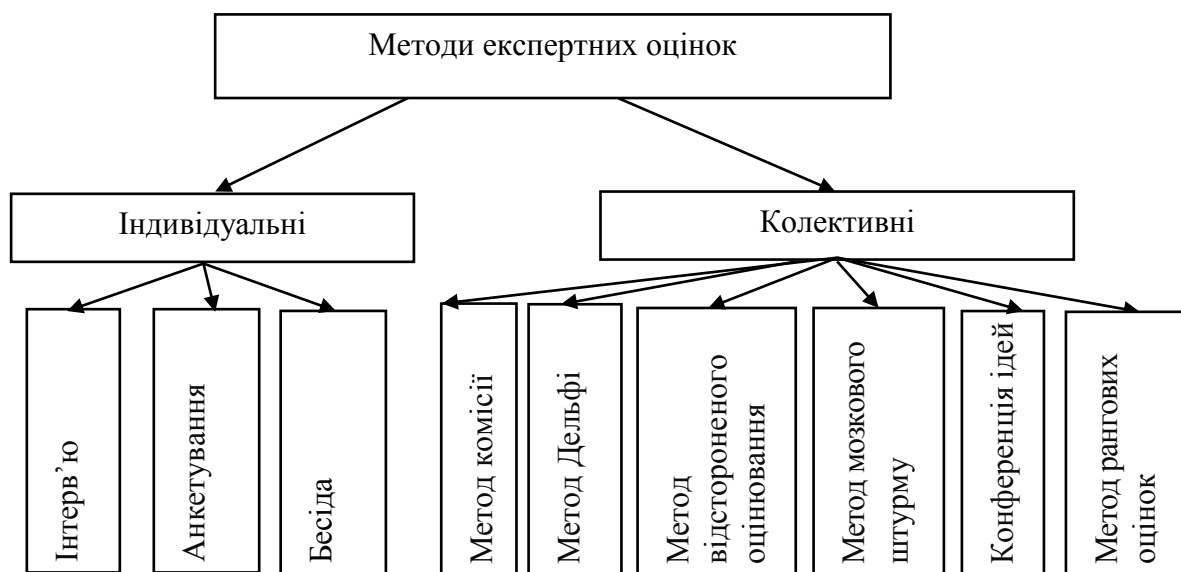


Рисунок 1 – Основні методи експертних оцінок, які застосовуються під час експертизи навчального процесу

Індивідуальні експертні методи – це висновок експерта, сформульований особисто кожним із них самостійно без врахування думок інших експертів.

До індивідуальних експертних методів належать:

1) інтерв'ю – співбесіда респондента (педагога) з експертом, з метою з'ясування змісту, форми й методів вирішення питань, які виникли в навчальному процесі, очікуваних результатів навчально-виховної та управлінської діяльності тощо;

2) анкетування – надання респондентом письмових відповідей на запитання анкети, результати анкетування можуть бути спотворені проявами суб'єктивізму опитуваного;

3) бесіда – отримання інформації про досліджуваній об'єкт в логічній формі від досліджуваної особистості, членів досліджуваної

групи і від довколишніх людей [6].

Колективні експертні методи – це методи, які забезпечують формування єдиної спільної думки в результаті взаємодії залучених фахівців-експертів:

1) метод комісії (наради, конференції, семінари, дискусії за «круглим столом»), полягає у виробленні експертами кращого варіанта досягнення поставленої мети з урахуванням усіх висловлених на нараді пропозицій, ідей;

2) метод Дельфі – експертне опитування групи спеціалістів у кілька турів (частіше у 3 – 4 тури) для вибору найкращого із рішень (Інтернет-конференції, сліпе рецензування наукових робіт, обмін інформацією з використанням спеціально розроблених опитувальників);

3) метод відстороненого оцінювання – вибір оптимального незалежного рішення із числа висловлених експертами на нараді, яка поділена на

дві частини: висунення ідей та їх критичний аналіз;

4) метод «мозкового штурму» – використовується для знаходження нетрадиційного, оригінального рішення в гранично стислі терміни, шляхом генерування й висунення ідей, з урахуванням критичних зауважень;

5) конференція ідей – подібна до мозкового штурму, але має свої відмінності: більш повільний темп проведення нарад та дозволена коротка конструктивна критика ідей у формі реплік і коментарів, зі стимулюванням поєднання кількох пропозицій, креативності, що сприяє підвищенню якості ідей;

6) метод рангових оцінок – має на меті отримання узагальненого судження експертів, а будь-яку досліджувану інформацію розташовують у порядку зростання або зменшення величини ознаки. Кожній ознаці приписують число, що позначає її ранг, отримані результати піддаються математичній обробці. Перевірку узгодженості ранжування визначають обчисленням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена або коефіцієнта конкордації [6].

Зазвичай, для проведення експертизи освітнього процесу та освітніх установ, використовуються вже розроблені, апробовані, валідні і об'єктивні методики – результат професійно-спрямованих, психолого-педагогічних досліджень. Якщо немає готових методик, експерти розробляють власні за алгоритмом: визначення критеріїв експертної оцінки; визначення номенклатури рівнів (високий, середній, низький або оптимальний, допустимий, недопустимий тощо); відпрацювання набору показників, які в сукупності характеризують рівень розвитку якості, параметра, результату, що оцінюються [2].

Для проведення експертизи освітнього процесу та освітніх установ доцільно використовувати вже розроблені, апробовані, валідні і об'єктивні методики: вони, як правило, є результатом професійно-спрямованих, психолого-педагогічних досліджень. За відсутності готових методик, експерти розробляють власні, алгоритм розробки: визначення критеріїв експертної оцінки; визначення номенклатури рівнів (високий, середній, низький або оптимальний, допустимий, недопустимий тощо); відпрацювання набору показників, які в сукупності характеризують рівень розвитку якості, параметра, результату, що оцінюються.

Визначення показників ґрунтується на тому, що кожен з критеріїв оцінки, наприклад психолого-педагогічні та матеріально-технічні умови навчання студентів, може бути представлений як сукупність підкритеріїв нижчого рівня (ма-

теріально-технічна база, що забезпечує професійну спрямованість навчання у ВНЗ, охорона праці та безпека студентів), а вони, в свою чергу, – у вигляді сукупності підкритеріїв ще більш низького рівня і т.д. Цей процес повторюють до тих пір, поки не з'являється можливість визначити для кожного з критеріїв і підкритеріїв один або кілька показників оцінки (наявність обладнання, комп'ютерів, програм для дистанційної освіти, устаткування в аудиторіях, санітарний стан приміщень тощо), які не визначають якість отриманої освіти, але значно впливають на неї. Значення цих підкритеріїв визначають за допомогою вимірювальних методик або експертної оцінки.

Започатковуючи дослідження щодо якості навчання у ВНЗ Одеська державна академія технічного регулювання та якості (ОДАТРЯ), ми провели анкетування студентів і викладачів, розроблене за логікою «постадійного розгортання питання» (Дж. Геллап, Е. І. Дмитрієв) [8]: питання-фільтр, що дозволяє виявити обізнаність опитуваного про проблему; питання, спрямоване на виявлення загального ставлення опитуваного до проблеми (відкрите, яке не передбачає варіантів вибору відповіді); питання для отримання відповіді з конкретного аспекту проблеми (закрите, яке передбачає варіанти готових відповідей); питання, що дозволяє виявити причини подій, поглядів, мотивацію суджень (напівзакрите); питання на виявлення стійкості поглядів опитуваного на проблему (в закритій формі).

Застосувавши методи експертних оцінок на практиці і проаналізувавши результати навчального процесу (опитування й анкетування викладачів та студентів, рангові оцінки, семінари, дискусії за «круглим столом» і мозковий штурм), ми отримали наступні результати: необхідно покращити якість навчання, оскільки в середньому у бакалаврів вона складає близько 70%, а у спеціалістів і магістрів 75% – 80%. За результатами експертизи, одним із факторів, що впливає на якість навчання є структура навчального процесу з обов'язковим відвідуванням студентів усіх аудиторних занять та з обмеженою можливістю отримати навчальний матеріал дистанційно. Тому, на основі експертних оцінок, ми дійшли висновку, що необхідно розробити нову концепцію навчання студентів, яка б дала студентам більшу мобільність і свободу вибору, щодо способу і форми отримання знань та їх контролю.

Так, виникла ідея індивідуально-орієнтованого навчання студентів (авторський колектив Л. В. Коломієць, С. Л. Волков, О. І. Кисельова), яка в ході обговорень, круглих столів та конференцій ідей, втілювалась у «Концеп-

цію індивідуально-орієнтованого навчання». Вона ґрунтується на Законі України про вищу освіту № 1556-VII від 1 липня 2014 року і впроваджується в освітньо-виховний процес ОДАТРЯ з метою оптимізації навчального процесу і навантаження професорсько-викладацького складу ОДАТРЯ.

Основна мета індивідуально-орієнтованого навчання – дати студентам можливість самостійно визначати час відвідування занять і створити більш гнучкий графік навчання (за С. Л. Волковим). Що стає можливим завдяки: навчанню за індивідуальним навчальним планом студента (ІНПС); формуванню розкладу занять за «дисциплінарним» принципом; гнучкому навчальному графіку, можливості для студента самому визначати необхідність і час відвідування занять; мобільності студента, можливості індивідуально виконати і здати тематичні і контрольні завдання; тематичному і підсумковому контролю успішності студентів; моніторингу успішності студентів.

Згідно концепції [4], індивідуальний навчальний план студента (ІНПС) складається на основі плану навчального процесу, який містить блоки навчальних дисциплін (обов'язкових та за вибором навчального закладу і студента). Зміст і обсяг дисциплін визначається вищим навчальним закладом та передбачає профільну спеціалізовану освітньо-професійну або освітньо-наукову програму підготовки здобувачів вищої та післядипломної освіти (ст. 1. Закону України про вищу освіту), із зазначенням навчальних семестрів і анотації дисциплін, які містяться в комплексах дисциплін по кожній спеціальності. ІНПС складається деканатом на кожний наступний рік навчання в кінці поточного року і містить програми всіх навчальних дисциплін, які вивчатиме студент протягом року.

Індивідуально-орієнтоване навчання передбачає також диференційований (індивідуально-орієнтований) підхід до оцінки знань студентів [2], і, відповідно, створення системи диференційованих завдань. Ефективній реалізації дидактичних цілей сприяє відповідна класифікація завдань. Систематизація диференційованих завдань здійснюється: за рівнем складності змісту: виконання студентами роботи, однакової за характером діяльності та різної за наявністю елементів знань, уявлень, понять про об'єкти і явища, зв'язки та залежності між ними; за операційним вмістом: передбачає різну кількість операцій стосовно однакового обсягу змістової інформації; за пізнавальною самостійністю: завдання характеризуються однотипністю з операційно-змістового погляду та різноплановістю за мірою

допомоги викладача певній групі студентів.

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

За результатами застосування на практиці індивідуальних і колективних методів експертних оцінок, можна зробити наступні висновки:

1. Індивідуальні експертні оцінки, отримані шляхом анкетування, інтерв'ю, бесіди, мають наступні переваги: простота організації обстеження, зрозумілість, врахування і використання набутих знань і досвіду кожного експерта. Недоліки: обмеженість знань та інформації експертів з суміжних сфер діяльності.

2. Колективні методи роботи експертів спрямовані на активізацію колективного пошуку рішення проблеми шляхом збору ідей і пропозицій, що виникають в процесі дискусії та обміну досвідом. Це робить колективні методи більш прийнятними та адаптивними до умов освітнього процесу ВНЗ.

3. Концепція індивідуально-орієнтованого навчання, розроблена на основі отриманих результатів проведеної педагогічної експертизи, з метою оцінки якості навчання у ВНЗ, має на меті підвищення якості, мобільності та успішності навчання студентів.

Список використаних джерел

1. Бондар О. Оцінювання як функція управління. Електронний ресурс [режим доступу]: <http://ru.osvita.ua/school/method/1339/>.
2. Гусак П. М. Теорія і технологія диференційованого навчання майбутніх учителів початкових класів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук / спеціальність: 13.00.01 – теорія та історія педагогіки / Петро Миколайович Гусак. – К. : Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, 1999.
3. Гуцькова С. В. Метод експертних оцінок. Теорія і практика / С. В. Гуцькова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. – 211 с.
4. Кисельова О. І. Концепція індивідуально-

орієнтованого навчання студентів / О. І. Кисельова, Л. В. Коломієць, С. Л. Волков // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса: ОДАТРА, 2016. – № 1(8). – С. 13 – 16.

5. Крулехт М. В., Тельнюк И. В. Экспертные оценки в образовании: [Учеб. Пособие для студ. Высш. Пед. Учеб. Заведений] / М. В. Крулехт, И. В. Тельнюк. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 112 с.

6. Купалова Г. І. Теорія економічного аналізу / Г. І. Купалова [навч. Посібн.] – К.: Знання, 2008. [режим доступу]: http://pidruchniki.com/1584072015160/ekonomika/teoriya_ekonomichnogo_analizu.

7. Підласий І. П. Діагностика та експертиза педагогічних проєктів [посібник] / І. П. Підласий. – К.: Україна, 1998. – С. 69 – 95.

8. Социология журналистики. Авт.-сост. Е. И. Дмитриев. – Минск: БГУ, 2001. – 150 с.

9. Черепанов В. С. Экспертные оценки в педагогических исследованиях: методика педагогической экспертизы / В. С. Черепанов. – М.: Педагогика, 1989. – 152 с.

Надійшла до редакції 25.10.2016

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

Л. В. Коломієць, д.т.н., **О. І. Киселева**, к.пед.н.

МЕТОД ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЕРТИЗЫ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В статье представлены этапы, условия, индивидуальные (интервью, анкетирование и беседа) и коллективные (метод комиссии, конференции, семинары, дискуссии за «круглым столом», метод Дельфи, метод отстраненного оценивания, метод «мозгового штурма», конференция идей, метод ранговых оценок) методы проведения экспертизы учебного процесса в вузе. На основе полученных экспертных оценок, по определению оценки качества обучения студентов в вузе, разработана и представлена новая концепция индивидуально-ориентированного обучения студентов, с целью обеспечения мобильности и свободы выбора студентов, по образу и форме получения знаний и их контроля.

Ключевые слова: экспертные оценки, методы проведения экспертизы учебного процесса в вузе, индивидуальные и коллективные методы экспертных оценок, личностно-ориентированное обучение.

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

METHOD OF EXPERT EVALUATIONS IN EDUCATION QUALITY SYSTEM EVALUATION IN THE INSTITUTES OF HIGHER EDUCATION

The article provides stages, conditions, individual (interview, survey and discussion) and collective (commission method, conference, seminars, round-table discussions, Delphi method, method of distant estimation, “brain storm” method, conference of ideas, method of rank estimations) methods of expert examination realization of the educational process in the Institute of Higher Education. On the basis of the received expert estimations about education quality system evaluation in the Institute of Higher Education the following concept was developed and presented: the new individual-oriented educational concept for students with a view to provide mobility and a freedom to choose by students the way and form of receiving their knowledge and the control of it.

Keywords: expert examinations, methods of expert examination realization of the educational process in the Institute of Higher Education, individual and collective methods of expert examinations, individual-oriented education.

РОЗДІЛ 2

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення

БЕЗКОНТАКТНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАРЯДІВ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ ТА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЙОГО ПОХИБОК

В статті виконано аналіз точності вимірювання температури зарядів артилерійських боєприпасів безконтактним методом на основі вимірювання температури їх поверхонь, розроблено математичні моделі впливу похибок вимірювання вхідних величин на похибки визначення темпу охолодження (нагрівання) та середньооб'ємної температури заряду.

Ключові слова: балістична підготовка, вимірювання температури, точність вимірювань.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досягнень і публікацій. В умовах сучасних бойових дій основним засобом ураження противника є артилерійські підрозділи [1]. З огляду на підвищення маневреності цілей, розвиток засобів контрбатарейної боротьби, виконання завдань по ураженню цілей поблизу розташування цивільного населення та своїх військ постійно підвищуються вимоги щодо точності та оперативності артилерії. Перед стрільбою артилерії з метою точного ураження цілі здійснюється підготовка даних. Одним із заходів, які виконуються під час підготовки даних для стрільби, є визначення температури зарядів артилерійських боєприпасів для внесення відповідних поправок в дані для стрільби [2]. Визначення температури зарядів за допомогою рідинного термометра характеризується похибками, які досягають 4 – 5°C та вимагають значних витрат часу [3]. З метою зменшення похибок вимірювання та витрат часу на його проведення в роботі [4] пропонується метод визначення температури заряду боєприпасу на підставі інформації про зміну температури на поверхні гільзи. Визначення температури заряду в цьому методі проходить на основі вирішення диференціальних рівнянь теплопровідності. Для однозначного їх вирішення необхідно мати інформацію про початкову конфігурацію температурного поля тіла, яку в більшості випадків встановити немає можливості. Для вирішення даного протиріччя може бути застосована теорія регулярного теплового режиму [5], яка базується на тому, що при нестационарному температурному режимі, через певний проміжок часу, вплив розподілу початкової температури тіла на подальшу зміну температури стає практично непомітним, температура тіла характеризується в основному темпом охолодження (нагрівання) тіла або системи тіл. Для таких умов середньооб'ємна температура заряду артилерійського арти-

лерійського може бути визначена за формулою [6]:

$$T_z = \frac{\Delta T_{об} \left(m \Delta \tau \sum_{i=1}^{i=n} c_i \rho_i V_i + c_{об} \rho_{об} V_{об} \right)}{c_z \rho_z V_z \left(e^{\frac{1}{-m \Delta \tau}} - 1 \right)} + T_c, \quad (1)$$

де T_z – середньооб'ємна температура заряду в момент часу τ_z ;

$\Delta T_{об}$ – зміна температури оболонки боєприпасу протягом часу $\Delta \tau$;

$\Delta \tau$ – проміжок часу між вимірюваннями;

m – темп охолодження (нагрівання боєприпасу);

c_i – питома теплоємність i -ої складової боєприпасу;

ρ_i – густина i -ої складової боєприпасу;

V_i – об'єм i -ої складової боєприпасу;

T_c – температура навколишнього середовища.

Для обґрунтування доцільності практичного застосування запропонованого в [4, 6] методу існує потреба оцінки його точності.

Метою статті є оцінка точності визначення температури заряду артилерійського боєприпасу безконтактним методом з використанням теорії регулярного теплового режиму.

Виклад основного матеріалу.

Для визначення температури заряду запропонованим методом необхідно визначити темп охолодження (нагрівання) системи тіл, з яких складається боєприпас. З цією метою здійснюється двократне вимірювання температури поверхні гільзи протягом певного часу. Темп охолодження визначається із залежності [5]:

$$m = \frac{\ln \theta_{\theta\delta_1} - \ln \theta_{\theta\delta_2}}{\tau_1 - \tau_2}, \quad (2)$$

де $\theta_{\theta\delta_1}, \theta_{\theta\delta_2}$ – різниця температур навколишнього середовища та оболонки в моменти часу τ_1 та τ_2 відповідно.

Значення фізичних величин, які входять до виразів (1) та (2) в якості змінних визначаються із певними похибками, тобто, строго кажучи, є випадковими. Для того щоб охарактеризувати точність запропонованого методу визначення температури заряду артилерійського боєприпасу необхідно визначити вплив даних характеристик на точність визначення температури T_z .

Для оцінки величини похибки визначення T_z будемо використовувати середнє квадратичне відхилення цієї випадкової величини.

Виходячи із фізичної суті процесу (різні прилади для здійснення вимірів, відносно малі значення похибок, велика кількість факторів, яка впливає на значення величини) приймемо всі випадкові величини, які входять до виразів (1) та (2) статистично незалежними та розподіленим за нормальним законом.

Для визначення середнього квадратичного відхилення функції багатьох змінних Z застосуємо вираз [7]:

$$\sigma_z^2 = \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{\partial Z}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2, \quad (3)$$

де σ_z – середнє квадратичне відхилення величини Z ;

k – число незалежних змінних, які визначають значення Z ;

x_i – незалежна змінна.

Розглянемо вплив на точність визначення температури заряду незалежних змінних, які входять до виразу (1). Центральним значенням для визначення температури за залежністю (1) є значення темпу охолодження. Розрахуємо за залежністю (3) точність визначення m із виразу (2). Часткові похідні по незалежних змінних будуть визначатися із рівнянь (4):

$$\frac{\partial m}{\partial \theta_{\theta\delta_1}} = \frac{1}{\theta_{\theta\delta_1} \Delta \tau}, \quad \frac{\partial m}{\partial \theta_{\theta\delta_2}} = -\frac{1}{\theta_{\theta\delta_2} \Delta \tau}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial m}{\partial \Delta \tau} = -\frac{\ln \theta_{\theta\delta_1} - \ln \theta_{\theta\delta_2}}{\Delta \tau^2}$$

Підставляючи (4) в (3), отримуємо (5):

$$\sigma_m^2 = \left(\frac{1}{\theta_{\theta\delta_1} \Delta \tau} \right)^2 \sigma_{\theta_{\theta\delta_1}}^2 + \left(-\frac{1}{\theta_{\theta\delta_2} \Delta \tau} \right)^2 \sigma_{\theta_{\theta\delta_2}}^2 + \left(-\frac{\ln \theta_{\theta\delta_1} - \ln \theta_{\theta\delta_2}}{\Delta \tau^2} \right)^2 \sigma_{\Delta \tau}^2, \quad (5)$$

де $\sigma_m, \sigma_{\theta_{\theta\delta_1}}, \sigma_{\theta_{\theta\delta_2}}, \sigma_{\Delta \tau}$ – середні квадратичні відхилення визначення відповідних величин.

Вважаючи, що точність визначення температури оболонки під час першого та другого вимірювання однакова ($\sigma_{\theta_{\theta\delta_1}} = \sigma_{\theta_{\theta\delta_2}} = \sigma_T$), отримуємо:

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{\theta_{\theta\delta_1}^2 \Delta \tau^2} \sigma_T^2 + \frac{1}{\theta_{\theta\delta_2}^2 \Delta \tau^2} \sigma_T^2 + \frac{(\ln \theta_{\theta\delta_2} - \ln \theta_{\theta\delta_1})^2}{\Delta \tau^4} \sigma_T^2, \quad (6)$$

Вплив похибок вимірювання температури і часу на похибку визначення темпу охолодження σ_m графічно наведено на рис. 1.

З графіку на рис. 1 видно, що вплив похибок вимірювання температури та часу на визначення темпу охолодження є лінійним. Більшу похибку в визначення темпу охолодження вносить похибка приладу вимірювання температури. При здійсненні вимірювань приладами з середніми квадратичними відхиленнями $\sigma_T = 1^\circ\text{C}$ для вимірювання температури, та $\sigma_{\Delta \tau} = 0,5$ с для вимірювання часу, похибки вимірювань викликать похибку визначення темпу охолодження (нагрівання) σ_m , порядку 10^{-5} .

Безпосередньо середньооб'ємна температура заряду визначається із рівняння (1). Точність визначення температури із наведеної залежності визначається точністю визначення темпу охолодження (нагрівання) та точністю вимірювання температури поверхні. Розглянемо вплив цих похибок на точність визначення середньооб'ємної температури заряду в цілому.

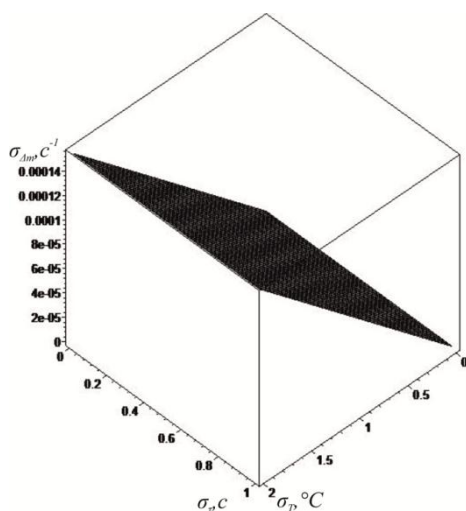


Рисунок 1 – Поверхня залежності похибки темпу охолодження σ_m від зміни похибки визначення часу $\sigma_{\Delta\tau}$ та температури σ_T

Часткові похідні по температурі і значенню темпу охолодження виразу (1) дорівнюють:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_3}{\partial \theta_{ob1}} &= \frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)}, \\ \frac{\partial T_3}{\partial \theta_{ob2}} &= - \frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)}, \\ \frac{\partial T_3}{\partial m} &= \frac{\Delta T_{ob} \Delta\tau \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \\ &- \frac{\Delta T_{ob} \Delta\tau (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}}, \\ \frac{\partial T_3}{\partial \Delta\tau} &= \frac{\Delta T_{ob} m \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \\ &- \frac{\Delta T_{ob} m (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}}, \end{aligned} \quad (7)$$

З (3) та (7) отримуємо для визначення середнього квадратичного відхилення температури заряду:

$$\begin{aligned} \sigma_{T_3}^2 &= \left(\frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} \right)^2 \sigma_T^2 + \\ &+ \left(- \frac{m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob}}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} \right)^2 \sigma_T^2 + \left(\frac{\Delta T_{ob} \Delta\tau \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \right. \\ &- \frac{\Delta T_{ob} \Delta\tau (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}} \left. \right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\Delta T_{ob} m \sum c_i \rho_i V}{c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right)} - \right. \\ &- \frac{\Delta T_{ob} m (m\Delta\tau \sum c_i \rho_i V_i + c_{ob} \rho_{ob} V_{ob})}{\left(c_3 \rho_3 V_3 \left(\frac{1}{e^{-m\Delta\tau}} - 1 \right) \right)^2 e^{-m\Delta\tau}} \left. \right)^2 \sigma_{\Delta\tau}^2, \end{aligned} \quad (8)$$

Взаємний вплив похибок вимірювання температури і часу та похибки визначення темпу охолодження на середнє квадратичне відхилення значення температури заряду проілюстровано на рис. 2 та рис. 3. Для розрахунку використані масові та теплоємнісні характеристики заряду 122 мм артилерійського пострілу 4Б10 в сталевій гільзі 4Г5.

Отже при використанні достатньо точних приладів вимірювання температури та часу, середні квадратичні відхилення яких будуть відповідно $\pm 0,5$ с для вимірювання часу та $\pm 0,2$ °C для вимірювання температури значення середнього квадратичного відхилення визначення температури заряду буде в межах ± 1 °C.

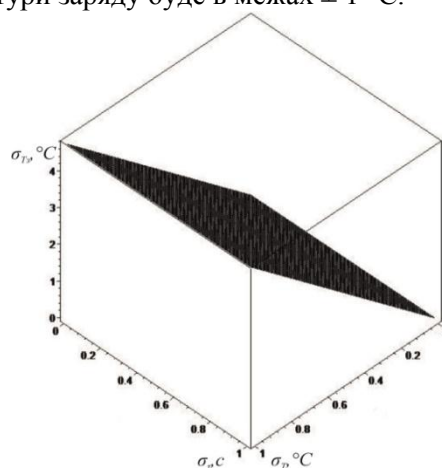


Рисунок 2 – Поверхня залежності похибки визначення температури заряду σ_{T_3} від зміни похибки визначення часу $\sigma_{\Delta\tau}$ та температури σ_T при фіксованому значенні похибки темпу охолодження

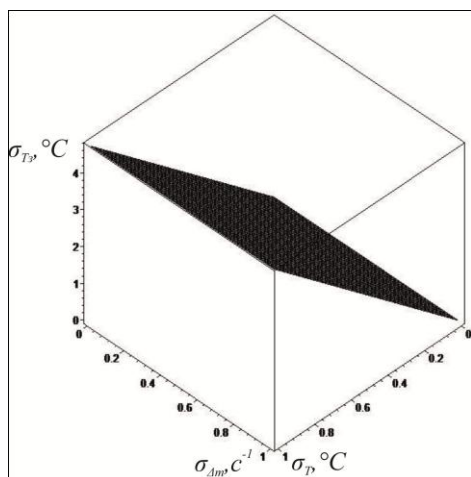


Рисунок 3 – Поверхня залежності похибки визначенні температури заряду σ_{T_z} від зміни похибки вимірювання температури σ_T та темпу охолодження σ_m при фіксованому значенні похибки вимірювання часу $\sigma_{\Delta\tau}$

Висновки

В статті виконано аналіз точності вимірювання температури зарядів артилерійських боеприпасів безконтактним методом на основі вимірювання температури їх поверхонь, розроблено математичні моделі впливу похибок вимірювання вхідних величин на похибки визначення темпу охолодження (нагрівання) та середньоб'ємної температури заряду. Запропонований метод дозволяє із достатньою точністю визначати температуру заряду боеприпасу, в будь-який момент часу.

Точність визначення температури заряду даним методом, за умови використання достатньо точних приладів визначення температури поверхні, значно зростає порівняно з існуючими методами вимірювання температури заряду. Крім того, даний метод дозволяє використовувати для здійснення вимірювань прилади із малою тепло-

вою інерційністю, а отже підвищує оперативність підготовки даних для стрільби артилерії.

Список використаних джерел

1. Бойовий статут Сухопутних військ Збройних Сил України Частина II (батальйон, рота). – К.: КСВ ЗСУ, 2010. – 216 с.
2. Правила стрільби і управління вогнем артилерії (група, дивізіон, батарея, взвод, гармата). – К.: вид-во «Варта», 1995. – 304с.
3. Трофименко П. Є. Шляхи підвищення точності вимірювання температури зарядів у наземній артилерії / П. Є. Трофименко, В. І. Макеєв, А. Ф. Раскошній // Системи озброєння і військова техніка. Сумський державний університет, Суми, 2011. – № 1(25). – С. 58 – 60.
4. Шабатура Ю. В. Математичні засади нового методу визначення температури зарядів артилерійських боеприпасів / Ю. В. Шабатура, А. С. Міщенко // Системи озброєння і військова техніка, 2015. – № 3. – С. 56 – 60.
5. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим / Кондратьев Г. М. – М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. – 408 с.
6. Шабатура Ю. В. Визначення температури заряду артилерійського боеприпасу на основі застосування теорії регулярного теплового режиму / Ю. В. Шабатура, А. С. Міщенко. // Військово-технічний збірник АСВ, 2015. – № 13 – С. 73 – 76.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – Москва: «Наука», 1969. – 576 с.

Надійшла до редакції 4.11.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кондарат В. Ф., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

А. С. Мищенко

БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАРЯДОВ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ БОЕПРИПАСОВ И МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЕГО ПОГРЕШНОСТЕЙ

В статье проведен анализ точности измерения температуры зарядов артиллерийских боеприпасов бесконтактным методом на основании измерения температуры их поверхностей, разработаны математические модели влияния погрешностей измерения входных величин на погрешности определения темпа охлаждения (нагрева) и среднееобъемной температуры заряда.

Ключевые слова: баллистическая подготовка, измерение температуры, точность измерений.

NONCONTACT METHOD OF THE ARTILLERY AMMUNITION CHARGES INTERNAL TEMPERATURE DETERMINATION AND MODELS FOR ITS ERRORS

In the article analyzed the accuracy of noncontact artillery ammunition charges temperature measurement method, based on measuring the temperature of surfaces, mathematical models of the measurement errors in input variables impact on the error of cooling (heating) rate and charge temperature.

Keywords: ballistic preparation, temperature measurement, accuracy.

УДК 616-093

О. А. Никитюк¹, д.с.-г.н., В. М. Новіков², д.ф.-м.н.

¹ Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ

² Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ

АНАЛІЗУВАННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ТА КОМПЕТЕНТНОСТІ МЕДИЧНИХ (КЛІНІКО-ДІАГНОСТИЧНИХ) ЛАБОРАТОРІЙ

В статті продовжено аналіз сучасних вимог до якості та компетентності медичних (клініко-діагностичних) лабораторій, визначених стандартом ДСТУ EN ISO 15189:2015 [1] стосовно взаємодії процесів в лабораторії та індикаторів якості основних процесів.

Запропонований варіант схеми взаємодії основних процесів для медичних лабораторій.

Ключові слова: компетентність, медичні лабораторії, системи управління якістю.

Впровадження міжнародно-визнаних вимог до компетентності в практику роботи медичних (клініко-діагностичних) лабораторій України залишається актуальною задачею для фахівців галузі.

На фоні вже наявного сучасного, гармонізованого з європейськими аналогами, європейськими, зокрема нового Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [2], де єдиним інструментом оцінювання компетентності органів з оцінки відповідності, в т. ч. і медичних лабораторій, є акредитація (а не атестація на право виконання метрологічних робіт, як це було раніше), поки що в Україні, на жаль, не маємо жодної акредитованої медичної лабораторії.

Стає зрозумілим, що медичним лабораторіям бракує методичної підтримки для впровадження сучасних вимог до якості і компетентності.

Метою даної роботи є продовження роботи [3] з аналізу вимог [1], шляхом їх порівняння з широковідомими вимогами до компетентності випробувальних і калібрувальних лабораторій (стандарт ДСТУ ISO/IEC 17025 [4], досвід впровадження якого в Україні значний [5]).

В попередній роботі [3] нами розпочато порівняльний аналіз вимог [1] та [4], результати якого дозволяють фахівцям медичних лабораторій (при підготовці до акредитації та впровадженні положень [1] в практику своєї роботи) спиратися на наявний багаторічний досвід акре-

дитації лабораторій випробувальних, що був накопичений за час впровадження вимог до їх компетентності [5].

Основними результатами проведеної нами роботи слід вважати висновок про те, що базові вимоги [1] формуються, виходячи із положень [4], що спрощує підготовку до акредитації медичних лабораторій, вважаючи на можливість використання наявного досвіду та методичних рекомендацій.

Особливі ж технічні вимоги [1] та особливі вимоги моделі системи управління, в порівнянні з [4], напевне, визначаються двома наступними факторами.

Модель системи управління якістю в [1] більш сучасна, так як базується на положеннях відомого стандарту ISO 9001 версії 2008 р., (на відміну від [4], що включає положення ISO 9001 версії 2000 р.).

Саме цей фактор визначає основні відмінності сучасних вимог до систем управління якістю для медичних (клініко-діагностичних) і випробувальних лабораторій.

Стосовно відмінностей технічних вимог до компетентності лабораторій стандартів [1] та [4], то вони, на наш погляд, сформовані, виходячи із основної відмінності природи та походження зразків (проб), призначення результатів випробувань (досліджень). А саме, головна відмінність медичної лабораторії полягає в тому, що проба (зразок) береться від тіла живої людини.

Для випробувальної (калібрувальної) лабораторії зразок (проба), наприклад, є:

- зразок засобу вимірювальної техніки (калібрувальна лабораторія);
- проба (зразок) тваринного походження (ветеринарні лабораторії).

Другою фундаментальною відмінністю медичної (клініко-діагностичної) лабораторії, що акредитується (підтверджує компетентність згідно вимог [1]) від інших, які акредитуються чи підтверджують компетентність за вимогами [4] є призначення результатів випробувань (досліджень).

Результати досліджень проби (зразка) медичної лабораторії призначені для діагностування (оцінки стану здоров'я), лікування, профілактики, тобто так чи інакше результати прямо пов'язані із суттєвими ризиками для життя людини.

Результати ж випробувань інших лабораторій хоча і можуть бути пов'язані із ризиками щодо безпечності людини (харчові, ветеринарні лабораторії, лабораторії із випробувань параметрів безпечності), але очевидно не пов'язані із діагностуванням і параметрами стану здоров'я людини.

Криміналістичні лабораторії підтверджують свою компетентність за вимогами [4], як і будь-які інші випробувальні лабораторії, так як мають справу із зразками виробів, пробами матеріалів та пробами від тіла мертвої людини, або живої, але результати досліджень таких проб не мають на меті діагностування, і не пов'язані із станом здоров'я, а пов'язані із визначенням порівняльних характеристик аналогічних проб інших людей та визначення фізико-хімічних, біологічних характеристик проби (зразка).

Перейдемо до аналізування відмінностей

вимог [1] та [4] системного характеру.

Аналогічно [4], в [1] від лабораторії вимагається розробити, задокументувати, впровадити та підтримувати системи управління якістю, постійно підвищувати її результативність.

Але в [1], є особливі вимоги стосовно необхідності визначення послідовності і взаємодії процесів системи, критеріїв та методів, необхідних для функціонування процесів (р. 4.2.1), показників (індикаторів) якості для моніторингу та оцінювання результативності усіх процесів лабораторії (р. 4.14.7), чого від випробувальних лабораторій в [4] не вимагається.

Попередній позитивний досвід застосування відомого методу «життєвих циклів» до реалізації вимог щодо компетентності [4] в випробувальних лабораторіях (див. Наприклад, [5]) дозволяє запропонувати наступний варіант впровадження специфічних вимог вищезазначених р. 4.2.1 та 4.14.7 [1] в практику роботи медичних лабораторій.

Стосовно описання послідовності і взаємодії процесів в лабораторії. Стандартом [1] (по аналогії з [4]), чітко визначено, які саме процеси в лабораторії мають бути задокументовані у вигляді процедур (методик) системи управління якістю та які дані мають зберігатися в лабораторії в якості доказів виконання зазначених процедур.

Звісно, лабораторія може документувати і додаткові процеси, обов'язковість документування яких не зазначена в [1], чи [4].

Діяльність будь-якої організації направлена на досягнення запланованого організацією результату.

Коли ми кажемо про лабораторію, то результатом її діяльності є отримання протоколів (звітів) про випробування (дослідження).

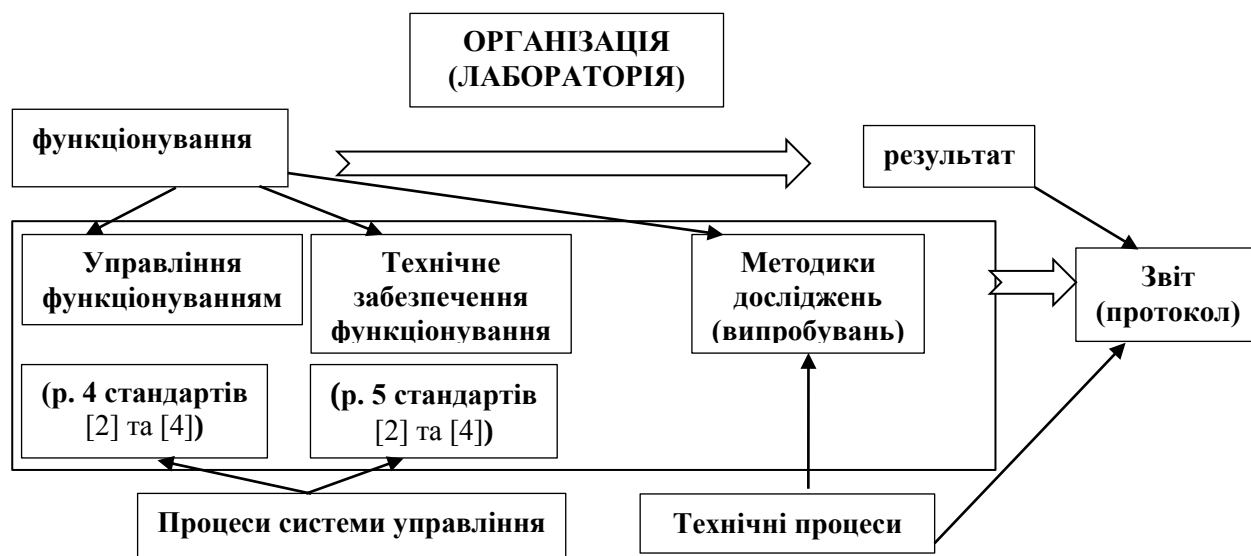


Рисунок 1 – Загальна схема функціонування лабораторії

Звіти чи протоколи (тобто результати роботи) отримуються внаслідок реалізації лабораторних методик. В свою чергу їх реалізація завжди проходить в рамках певної системи управління роботою та технічного забезпечення (як це визначено відповідними вимогами розділів 4 та 5 стандартів [1] та [4]) (див. рис. 1).

Отже, як бачимо із рис. 1, всі процеси в лабораторії – це процеси системи управління (вимоги до яких визначені розділами 4 та 5 стандартів [1], [4]), або процеси технічні (методики проведення досліджень, випробувань та звітування про результати). Вимоги до останніх описані не в стандартах [1], [4], а в методиках проведення випробувань (досліджень), описаннях до обладнання та ін. Технічній документації лабораторії, документах регуляторних органів.

Можна вважати, що ці процеси не

взаємодіють між собою, а функціонують паралельно.

Аналізування вимог [1] та [4] показує, що в лабораторії всі процеси системи управління можна умовно (за ознакою послідовності взаємодії) розподілити на 2 категорії.

До першої категорії відносимо такі процеси, вихідні дані кожного з яких є вхідними даними наступного, тобто процеси, які взаємодіють послідовно в рамках циклу Демінга. Такі процеси можна назвати процесами управління функціонуванням. Та процеси, які взаємодіють не послідовно, а паралельно і направлені на забезпечення управління функціонуванням.

Приклад (варіант) схеми взаємодії процесів в лабораторії, побудований на логіці, викладені нами вище, зображений на рис. 2.



Рисунок 2 – Запропонований варіант узагальненої схеми взаємодії процесів в лабораторії

Запропонована узагальнена схема взаємодії процесів в лабораторії (рис. 2) просто конкретизується в залежності від специфіки діяльності медичної лабораторії.

Процесами «паралельними» можна вважати процеси забезпечення функціонування (за вимогами [1] це процеси, які мають бути регламентовані, наприклад, процедурами управління документацією, управління даними та ін.).

Також паралельними процесами слід вважати і процеси виконання кожної із методик досліджень.

Усі інші процеси системи управління взаємодіють послідовно, як видно із рис. 1.

Висновки

1. Продовжено аналізування вимог стандар-

ту [1] в порівнянні з [4], результати якого мають полегшити підготовку до акредитації медичних лабораторій, спираючись на використання вже наявного методичного досвіду реалізації положень [4] в лабораторіях випробувальних.

2. За результатами досліджень запропонований варіант узагальненої схеми взаємодії процесів та проведена класифікація основних процесів, відповідно до вимог [1] стосовно системи управління в медичних лабораторіях.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO 15189:2015. Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності. Затверджений наказом ДП «УкрНДНЦ» № 61 від

22.06.2015р.

2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» із змінами, внесеними відповідно до Закону № 124-VIII від 15.01.2015.

3. Новіков В. М. Аналізування вимог до компетентності клініко-діагностичних лабораторій / В. М. Новіков // Збірник наукових праць ОДАТРЯ. – Одеса, 2015. – Вип. 2(7). – С. 66 – 68.

4. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій – [Чинний від 2007-

07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 27 с. – (Національний стандарт України).

5. Новіков В. М., Никитюк О. А., Новіков В. В. Основи компетентності лабораторій. Навчальний посібник // Під ред. Д. ф.-м. н. проф. Новікова. – К.: Фавор, 2013. – 268 с.

Надійшла до редакції 31.10.2016

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

А. А. Никитюк, д.с.-х.н., **В. Н. Новіков**, д.ф.-м.н.

АНАЛИЗИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КОМПЕТЕНТНОСТИ КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ

В статье продолжен анализ современных требований к качеству и компетентности медицинских (клинико-диагностических) лабораторий, определенных стандартом ДСТУ EN ISO 15189:2015, касаемых взаимодействия процессов в лаборатории и индикаторов качества исполнения основных процессов.

Ключевые слова: компетентность, медицинские лаборатории, системы управления качеством.

A. A. Nykytyuk, DSc, **V. N. Novikov**, DSc

AN ANALYSIS OF REQUIREMENTS IS TO COMPETENCE OF CLINICODIAGNOSTIC LABORATORIES

In the article the analysis of modern requirements is conducted to the competence of medical (clinicodiagnostic) laboratories, certain the standard of DSTU EN ISO 15189:2015.

Grounded features of development of requirements to the competence in part of management of medical laboratory as compared to a laboratory proof-of-concept.

Keywords: competence, medical laboratories, control system by quality.

УДК 621.372.54

Г. Н. Ергиев, к.т.н.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

СИНТЕЗ АКТИВНЫХ RC-ФИЛЬТРОВ С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РЕЗОНАТОРАМИ

В статье предлагается метод синтеза фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами, при котором реализацию сложных фильтров предполагается осуществлять на базе каскадно-развязанного включения типовых звеньев фиксированного порядка из некоторого базового набора. Аппроксимация, т.е. конструирование передаточной функции фильтра производится методами оптимизации с учетом требований всех условий, как физической, так и схемной реализации. Приведен пример решения задачи аппроксимации для выбранного типа звена с различными требованиями к АЧХ фильтра.

Ключевые слова: активные фильтры с пьезоэлектрическими резонаторами, аппроксимация АЧХ методами оптимизации, базовый набор звеньев, САПР.

Одной из актуальных задач при приборостроении является задача синтеза проектировании и разработке систем связи, высокочастотных фильтров со радиосвязи, радиолокации, систем телеметрии, стабильными характеристиками, этим автоматического контроля и управления, техническим требованиям соответствуют схемы

фільтров с пьезоэлектрическими резонаторами [1]. К основным известным производителям фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами в настоящее время, можно отнести такие фирмы, как: ABRACON CORPORATION, Advanced Crystal Technology (Великобритания), ОАО «Морион» (Санкт-Петербург), АО «ОНИИП» (Омск) и др. В настоящее время, чаще всего такие фильтры строят на основе активных аналогов лестничных или мостовых схем, содержащих пьезоэлектрические резонаторы различного конструктивного исполнения [1 – 4]. В качестве основных рабочих параметров такого рода селективных устройств, чаще всего, указывают [1]: частотный диапазон, например, 0,04...160 МГц; относительные полосы пропускания (для полосовых или режекторных фильтров) это обычно порядка 0,01...3 %; гарантированное затухание в полосе задерживания это величины порядка 20...80 дБ; коэффициент усиления до 30 дБ; ток потребления до 1 мА. В отличие от методов расчета активных RC-фильтров, методы расчета которых, по рабочим параметрам, хорошо разработаны и доведены до уровня автоматизированных систем проектирования [5], расчет по рабочим параметрам активных фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами остается сложным для инженерной практики. К нему не применимы методы, используемые при расчетах избирательных устройств без пьезоэлектрических резонаторов из-за особенностей конструкции последних.

Известно [1 – 4] что в схемах селективных устройств с пьезоэлектрическими резонаторами между элементами фильтра должны иметь место определенные связи и ограничения, обусловленные особенностями конструкции резонаторов и свойствами используемых материалов (природный кварц, синтетические пьезоматериалы, пьезокерамика, и т.д.). На рис. 1 приведена электрическая схема замещения пьезоэлектрического резонатора и частотная зависимость его сопротивления.

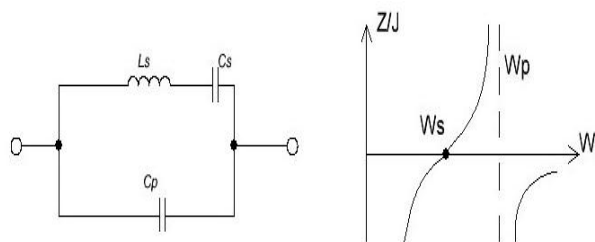


Рисунок 1 – Схема замещения и частотная характеристика пьезоэлектрического резонатора

Частоту ω_s называют частотой последовательного резонанса, а частоту ω_p – частотой параллельного резонанса резонатора. Эти частоты связаны с параметрами схемы замещения следующим очевидными соотношениями:

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_s C_s}},$$

$$\omega_p = \omega_s \sqrt{1 + \frac{C_s}{C_p}},$$

где L_s и C_s – соответственно динамические индуктивность и емкость, а C_p – статическая емкость резонатора. Для пьезоэлектрических резонаторов существенной конструктивной величиной является емкостное отношение $C_p/C_s = r$, это отношение зависит от величины коэффициента электромеханической связи, которым характеризуется пьезоэлектрический материал. Значение коэффициента электромеханической связи у различных материалов может значительно отличаться: так у кварца он равен 0,09, а у виннокислого калия 0,41, что соответствует величинам параметра r соответственно 125 и 24.

Важным параметром, который определяет возможную ширину полосы пропускания полосового фильтра, является резонансный промежуток резонатора $\omega_p - \omega_s$, который с учетом того, что $\omega_p = \omega_s \sqrt{1 + 1/r}$ и при условии $r > 20$ легко может быть выражен через r : $\omega_p - \omega_s \cong \omega_s/2r$ (значения частот нормированы). Откуда видно, что чем больше r , тем меньше возможная полоса пропускания фильтра.

В связи с указанными выше особенностями схем фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами, синтез пьезоэлектрических фильтров по рабочим параметрам остается задачей достаточно сложной и трудоемкой. На этапе решения задачи аппроксимации, кроме условий физической реализуемости, необходимо учитывать условия схемной реализуемости конструируемой передаточной функции $T(p)$ ($p = j\omega$).

С целью повышения эффективности проектирования и упрощения в дальнейшем процедуры настройки фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами сосредоточим внимание на разработке методики синтеза пьезоэлектрических фильтров, где в плечах активных аналогов мостовых звеньев будет не более одного резонатора. В этом случае, процедура реализации фильтра из-за

возможности применения активных звеньев из некоторого ограниченного базового набора значительно упрощаются, вместе с этим, существенно упрощается и процедура настройки фильтра. Такой подход к проектированию фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами аналогичен каскадно-развязанному методу реализации активных RC-фильтров. Тогда их проектирование легко может быть реализовано в системе автоматического проектирования (САПР), аналогичного системе расчета активных RC-фильтров, описанного в [5].

Целью настоящей статьи является разработка метода проектирования активных RC-фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами методологически подобного методу проектирования активных RC-фильтров, который состоит из двух этапов: аппроксимации амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и реализации.

В статье рассматривается метод расчета активных RC-фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами по рабочим параметрам, когда их конструктивные особенности, определяющие условия их схемной реализуемости, учитываются на этапе конструирования передаточной функции $T(p)$, т.е. на этапе аппроксимации АЧХ.

Будем рассматривать решение задачи проектирования на примере простого (однозвенного) полосового фильтра, который реализуется на базе активного аналога мостовой схемы с одним пьезоэлектрическим резонатором в одном плече и конденсатором в другом. Передаточную функцию такого звена можно представить в виде

$$T(p) = \frac{p(x_4 - x_1)(p^2 + \omega_\infty^2)}{(p^3 x_4 + p^2 + p x_3 + x_2)(p x_1 + 1)}, \quad (1)$$

где: ω_∞ – частота нуля $T(p)$, которую можно выразить через коэффициенты передаточной функции следующим образом:

$$\omega_\infty^2 = (x_3 - x_2 x_4) / (x_4 - x_1).$$

Коэффициенты $T(p)$ связаны с элементами схемы выражениями:

$$\begin{aligned} x_1 &= R_n C, \quad x_2 = 1/L_s C_s = \omega_s^2, \\ x_3 &= R_n C_p \omega_s^2 (1 + 1/r), \\ x_4 &= R_n C_p, \end{aligned}$$

здесь R_n – сопротивление нагрузки, C – величина конденсатора в одном плече мостовой схемы, L_s , C_s и C_p – параметры схемы замещения резонатора находящегося в другом плече схемы.

Задачу аппроксимации АЧХ такого пьезоэлектрического фильтра предлагается решать методами оптимизации в следующей формулировке: при фиксированном порядке функции $T(p)$, определяемом в общем случае количеством звеньев n с передаточной функцией вида (1), и заданными значениями $\omega_{\infty i}$ (i – номер звена, может меняться от 1 до n) найти

$$\min_{\mathbf{x} \in G} \max_{\omega \in \Omega_n} |A(\omega, \mathbf{x})|, \quad (2)$$

где: $A(\omega, \mathbf{x}) = 10 \lg(1/|T(p)|^2)$ при $p = j\omega$;

Ω_n – множество частот в интервале приближения (из полосы пропускания фильтра);

G – множество допустимых значений искомых переменных $\mathbf{x}$ – коэффициентов функции (1);

$\mathbf{x}$ – вектор коэффициентов функции $T(p)$.

Множество G описывается следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} x_{1i} &> 0, x_{2i} > 0, x_{3i} > 0, x_{4i} > 0, \\ x_{3i} &= x_{4i} (x_{2i}/x_{4i} - \omega_{\infty i}^2) / (x_{2i} - \omega_{\infty i}^2), \\ x_{2i} x_{4i} / (x_{3i} - x_{2i} x_{4i}) &\geq r. \end{aligned}$$

Первые четыре группы неравенств являются условиями физической реализуемости, ограничения равенства связаны с заданной частотой $\omega_{\infty i}$. Последняя группа неравенств определяет условия схемной реализуемости и связана с ограничениями на емкостной коэффициент пьезоэлектрических резонаторов r . Очевидно, что сформулированная выше задача аппроксимации относится к классу задач нелинейного программирования, которая с помощью метода штрафных функций может быть сведена к задаче безусловной оптимизации. В данном случае, из-за общей постановки задачи, т.е. наличия в условиях как ограничений типа неравенств, так и ограничений типа равенств используем метод внешних штрафных функций. В этом случае, вспомогательная функция будет иметь вид:

$$F(\mathbf{x}, \alpha) = f(\mathbf{x}) + \varphi(\mathbf{x}, \alpha),$$

где $f(\mathbf{x})$ – целевая функция задачи оптимизации (2), $\varphi(\mathbf{x}, \alpha)$ – внешняя штрафная функция, с параметром $\alpha > 0$.

Штрафная функция определяется следующим образом:

$$\varphi(x, \alpha) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \in G \\ \rightarrow \infty, & \text{если } x \notin G \end{cases}.$$

Следует отметить, что метод внешних штрафных функций не требует, чтобы начальная точка в процессе оптимизации принадлежала

множеству G , что удобно и позволяет задавать начальное приближение произвольно.

Решение задачи безусловной оптимизации будем искать достаточно эффективным и устойчивым методом Нелдера-Мида, который относится к методам нулевого порядка не использующим информации о производных целевой функции (используемая в нашем случае функция $\min \max$ – недифференцируемая). В

таблице 1 приведены численные значения коэффициентов функции (1), полученные в результате решения поставленной задачи аппроксимации для однозвенного фильтра при $\omega_\infty=1,005$ и $1,01$ и ряда значений относительных полос пропускания Δ , где неравномерность затухания в полосе пропускания не превышает 3 дБ.

Таблиця 1 – Значения коэффициентов функции $T(p)$ однозвенного фильтра

$\omega_\infty=1,005$				
Δ	x_2	x_3	x_4	x_1
0,001	0,9989262	0,7897648	0,7843395	0,2195430
0,002	0,9974380	1,2588010	1,2376610	0,4121060
0,003	0,9967021	1,6704510	1,6626790	0,6675740
0,004	0,9956049	2,6054730	2,5962080	1,1622200
0,005	0,9945080	3,2229300	3,2150140	1,5666700
$\omega_\infty=1,01$				
Δ	x_2	x_3	x_4	x_1
0,001	0,9989010	0,5229359	0,5193570	0,3235956
0,002	0,9980370	0,6186640	0,6201370	0,4108790
0,003	0,9977786	0,8892930	0,8842000	0,5679991
0,004	0,9956050	1,6724890	1,6665420	1,1246730
0,005	0,9945070	2,4921820	2,4860600	1,7132550

Выводы

Предлагаемый метод конструирования передаточной функции $T(p)$ фильтра с пьезоэлектрическими резонаторами, рассмотрен на примере узкополосного фильтра с одним кварцевым резонатором с передаточной функцией вида (1). Аналогичным образом, после проведения анализа соответствующих схем и их передаточных функций, этот подход может быть применен и к расчету широкополосных полосовых фильтров, фильтров верхних и нижних частот, содержащих пьезоэлектрические резонаторы и гираторы (активные схемы, имитирующие индуктивности). На базе описанного подхода к проектированию активных RC-фильтров с пьезоэлектрическими резонаторами может быть разработана система автоматического проектирования таких фильтров, что позволит повысить эффективность и снизит трудоемкость при проектировании подобного типа высокоизбирательных селективных устройств.

Список использованных источников

1. Тюменцев А. Современные частотные фильтры / А. Тюменцев, И. Ясинский, А. Яковлев // Современная электроника, 2011. –

№ 8. – С. 26 – 27.

2. Ергиев Г. Н. Узкополосный двухзвенный активный пьезоэлектрический RC-фильтр / Г. Н. Ергиев, А. М. Иваницкий // Электросвязь, 1986. – № 6. – С. 57 – 59.

3. Зазерин А. И. Активные фильтры на тонкопленочных пьезоэлектрических резонаторах: Авто-реф. Дис. канд. тех. наук: 05.27.01/ А. И. Зазерин; КПИ. – Киев, 2016. – 20 с.

4. Zazerin A. Filter realization technique based on gyrator-resonator circuit replacement / A. Zazerin, A. Orlov, O. Bogdan // Proceedings of the 2016 IEEE 36th International Scientific Conference “Electronics and nanotechnology” (ELNANO-2016). – Kyiv: IEEE, pp 358-361.

5. Златин И. Синтез аналоговых активных и пассивных фильтров в Micro-Cap 8 / И. Златин // Компоненты и технологии, 2006. – № 1. – С. 120 – 124.

Поступила в редакцию 21.11.2016

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

Г. М. Єргієв, к.т.н.

СИНТЕЗ АКТИВНИХ RC-ФІЛЬТРІВ З П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИМИ РЕЗОНАТОРАМИ

У статті розглянута процедура синтезу фільтрів з п'єзоелектричними резонаторами, при якій реалізацію складних фільтрів передбачається здійснювати на базі каскадно-розв'язаного включення типових ланок фільтрів фіксованого порядку з деякого базового набору. Апроксимація, тобто конструювання передавальної функції фільтра проводиться методами оптимізації з урахуванням вимог усіх умов, як фізичної, так і схемної реалізації. Наведено приклад рішення задачі апроксимації для обраного типу ланки фільтру з різними вимогами до АЧХ.

Ключові слова: активні фільтри з п'єзоелектричними резонаторами, апроксимація АЧХ методами оптимізації, базовий набір схем фільтрів, САПР.

G. Ergiev, PhD

SYNTHESIS OF ACTIVE FILTER WITH PIEZOELECTRIC RESONATORS

The article describes the procedure for the synthesis filter with piezoelectric resonators, in which the realization of complex filters to be carried out on the basis of cascade-unleashed the inclusion of standard units of fixed order from a base set. Approximation, i.e. the construction of the filter transfer function is optimization techniques to meet the requirements of all conditions, both physical and circuit implementation. An example of solving the problem of approximation for the type of link with the various requirements of the filter response.

Keywords: active filters with piezoelectric resonators, approximation of the frequency response optimization methods, a basic set of units, CAD system.

УДК 621.574.9

В. І. Мілованов д.т.н., С. Г. Корнієвич

Одеська державна академія харчових технологій, м. Одеса

ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ІЗОБУТАНУ, ЯК ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТУ

Головною метою дослідження є розгляд питань, що стосуються екологічної та економічної частини застосування різних холодильних агентів. Особлива увага звернена на теплофізичні, вибухонебезпечні, енергетичні та екологічні показники натуральних холодоагентів. Методика дослідження полягає у порівняльному аналізі основних холодоагентів (R12, R134a та R600a).

Ключові слова: ізобутан, Ozone Depletion Potential (ODP), Global Warming Potential (GWP), холодопродуктивність, пожежонебезпечність, енергетична ефективність, хлорфторвуглець (ХФВ), гідрохлорфторвуглець (ГХФВ)

Вступ

Відомо, що штучне охолодження здійснюється за допомогою фазових перетворень робочих речовин, так званих холодоагентів, на яких працюють спеціальні агрегати – холодильні машини. Холодильні машини мають різне призначення та конструкцію, у той час як холодоагенти істотно впливають на неї. Та для експлуатації вони потребують екологічно чистих та безпечних речовин, які не завжди відповідають високим вимогам з холодо- та енергопродуктивності.

В останні часи, збільшився попит на малу холодильну техніку, насамперед, на побутові холодильники й морозильники, побутові й автомобільні кондиціонери. На світовому ринку з'явилося багато конкуруючих моделей зазначе-

них виробів від різних виробників. Одним з основних показників їхньої конкурентоздатності є мінімізація енергоспоживання при роботі. Можливості виконання цієї вимоги споживчого ринку конструкторськими рішеннями в наш час обмежені. Тому один з основних шляхів рішення проблеми зниження енергоспоживання малої холодильної техніки – вибір холодоагентів з найкращими теплофізичними й термодинамічними властивостями. Однак наприкінці минулого сторіччя загострилася ще одна проблема – проблема екології. Ця проблема набула всесвітнього характеру, коли були прийняті Монреальський (у вересні 1987 р.) та Кіотський (у грудні 1997 р.) протоколи. Тому в останні роки увага фахівців і виробників малої холодильної техніки звернена на

природні вуглеводні, які, як холодоагенти, близькі за термодинамічними властивостями до фреону R12, але, на відміну від нього, мають нульовий потенціал руйнування озонового шару стратосфери й дуже незначний потенціал глобального потепління. До числа таких речовин, наприклад, належить холодоагент R600a – ізобутан. Головне обмеження в його застосуванні – вибухопожежонебезпечність, що може бути усунута конструкторськими рішеннями холодильної машини та компресору на основі сучасних досягнень науки й техніки [1].

Для практичного вживання альтернативних холодоагентів велике значення мають детальні термодинамічні і теплофізичні дані про ці речовини, термічні властивості холодоагентів, поверхневе натягнення і критичні параметри, які необхідно знати для виконання розрахунків термодинамічних функцій і оцінки ефективності використання альтернативних робочих тіл в новому поколінні холодильного устаткування. Вирішення цих завдань реалізується на основі вимірних P-V-T даних рівнянь стану альтернативних холодоагентів, за допомогою яких проводиться розрахунок та порівняння термічних і калоричних властивостей.

Сьогодні ведуться дослідження, учені намагаються синтезувати нові, максимально безпечні екологічно, якісніші по своїм властивостям холодоагенти. За оцінками фахівців, за останні шість років на синтез нових холодоагентів було витрачено понад 3 мільярди доларів.

Екологічні проблеми

Проблема озонного шару вже пішла на другий план, оскільки не йде ні в яке порівняння з парниковою проблемою і навіть приходить з нею в суперечність. Вже 100 років, як люди навчилися створювати штучний холод, використовуючи його в різних областях своєї діяльності. Але посправжньому масово холодильні та кліматичні установки почали застосовуватися з 30-х років минулого століття. І пов'язане це було, в першу чергу, з початком промислового виробництва холодоагентів, що відносяться до групи хлорфторвуглеців (ХФВ): R12, R11, R113, R114. Встановлено, що за попередні сто років середньорічна температура на земній кулі підвищилася на 0,6 градуса (дані IPCC – міжурядового комітету із зміни клімату). Пов'язане це також із використанням ХФУ у промислових масштабах. Наслідок цього – танення полярних льодів і інші явища. Ісландія вже втратила 250 км³ льоду. Проведений прогноз цього процесу за чотирма можливими сценаріями розвитку цивілізації. Отримані загрозливі результати: зростання середньої температури до 2050 р. може скласти 1,8...2,6 градусів, до 2100 р. – 3,0...6,0 градусів (відповідно

за оптимістичним і песимістичним сценаріями). Основний «внесок» (75...85 %) в цей процес вносить діоксид вуглецю (CO₂), що переважно утворюється в результаті спалювання палива. Інші 15...25 % складають (приблизно з рівним сумарним впливом) інші парникові гази (зокрема фреони). Можна чекати високий ступінь тиску на промисловість, коли ці результати будуть усвідомлені міжнародним співтовариством. У зв'язку з цим, в холодильній техніці домінуватимуть природні холодоагенти: аміак, вуглеводні, діоксид вуглецю, вода, повітря. Буде потрібно забезпечувати новий підхід до вимог безпеки їх застосування з урахуванням сучасних технічних досягнень. Посилюються вимоги до енергетичної ефективності холодильних машин, оскільки перевитрата енергії – це додаткова емісія діоксиду вуглецю в атмосферу. Парокомпресійним машинам, проте, можна прогнозувати значне довголіття. Проте і вони можуть істотно змінитися. Перспективним вважається створення холодильних машин без циркуляції масла в системі. Зняття проблем підбору видів масла, сумісних з холодоагентом, організації безперешкодної циркуляції масла в контурі холодильної машини, впливу домішок масла в холодоагенті на інтенсивність теплопередачі в апаратах та ін. важко переоцінити. За допомогою відцентрових компресорів і деяких типів компресорів ротативного типу вже сьогодні цілком реально забезпечити «сухе стиснення» і достатню довговічність машин.

Вміст озону в атмосфері складає всього 0,001%, але він поглинає 99% шкідливого озонowego випромінювання, тому навіть незначне зменшення вмісту озону в атмосфері може мати істотні негативні наслідки. Так, найпоширеніший раніше фреон R12 має потенціал ODP рівний 1, R22 – 0,05, а найбільш шкідливими є фреони R10, R110, в яких озоноруйнуючий потенціал досягає 13. До моменту відкриття згубного впливу ХФУ на атмосферу Землі виробництво холодоагентів мало вже значні обсяги: у 1976 р. випуск R12 досяг 340 тис. т, а в 1986 р., що передувало року підписання Монреальського протоколу про заборону озоноруйнуючих речовин, сумарне виробництво фреонів склало більше 1,1 млн. т. Пріоритет ХФВ був порушений Монреальським протоколом 1987 року [2].

Також, з часом було введено параметр GWP (Global Warming Potential) – це величина, чисельно визначаюча радіаційний (тепловий) вплив молекул певного парникового газу на атмосферу відносно молекули CO₂. Ця величина була введена коли вчені зробили нове відкриття, у якому було розкрито ще одну екологічну проблему – парникові гази. Ефект від викиду речовин в атмосферу оцінюється за певний проміжок часу.

У якості еталонного газу узятий діоксид вуглецю (CO_2), чий GWP дорівнює 1. Характеристики холодоагентів за величиною параметру GWP наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники GWP різних холодоагентів

Холодоагент	GWP (за 100 років)
R 12	8100
R115	7370
R502	4656
R 11	4600
R125	2800
R410a	1890
R142b	1800
R22	1500
R134a	1300
R152a	140
R600a	3~4

Таблиця 2 – Показники холодоагентів R12, R134a, R22 та R600a

Назва холодоагенту	R12	R134a	R22	R600a
Відносна молекулярна маса [g/mol]	120.913	102.03	86,5	58,12
Температура плавлення, [°C]	-155.95	-103.3	-146	-159,6
Температура кипіння, [°C]	-29.74	-26,5	-40,8	-11,7
Критична температура, [°C]	112.0	101,5	96	135
Критичний тиск, [МПа]	4.119	4,06	4,98	3,65
Критична щільність, [кг/м]	579.1	1.3	1,221	0,221

Фреон R12

Фреон R12 відноситься до групи хлорфторвуглеців. Безбарвний інертний газ практично без запаху. Був одним з найбільш поширених в експлуатації холодоагентів. Вибухобезпечний, при $t > 330^\circ\text{C}$ розкладається з утворенням хлориду водню, фтористого водню і слідів отруйного газу – фосгену. Характеризується текучістю, що сприяє проникненню його через найдрібніші нещільності у холодильному контурі. У той же час завдяки підвищеній текучості, R12, холодильні масла проникають в усі деталі, що труться, знижуючи їх знос. При об'ємній частці в повітрі більше 30% настає задиха через нестачу кисню. Розчиняється в мастилі, слабо розчиняється у воді. Застосовують в одноступінчастих холодильних машинах з температурою конденсації не більше 75°C і температурою кипіння не нижче -30°C , в побутових холодильниках та торговельному обладнанні.

Фреон R134a

Фреон R134a безбарвний газ, є одним з перших фреонів, який був синтезований без використання хлору. Безпечний, нетоксичний та не являється самозаймистим при будь-яких значеннях температури. Найчастіше даним фреоном запра-

Метою цього дослідження є вивчення та обґрунтування використання ізобутану як холодильного агента у малих холодильних машинах та порівняння його з іншими холодоагентами з метою вибору кращого з них за основними показниками.

Тенденція використання холодоагентів з плином часу та їх порівняння

З самого початку відкриття холодильних агентів та холоду в цілому, для використання у малих холодильних машинах було запропоновано спочатку R12, R22 та згодом R134a, а зараз широко розповсюджений – R600a. Так як R22 зазвичай використовується у кондиціонерах, то ми будемо порівнювати більш досконаліші основні холодоагенти, а саме: R12, R22, R134a та R600a [3]. Основні показники цих чотирьох фреонів наведені у таблиці 2.

вляють автомобільні кондиціонери, холодильне обладнання торговельного та побутового призначення. Хімічна назва фреону R134a – тетрафторетан. Фреон 134a (хімічна формула: CF_3CFH_2) широко використовують у всьому світі в якості основної заміни R12 для холодильного обладнання, що працює в середньому температурному діапазоні.

Фреон R22

Фреон R22 – інертний, негорючий, не є вибухонебезпечним газом. За ступенем впливу на організм, відноситься до речовин 4-го класу небезпеки. При нормальних умовах Фреон R22 є стабільною речовиною, яка під дією температур вище 400°C може розкладатися з утворенням високотоксичних продуктів: тетрафторетилену (4-й клас небезпеки), хлористого водню (2-й клас небезпеки), фтористого водню (1-й клас небезпеки). При нагріванні фреону понад 250°C утворюються отруйні продукти-фосген (COCl_2).

Фреон R600a

Фреон R600a (Ізобутан) структурний ізомер бутану, вуглеводень. Потенціал руйнування озону: $\text{ODP}=0$, потенціал глобального потепління: $\text{GWP}=3\sim 4$. Ізобутан природний газ, продукт нафтопереробки, практично будь-який нафтопереро-

бний завод може випускати ізобутан в значних кількостях. Застосовується в побутовій холодильній техніці та кімнатних кондиціонерах. Ізобутан горючий, легкозаймистий і вибухонебезпечний, але тільки при взаємодії з повітрям при об'ємній частці 1,3 – 8,5%. Нижня межа вибухонебезпечності (1,3%) відповідає 31 г R 600a на 1 м³ повітря; верхня межа (8,5%) – 205 г R600a на 1 м³ повітря. Точка спалаху – 460°C. Приблизний діапазон залежності маси ізобутану відносно обсягу повітря у приміщенні, яка може викликати самоспалах агента, приведені на рис. 1. (де 1 – верхня межа спалаху, а 2 – нижня межа спалаху).

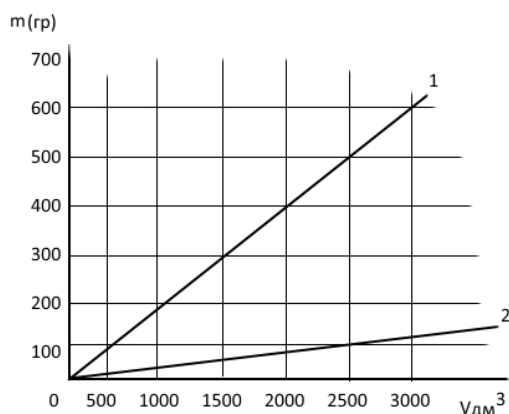


Рисунок 1 – Діапазон концентрації самоспалаху R600a у залежності від його маси m (гр.) на об'єм приміщення v (дм³)

Ізобутан добре розчинний в мінеральному мастилi. Сумісність ізобутану з мінеральним мастилом і конструкційними матеріалами холодильних парокомпресійних машин дозволяє максимально спростити процес переходу з R12 на ізобутан. Ізобутан нейтральний до матеріалів холодильного агрегату і компресора, тобто не вступає з ними в реакцію і не утворює важких вуглеводнів, які можуть вивести систему холодильної машини з ладу, що забезпечує її надійну тривалу експлуатацію [4].

Ізобутан забезпечує більш високий, ніж у R12, холодильний коефіцієнт холодильної машини, що зменшує енергоспоживання. Холодильні агрегати на R600a працюють при більш низькому тиску в робочому контурі, що забезпечує менший рівень шуму та сприяє довговічності установок.

Аналіз параметрів і характеристик розрахункових теоретичних циклів холодильних машин працюючих на синтетичних фреонах R12 та R134a і природному холодоагенті R600a

Для більш повної оцінки ефективності використання фреонів R12, R134a і R600a у температурних межах циклів, характерних для побутової

холодильної техніки, проведемо порівняльний аналіз їх параметрів і характеристик.

В порівнянні фреонами R12 і R134a, R600a має значні екологічні переваги [5]. Цей природний газ не руйнує озоновий шар і майже не сприяє появі парникового ефекту. Маса агента, циркулюючого в холодильній системі, при використанні ізобутану значно зменшується (приблизно на 30%). Питомі маса ізобутану в 2 рази більше питомої маси повітря – газоподібний R600a стелиться по землі. Ізобутан добре розчиняється в мінеральному маслі, забезпечує вищий, ніж R12, холодильний коефіцієнт.

Розглянемо основні характеристики R12, R134a та R600a, що наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Основні характеристики фреонів R12, R134a та R600a

Холодоагент	R600a	R134a	R12
Назва	Ізобутан (CH ₃) ₃ СН	Тетрафторетан	Дихлордифторметан
Хімічна формула	Н	CF ₃ -CH ₂ F	CF ₂ Cl ₂
Молекулярна вага(кг/моль)	58,1	102	120
Щільність у парообразному стані при температурі (-25)~(+32)°C (кг/м ³)	1,3	4,4	6
Щільність у рідкому стані при температурі (-25)°C (кг/дм ³)	0,6	1,37	1,47
Нормальна температура кипіння (°C)	-11,6	-26,5	-29,8
Критична температура (°C)	135	101	112
Тиск при температурі (-25)°C (мПа)	0,058	0,107	0,124
Тиск при температурі (+20)°C (мПа)	0,3	0,57	0,57
Ентальпія перетворення при температурі (-25)°C (кДж/кг)	376	216	163
Питомі продуктивність при температурі (-25)°C (кДж/кг)	373	658	727

Тиск насичених парів холодоагенту при робочих температурах визначає необхідний запас міцності корпусних деталей компресору. Залежності тисків і температур насичених парів холодоагентів представлені на рис. 2.

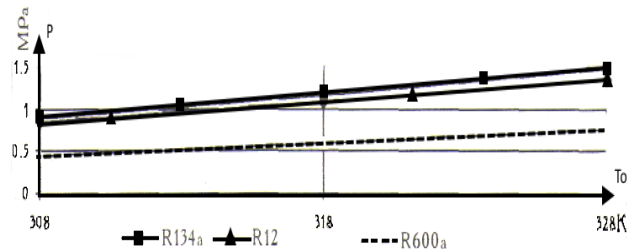


Рисунок 2 – Залежності тиску P від температури конденсації T_k R134a, R12 та R600a

Різниці тисків і ступінь стиснення є важливими факторами, що визначають навантаження

на механізм руху поршневого компресора і обмежують температурні діапазони застосування конкретних холодоагентів. Залежності різниць тисків і ступенів стиснення від температури кипіння представлені на рис. 3 та рис. 4 відповідно.

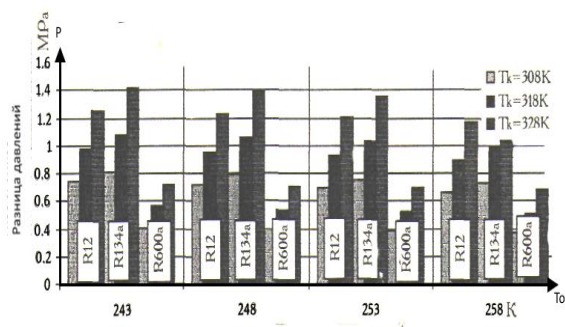


Рисунок 3 – Залежності різниці тисків від температури кипіння T_0 для різних холодоагентів та температур конденсації T_k

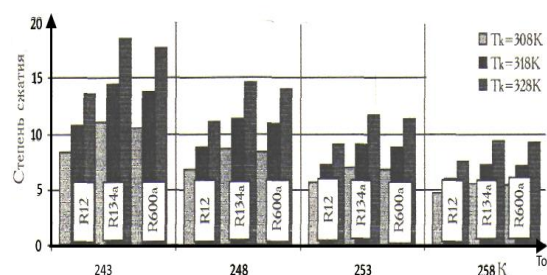


Рисунок 4 – Залежності ступеня стиснення компресору від температури кипіння T_0 для різних холодоагентів та температур конденсації T_k

З рис. 3 – 4 видно, що холодоагент R134a дає трохи гірші значення різниць тисків і ступенів стиснення у порівнянні з R12 і R600a.

Холодопродуктивність.

Холодопродуктивність означає кількість холоду, виробленого компресором на різних холодоагентах.

Залежності питомої холодопродуктивності для циклу з регенерацією тепла представлені на рис. 5

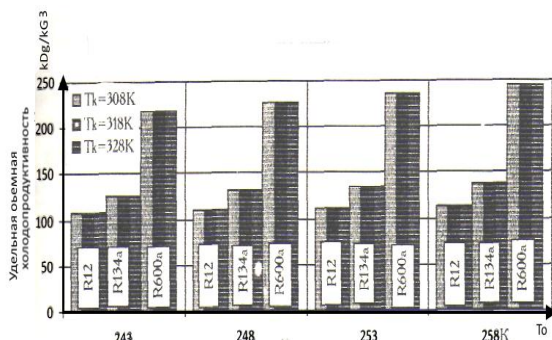


Рисунок 5 – Залежності питомої холодопродуктивності від температури кипіння T_0 для різних холодоагентів та температур конденсації T_k

Дані, приведені на рис. 5 свідчать, що холо-

доагент R600a володіє найбільшим значенням питомої холодопродуктивності.

Важливим фактором, що впливає на конструктивні розміри циліндра поршневого компресора, є питома об'ємна холодопродуктивність холодоагенту. Значення питомої об'ємної холодопродуктивності для R12, R134a та R600a наведені на рис. 6.

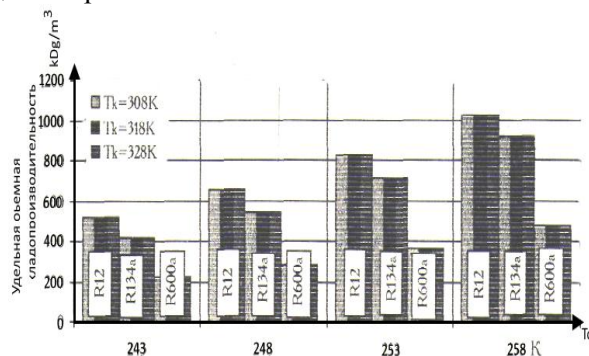


Рисунок 6 – Залежності питомої об'ємної холодопродуктивності від температури кипіння T_0 для різних холодоагентів та температур конденсації T_k

Дані, приведені на рис. 6, свідчать про те, що для отримання однієї і тієї ж розрахункової холодопродуктивності компресору, що використовують холодоагенти R134a та R600a, повинні володіти більшими, в порівнянні з R12, описаними об'ємами циліндру.

Холодильний коефіцієнт

Холодильний коефіцієнт характеризує термодинамічну ефективність холодильного циклу.

Відомо, що для холодильної машини найвище значення холодильного коефіцієнту має цикл Карно.

Холодильний коефіцієнт циклу Карно не залежить від типу використовуваного холодоагенту, а визначається тільки температурними рівнями джерел підводу та відводу тепла. Для обраних розрахункових температурних меж значення холодильного коефіцієнта циклу Карно наведені на рис. 7.

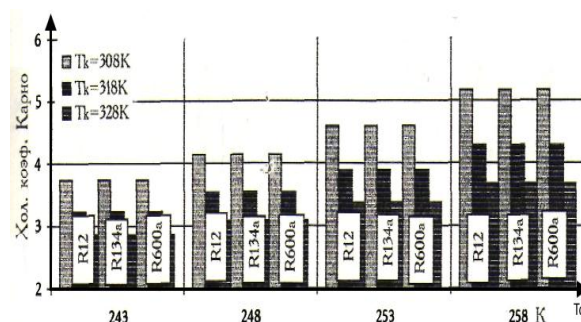


Рисунок 7 – Залежності холодильного коефіцієнту циклу Карно від температури кипіння

На рис. 8 – 9 наведені розрахункові значення холодильних коефіцієнтів.

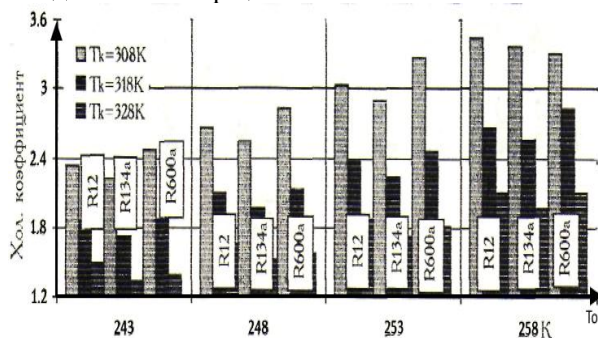


Рисунок 8 – Залежності холодильного коефіцієнту циклу холодильної машини з всмоктуванням сухого пару від температури кипіння T_0 для різних холодоагентів та температур конденсацій T_k

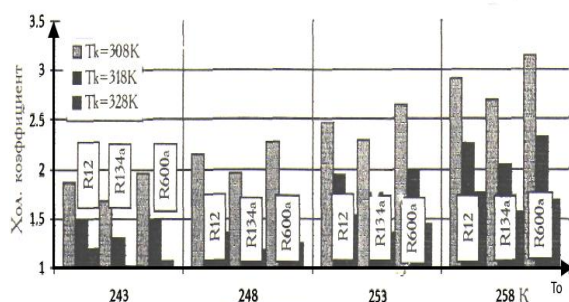


Рисунок 9 – Залежності холодильного коефіцієнту циклу холодильної машини з всмоктуванням перегрітого пару від температури кипіння T_0 для різних холодоагентів та температур конденсацій T_k .

Аналіз даних рис. 8 – 9 показує, що у всьому діапазоні температурних меж реалізації циклів, значення холодильного коефіцієнта для фреонів R12 перевищують значення холодильних коефіцієнтів для холодоагентів R134a і R600a. Для всіх холодоагентів значення холодильних коефіцієнтів в циклі холодильної машини з всмоктуванням перегрітого пару падають також через зростання незворотних втрат у процесі стиснення.

Висновки.

На протязі останніх років всі основні компоненти для створення малих холодильних машин, працюючих на R600a, освоєні у виробництві підприємствами. Компресори для таких систем доступні в серійних версіях у більшості типів і конструктивних виконань.

R600a може вважатися альтернативним холодоагентом у більшості галузей холодильної техніки завдяки своїм термодинамічним і екологічним властивостям. У різних галузях холодильної техніки R600a показує високу енергетичну ефективність у порівнянні з іншими альтернативами.

вами.

У середньому робочий тиск в системах на R600a вище, ніж при багатьох інших альтернативах. Проте, це не приводить до значного збільшення ступеню стиснення, в той же час зменшуються прохідні перетини елементів системи. Таким чином, можуть використовуватися трубки меншого діаметру й теплообмінні апарати менших розмірів. Це приводить до зменшення маси системи, її обсягу, а також до зменшення витрат на обладнання.

Широке використання ізобутану в холодильній техніці обмежується його підвищеною вибухо- та пожежонебезпечністю. Для уникнення можливих аварій та нещасних випадків при роботі, конструюванні та виробництві машин та компресорів, які працюють на ізобутані, слід забезпечувати наступні заходи безпеки:

- оскільки ізобутан легкозаймистий холодоагент, треба виключити можливі джерела відкритого вогню та іскор;

- також треба обмежити вміст ізобутану в одному виробі холодильної техніки (не більше 400 грам у робочому обсягу малої холодильної машини);

- при витокі ізобутану з системи збільшується ймовірність вибуху, тому розміри приміщення спеціально розраховують під можливість витоків і розсіювання усього холодоагенту в приміщенні;

- необхідне забезпечення герметичності компресорів та трубопроводів;

- необхідне обмеження доступу персоналу, який не пройшов підготовку з робіт пов'язаних з ізобутаном;

- необхідне забезпечення приміщень устаткуванням, необхідним для пожежогасіння у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Список використаних джерел

1. Бараненко А. В. Холодильные машин / А. В. Бараненко, Н. Н. Бухарин, В. М. Пекарев, И. А. Сакун, Л. С. Тимофеевский. – Л.: Техника, 1996. – 324 с.
2. Osterman G. B., Salawitch R. J., Sen B. A., Toon G. C., Stachnik R. A., Pickett H. M., Margitan J. J., Blavier J. F., Peterson D. B. Measurements of Stratospheric Radicals and their Precursors Implications for the Production and Loss of Ozone // Geophys. Res. Lett, 1997. – No. 4 – P. 58 – 72.
3. Клименко В. В. Изменение в мировом производстве хлорфторуглеродов: влияние на атмосферу и климат / В. В. Клименко, А. Т. Терешин // Холодильная техника, 2000. – № 3 – С. 24 – 32.

4. Мілованов В. І. Компресори об'ємного стиснення / В. І. Мілованов, Н. І. Водяницька, В. Д. Мельников. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2015. – 330 с.

5. Douglass A.R., Newman P. A., Solomon S. The Antarctic ozone hole: An update // Physics Today, 2014. – No 2. – P. 25 – 34.

Надійшла до редакції 15.11.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Дорошенко О.В
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

В. І. Мілованов, д.т.н., С. Г. Корниєвич

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИЗОБУТАНА В КАЧЕСТВЕ ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА

Главной целью исследования является рассмотрение вопросов, касающихся экологической и экономической части применения различных холодильных агентов. Особенное внимание уделяется теплофизическим, взрывоопасным, энергетическим и экологическим показателям натуральных хладагентов. Методика исследования заключается в сравнительном анализе основных хладагентов (R12, R134a и R600a).

Ключевые слова: изобутан, Ozone Depletion Potential (ODP), Global Warming Potential (GWP), холодопроизводительность, пожароопасность, энергетическая эффективность, хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторуглероды (ГХФУ).

V. I. Milovanov, DSc, S. G. Kornievich

RATIONALE REVELANCE OF ISOBUTANE AS A COOLING AGENT

The main objective of the study is to examine the issues related to ecological and economical rates of different refrigerants. Particular attention is payed to physico-thermal, eneregy, economical and explosive-abilities of natural refrigerants. Comparative analysis is the method of research that we choose to analyze main refrigerants (R12, R134a and R600a).

Keywords: isobutane, Ozone Depletion Potential (ODP), Global Warming Potential (GWP), cooling power, explosive ability, energy efficiency, Chlorofterocarbons (CFCs), Gidrochlorforcarbons (HCFCs).

УДК 621.317.08

В. П. Квасніков, д.т.н., А. В. Рудик, к.т.н.

Національний авіаційний університет, м. Київ

ВРАХУВАННЯ РОБОЧИХ УМОВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОБ'ЄКТІВ В МАТЕМАТИЧНІЙ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ

Проаналізовано основні величини, якими характеризуються робочі умови вимірювання параметрів руху об'єктів, та з'ясовано їх номінальні значення. Запропоновано математичну модель впливу робочих умов (середовища) на коефіцієнт чутливості засобу вимірювання. Проаналізовано відхилення коефіцієнта чутливості засобу вимірювання від номінального значення залежно від групи факторів та кількості членів розкладу функції в ряд Тейлора.

Ключові слова: робочі умови вимірювання, засіб вимірювання, коефіцієнт чутливості.

Вступ

Об'єкти вимірювань, середовище та засоби вимірювань є матеріальними об'єктами і деяким чином взаємозв'язані між собою. Тому їх математичні моделі мають відображати зв'язки між ними. Однак величини, які характеризують об'єкт вимірювання та середовище, в загальному випадку не є сталими, що має відобразитися в їх

математичних моделях.

Процес вимірювання завжди реалізується в конкретних умовах (середовищі), тому результат вимірювання залежить від робочих умов вимірювання. В робочих умовах вимірювання наявні різні детерміновані та стохастичні збурення, які накладаються на вимірювану величину та результат вимірювання і впливають на засіб вимірю-

вання, вимірювану величину, об'єкт вимірювання і безпосередньо на результат вимірювання [1].

Величини, що характеризують робочі умови вимірювання, діляться на чотири групи [2]:

- кліматичні величини (температура, тиск, вологість та ін.);
- електричні й магнітні величини (електричні струми, напруги і магнітні поля різного роду);
- величини, що характеризують механічну дію на об'єкт вимірювання (вібрації, ударні навантаження та ін.);
- величини, що характеризують атмосферу (радіаційні й іонізуючі випромінювання, газовий склад атмосфери, запилення, задимлення та ін.).

Забезпечити єдність вимірювань відносно усіх можливих робочих умов вимірювання неможливо, тому для конкретних видів вимірюваних величин встановлюються єдині умови вимірювання (нормальні умови), для яких мають виконуватися умови єдності вимірювань. Такими умовами є перелік нормованих величин, що впливають на результат вимірювання, та вимоги до значень цих величин, які задаються або у формі допустимих меж зміни, або як номінальне значення.

При вимірюванні параметрів руху об'єктів номінальні значення найбільш важливих нормованих величин, що впливають на результат вимірювання, є такими [3, 4]:

- температура – 20°C (293 K);
- тиск навколишнього повітря – 99.992 кПа (750 мм. рт. ст.);
- відносна вологість повітря – 65% (нормальний парціальний тиск водяної пари 1351 Па);
- густина повітря – 1.2 кг/м³;
- прискорення вільного падіння (прискорення сили тяжіння) – 9.8 м/с²;
- магнітна індукція та напруженість електростатичного поля – 0.

Однак при тривалих вимірюваннях забезпечити номінальні значення впливових величин неможливо, тому встановлюються їх допустимі межі зміни. Як правило, значення меж зміни вибираються з врахуванням діапазону зміни вимірюваної величини та допустимих меж похибки результату вимірювання. Так, поширеною є вимога, що результати вимірювань для порівнянності мають приводитися до нормальних значень впливових величин з похибкою, що не перевищує 35% допустимої похибки вимірювання [3]. В обґрунтованих випадках допускається приведення результатів вимірювань до інших номінальних значень впливових величин, які встановлюються у кожному окремому випадку у відповідних державних стандартах.

В процесі вимірювання робочі умови найбільше впливають на об'єкт вимірювання, що ха-

рактеризується величиною x , та засіб вимірювання (ЗВ).

Постановка задачі

В статті необхідно:

1) проаналізувати основні величини, якими характеризуються робочі умови вимірювання параметрів руху об'єктів, та з'ясувати їх номінальні значення;

2) запропонувати математичну модель впливу робочих умов (середовища) на коефіцієнт чутливості засобу вимірювання.

Основна частина

Якщо математична модель ЗВ представлена в формі вагової функції $kw_0(t)$ [4], то коефіцієнт чутливості k залежить від розміру одиниці величини, яка відтворюється ЗВ, а нормована вагова функція $w_0(t)$ відображає інерційні, дисипативні та інші властивості ЗВ. В статичному режимі вимірювання впливом інерційних властивостей ЗВ нехтують, а суттєвим є вплив робочих умов на коефіцієнт чутливості ЗВ. В динамічному режимі вплив на результат вимірювання нормованої вагової функції значно збільшується. Однак при невеликих відхиленнях від номінальних значень величин, що характеризують робочі умови вимірювання, їх вплив на значення параметрів нормованої вагової функції є незначним, тому цим впливом часто нехтують.

Розглянемо математичну модель впливу робочих умов (середовища) на коефіцієнт чутливості ЗВ. Прийmemo, що коефіцієнт чутливості ЗВ є деякою диференційованою функцією коефіцієнтів чутливості перетворювачів, що входять до складу ЗВ і формують результат вимірювання (при цьому тип функції залежить від способу з'єднання перетворювачів в ЗВ) [2]:

$$k = f(k_1, k_2, \dots, k_m) = f(k_i), \quad (1)$$

де k_i ($i = \overline{1, m}$) – коефіцієнт чутливості i -го перетворювача.

Якщо покласти, що

$$k_i = k_{i0} + \Delta k_i = k_{i0}(1 + \varepsilon_{k_i}),$$

де k_{i0} – номінальне значення, Δk_i – абсолютне та

$$\varepsilon_{k_i} = \frac{\Delta k_i}{k_{i0}} \text{ – відносне відхилення від номінального}$$

значення коефіцієнта чутливості i -го перетворювача, то отримаємо:

$$k = f(k_{i0} + \Delta k_1, k_{i0} + \Delta k_2, \dots, k_{i0} + \Delta k_m) = k_0 + \Delta k = k_0(1 + \varepsilon_k), \quad (2)$$

де $k_0 = f(k_{i0}, k_{i0}, \dots, k_{i0})$ – номінальне значення коефіцієнта чутливості ЗВ; Δk – абсолютне та

$\varepsilon_k = \frac{\Delta k}{k_0}$ – відносне відхилення величини k від номінального значення, обумовлене відхиленнями Δk_i .

Визначимо відхилення в співвідношенні (2), для чого представимо дану функцію рядом Тейлора відносно номінальних значень аргументів:

$$\Delta k = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \cdot (\Delta k_i)^j = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(j)} (\Delta k_i)^j, \quad (3)$$

де $\gamma_i^{(j)} = \left. \frac{\partial^j f(k_1, k_2, \dots, k_m)}{\partial k_i^j} \right|_{k_i=k_{i0}, i=1, m}$ – частинні похідні функції (2).

Відхилення Δk_i обумовлені двома групами факторів:

- виробничо-технологічними факторами, тобто похибками технології виготовлення перетворювачів $\Delta k_{i,em}$;

- відхиленнями від номінальних значень величин, що характеризують робочі умови вимірювання, тобто $\Delta k_{i,py}$:

$$\Delta k_i = \Delta k_{i,em} + \Delta k_{i,py}. \quad (4)$$

Складову $\Delta k_{i,py}$ представимо через відхилення від номінальних значень величин другої групи факторів за допомогою рівняння зв'язку:

$$k_i = \psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_p) = \psi(\xi_l), \quad (5)$$

де ξ_l ($l = \overline{1, p}$) – величини, що впливають на коефіцієнти чутливості перетворювачів.

Розкладемо аналогічно функцію ξ_l в ряд Тейлора відносно номінальних значень аргументів та отримаємо:

$$\Delta k_{i,py} = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{l=1}^p \frac{\partial^j k_i}{\partial \xi_l^j} \cdot (\Delta \xi_l)^j = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(j)} (\Delta \xi_l)^j, \quad (6)$$

де $\chi_{il}^{(j)} = \left. \frac{\partial^j \psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)}{\partial \xi_l^j} \right|_{\xi_l=\xi_{l0}, l=1, p}$ – частинні похідні функції (5).

Якщо підставити співвідношення (4) та (6) в рівняння (3) і розкласти степеневу функцію в дужках в ряд Маклорена [5], отримаємо:

$$\begin{aligned} \Delta k &= \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \cdot \left(\Delta k_{i,em} + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(j)} (\Delta \xi_l)^j \right)^j = \\ &= \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \times \\ &\times \sum_{n=0}^{\infty} \frac{j(j-1)\dots(j-n+1) \Delta k_{i,em}^{j-n} \cdot \left(\sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(j)} (\Delta \xi_l)^j \right)^n}{n!} = \\ &= \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \Delta k_{i,em}^j + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \times \\ &\times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{j(j-1)\dots(j-n+1) \Delta k_{i,em}^{j-n} \cdot \left(\sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(j)} (\Delta \xi_l)^j \right)^n}{n!} = \\ &= \Delta k_{em} + \Delta k_{py}, \end{aligned} \quad (7)$$

де $\Delta k_{em} = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \Delta k_{i,em}^j = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(j)} \Delta k_{i,em}^j$ – відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ за рахунок впливу виробничо-технологічних факторів;

$\Delta k_{py} = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \times$
 $\times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{j(j-1)\dots(j-n+1) \Delta k_{i,em}^{j-n} \cdot \left(\sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j!} \sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(j)} (\Delta \xi_l)^j \right)^n}{n!}$ – відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ за рахунок відхилень від номінальних значень величин, що впливають на коефіцієнти чутливості перетворювачів ЗВ; $\alpha_l^{(j)} = \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(j)} \chi_{il}^{(j)}$ – коефіцієнти, що визначають вплив відхилень $\Delta \xi_l$ на відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ.

В загальному вигляді при врахуванні великої кількості членів розкладу функцій k_i та ξ_l в ряд Тейлора ($j \rightarrow \infty$) співвідношення (7) є доволі складним і не дозволяє визначити окремі складові відхилень коефіцієнтів чутливості ЗВ від номінального значення. Тому розглянемо варіанти обмеження кількості членів розкладу зазначених функцій в ряд Тейлора.

При $j = 1$, тобто при врахуванні тільки лінійного члену розкладу, отримаємо:

$$\begin{aligned} \Delta k_{j=1} &= \sum_{i=1}^m \left. \frac{\partial f(k_1, k_2, \dots, k_m)}{\partial k_i} \right|_{k_i=k_{i0}, i=1, m} \times \\ &\times \left(\Delta k_{i,em} + \sum_{l=1}^p \left. \frac{\partial \psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)}{\partial \xi_l} \right|_{\xi_l=\xi_{l0}, l=1, p} \cdot \Delta \xi_l \right) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(1)} \cdot \left(\Delta k_{i,em} + \sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(1)} \cdot \Delta \xi_l \right) = \\
 &= \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(1)} \Delta k_{i,em} + \sum_{i=1}^m \left(\sum_{l=1}^p \gamma_i^{(1)} \chi_{il}^{(1)} \Delta \xi_l \right) = \Delta k_{em1} + \Delta k_{py1},
 \end{aligned} \quad (8)$$

де $\Delta k_{em1} = \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(1)} \Delta k_{i,em}$ та $\Delta k_{py1} = \sum_{l=1}^p \alpha_l^{(1)} \Delta \xi_l = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{l=1}^p \gamma_i^{(1)} \chi_{il}^{(1)} \Delta \xi_l \right)$ – відповідні відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ, що визначаються врахуванням тільки лінійного члену розкладу; $\alpha_l^{(1)} = \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(1)} \chi_{il}^{(1)}$ – коефіцієнти, що визначають вплив відхилень $\Delta \xi_l$ на відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ при врахуванні тільки лінійного члену розкладу.

При $j = 2$, тобто при врахуванні додатково квадратичного члену розкладу, отримаємо:

$$\begin{aligned}
 \Delta k_{j=2} &= \sum_{j=1}^2 \frac{1}{j!} \sum_{i=1}^m \frac{\partial^j k}{\partial k_i^j} \cdot \left(\Delta k_{i,em} + \sum_{j=1}^2 \frac{1}{j!} \sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(j)} (\Delta \xi_l)^j \right)^j = \\
 &= \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(1)} \Delta k_{i,em} + \sum_{i=1}^m \left(\sum_{l=1}^p \gamma_i^{(1)} \chi_{il}^{(1)} \Delta \xi_l \right) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(2)} \Delta k_{i,em}^2 + \\
 &+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \Delta k_{i,em} \left(\sum_{l=1}^p \gamma_i^{(2)} \chi_{il}^{(2)} \Delta \xi_l^2 \right) + \frac{1}{8} \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(2)} \cdot \left(\sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(2)} \Delta \xi_l^2 \right)^2 = \\
 &= \Delta k_{em1} + \Delta k_{py1} + \Delta k_{em12} + \Delta k_{py12.1} + \Delta k_{py12.2} = \\
 &= \Delta k_{em2} + \Delta k_{py2},
 \end{aligned} \quad (9)$$

де $\Delta k_{em12} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(2)} \Delta k_{i,em}^2$ – відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ за рахунок впливу виробничо-технологічних факторів при врахуванні тільки квадратичного члена розкладу; $\Delta k_{py12.1} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \Delta k_{i,em} \left(\sum_{l=1}^p \gamma_i^{(2)} \chi_{il}^{(2)} \Delta \xi_l^2 \right) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \Delta k_{i,em} \left(\sum_{l=1}^p \alpha_l^{(2)} \Delta \xi_l^2 \right)$ та $\Delta k_{py12.2} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(2)} \cdot \left(\sum_{l=1}^p \chi_{il}^{(2)} \Delta \xi_l^2 \right)^2$ – відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ за рахунок відхилень від номінальних значень величин, що впливають на коефіцієнти чутливості перетворювачів ЗВ при врахуванні тільки квадратичного члена розкладу; $\alpha_l^{(2)} = \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(2)} \chi_{il}^{(2)}$ – коефіцієнти, що визначають вплив відхилень $\Delta \xi_l$ на відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ при врахуванні тільки квадратичного члена розкладу; $\Delta k_{em2} = \Delta k_{em1} + \Delta k_{em12}$ та $\Delta k_{py2} = \Delta k_{py1} + \Delta k_{py12.1} + \Delta k_{py12.2}$ – від-

повідні відхилення коефіцієнта чутливості ЗВ, що визначаються врахуванням двох перших членів розкладу.

Якщо у виразі (2) прийняти $k_0 = 1$, то

$$k = 1 + \Delta k = 1 + \Delta k_{em} + \Delta k_{py} = 1 + \varepsilon_{k_{em}} + \varepsilon_{k_{py}}, \quad (10)$$

а вплив робочих умов вимірювання визначається складовою Δk_{py} .

Вплив робочих умов на об'єкт вимірювання необхідно враховувати тому, що він призводить до змін вимірюваної величини, яка характеризує об'єкт вимірювання (при цьому впливовими можуть бути всі чотири групи величин, якими характеризуються робочі умови вимірювання). В підсумку вплив робочих умов (середовища) на об'єкт вимірювання зводиться до адитивного збурення, прикладеного до входу ЗВ.

Висновки

1. Проаналізовано основні величини, якими характеризуються робочі умови вимірювання параметрів руху об'єктів, та з'ясовано їх номінальні значення.

2. Запропоновано математичну модель впливу робочих умов (середовища) на коефіцієнт чутливості засобу вимірювання.

3. Проаналізовано відхилення коефіцієнта чутливості засобу вимірювання від номінального значення залежно від групи факторів та кількості членів розкладу функції в ряд Тейлора.

Список використаних джерел

1. Метрологическое обеспечение и контроль качества материалов и изделий: монография / Под общ. ред. д.т.н., проф. В. Т. Прохорова; ГОУ ВПО «Южно-Рос. гос. ун-т. экономики и сервиса». – Шахты: ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2009. – 160 с. ISBN 978-5-93834-446-4.
2. Назаров Н. Г. Измерения: Планирование и обработка результатов / Н. Г. Назаров. – М.: Издательство стандартов, 2000. – 301 с. ISBN 5-7050-0448-6.
3. ГОСТ 8.050:2009 ГСОЕИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.
4. Назаров Н. Г. Метрология. Основные понятия и математические модели: Учеб. пособие для вузов / Н. Г. Назаров. – М.: Высшая школа, 2002. – 348 с. ISBN 5-06-004070-4.
5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968. – 720 с.

Надійшла до редакції 16.11.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Конін В. В., Національний авіаційний університет, м. Київ.

В. П. Квасников, д.т.н., А. В. Рудык, к.т.н.

**УЧЁТ РАБОЧИХ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЯ**

Проанализированы основные величины, которыми характеризуются рабочие условия измерения параметров движения объектов, и найдены их номинальные значения. Предложена математическая модель влияния рабочих условий (среды) на коэффициент чувствительности средства измерения. Проанализированы отклонения коэффициента чувствительности средства измерения от номинального значения в зависимости от группы факторов и количества членов разложения функции в ряд Тейлора.

Ключевые слова: рабочие условия измерения, средство измерения, коэффициент чувствительности.

V. P. Kvasnikov, DSc, A. V. Rudyk, PhD

**ACCOUNTING WORKING CONDITIONS MEASUREMENTS OF OBJECTS MOTION IN
MATHEMATICAL MODEL OF THE MEASUREMENTS RESULTS**

We analyzed the main values that characterize the working conditions of measuring parameters of objects motion and found their nominal value. Propose a mathematical model of the effect of operating conditions (environment) on the sensitivity coefficient measuring instruments. Analyzed deviation coefficient measuring instruments sensitivity of the nominal value depending on the group of factors and the number of terms in the expansion function in a Taylor series.

Keywords: performance measurement conditions, measurement means, sensitivity factor.

УДК 616-073.27

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

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

**СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ ФАНТОМІВ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ
МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНИХ ТОМОГРАФІВ**

У статті представлений спосіб приготування розчину хлориду натрію, який придатний для застосування при калібруванні магнітно-резонансних томографів, або складових речовин, які застосовують в апаратах гемодіалізу для очищення крові у хворих на нирки.

Ключові слова: Фантом, магнітно-резонансний томограф, калібрування, очищення крові, нирки.

Вступ

Для гемодіалізу використовують діалізуючий розчин, який готують шляхом змішування діалізних концентратів і води. Обсяг діалізуючого розчину, що контактує з кров'ю хворого через напівпроникну мембрану з обмінною площею $1,5 \text{ м}^2$ не менше 12 годин на тиждень, приблизно в 100 – 150 разів більше кількості води, яку людина випиває за цей час в звичайних умовах.

Виходячи з цього, якість застосовуваної води найрішучішим чином позначається на самопочутті хворого, як безпосередньо при проведенні гемодіалізу, так і в міждіалізний період. У світовій практиці для гемодіалізу використовується вода, методу очищення, званого «зворотний осмос», нерозривно пов'язаного з таким явищем, як «процес осмосу і дифузії на напівпроникненій мембрані».

У МРТ використовують МР-фантом, який є штучним об'єктом, для перевірки роботи МРТ. Багато матеріалів в МР-фантамах використовуються в якості речовин, що підтримують сигнал. Деякими з них є водні парамагнітні розчини: чисті желатинові гелі, агар, полівініловий спирт, силікон, агароза або поліакриламід; гелі з органічними добавками, гелі з парамагнітним добавками і зворотні розчини міцелі.

У МР-фантамі вода найчастіше використовується в якості підтримуючої сигнал речовини. Часто буває необхідно налаштовувати часи спінграткової і спінспінової релаксації водних розчинів, так щоб можна було отримувати зображення за відповідні періоди часу. Парамагнітні іони металів зазвичай використовуються для настройки часів релаксації ядер водню у воді.

Мета статті – розробка нового способу

отримання рідини для виготовлення фантомів.

Постановка задачі досліджень

З існуючого рівня техніки, яка відноситься до розглянутої галузі, найбільш близьким до розробленого способу є спосіб приготування розчину хлориду натрію, який передбачає отримання водного розчину з вихідної сировини, для чого розчиняють 1 кг кристалічного хлориду натрію в 3 л води і після відстоювання розчин декантують і здійснюють очищення отриманого розчину послідовно його від іонів SO_4^{2-} підкислюючи його соляною кислотою до слабкої кислотної реакції на бромтимоловий синій та після його нагрівання додають розчин, який містить 50 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 200 cm^3 води. Отриману суміш нагрівають і, після відстоювання, фільтрують та здійснюють процедуру випадання в осад 3-d металів, для чого в гарячий фільтрат вводять розчин 0,75 г NaOH у 5 cm^3 води та для випадання в осад іонів Mg^{2+} та Ca^{2+} , розчин 20 г Na_2CO_3 в 100 cm^3 води і кип'ятять його 30 хв., фільтрують, фільтрат нейтралізують по лакмусу соляною кислотою, а потім отриманий розчин фільтрують та використовують безпосередньо за потребою або випаровують і отримують кристалічну форму хлориду натрію, який має чистоту кваліфікації «ч» або «ч.д.а.», що забезпечує вміст домішок неорганічних речовин не більше 2% від загальної маси [1].

Спосіб приготування фантому

Розроблений спосіб збігається з відомим способом одержання розчину хлориду натрію по наступній сукупності суттєвих ознак, а саме: включає очищення від 3-d металів додаванням розчину NaOH та наступне випадання в осад Mg^{2+} та Ca^{2+} введенням розчину Na_2CO_3 та подальше фільтрування розчину.

Однак відомий спосіб одержання розчину хлориду натрію не забезпечує високого ступеню очищення розчину (хлорид натрію має чистоту «ч» або «ч.д.а.»), та високу тривалість у часі процесу фільтрування цільового продукту, що обумовлено застосуванням хлориду барію та наявності іонів магнію, як домішки в хлориді і натрії, які утворюють осад гідроксиду магнію від додавання розчину NaOH і який потребує тривалого у часі процесу фільтрування.

Заслуга авторів статті полягає в удосконаленні відомого способу одержання розчину хлориду натрію, шляхом зміни складу речовин, які використовуються для очищення, що забезпечить значне (на 10^5) підвищення ступеню чистоти цільового продукту, та зменшення терміну часу процесу фільтрування розчину цільового продукту [2].

Поставлене завдання вирішується в способі одержання розчину хлориду натрію, який вклю-

чає: очищення від 3-d металів додаванням в нього розчину поліядерних гідроксокомплексів магнію, утворених лугом натрію в хлориді магнію концентрації 4 – 4,75 моль/ dm^3 , наступне випадання в осад Mg^{2+} і Ca^{2+} шляхом введення розчину Na_2CO_3 та подальше фільтрування розчину тим, що згідно з предметом корисної моделі, очищення розчину від 3-d металів здійснюють гідроксидом магнію, що утворюється при додаванні в нього хлориду натрію поліядерних гідроксокомплексів магнію.

Зазначена сукупність суттєвих ознак забезпечує спосіб, який заявляється, технічний результат, який полягає в отриманні цільового продукту (розчин хлориду натрію) із високим ступенем чистоти по відношенню до вмісту 3-d металів (Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) та забезпечує їх мінімізацію у цільовому продукті на рівні не більш $(1 - 4) \cdot 10^{-7} \%$, що значно перевищує чистоту хімічних речовин, які мають маркування «ч», «ч.д.а.» та «ос.ч» і містять неорганічні домішки більше ніж $3 \cdot 10^{-5} \%$.

Додатковий технічний результат, який полягає в підвищенні швидкості фільтрації розчину хлориду натрію досягається тим, що гідроксид магнію утворюється в ньому при розбавленні розчину поліядерних гідроксокомплексів магнію, який готується з розчинів MgCl_2 складу 4 – 4,5 г/ dm^3 хлориду магнію та 0,18 – 0,21 г/ dm^3 гідроксиду натрію.

Запропонований спосіб приготування розчину хлориду натрію здійснюють наступним чином. Для приготування розчину хлориду натрію із більш високим ступенем чистоти використовують хлорид натрію із низьким ступенем чистоти, наприклад, «чистий для аналізу», що містить 3-d метали (Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) та сульфат – іон в кількості $(1 - 7) \cdot 10^{-3} \text{ мас. } \%$, для чого сировинний NaCl розчиняють в 2 dm^3 води (концентрація складає 310 г/ dm^3), та додають в нього при інтенсивному перемішуванні 20 cm^3 розчину, що містить хлорид магнію з концентрацією 4 – 4,5 г/ dm^3 та гідроксид натрію з концентрацією 0,2 г/ dm^3 , а очищення розчину хлориду натрію від 3-d металів здійснюють гідроксидом магнію, що утворюється від розбавлення концентрованого розчину поліядерних гідроксокомплексів магнію (лужно-конденсованих іонів магнію) в хлориді натрію.

Отриманий об'єм відстоюють протягом 20 – 30 хвилин та повільно, при перемішуванні, додають розчин карбонату натрію (Na_2CO_3) з концентрацією 0,18 – 0,2 г/ dm^3 до слабко-лужної реакції (по фенолфталеїну). Після закінчення введення розчину карбонату натрію, отриманий об'єм фільтрують та отримують цільовий про-

дукт (розчин хлориду натрію) у фільтраті. Швидкість фільтрації (коефіцієнт фільтрації) складає $K_f = 2,2 \cdot 10^{-4}$ м/ч; при звичайному лужному осадженні гідроксиду магнію $K_f = 2,2 \cdot 10^{-9}$ м/ч.

Вміст іонів кальцію, магнію, сульфат-іону та 3-d металів у отриманому по запропонованому способу розчині наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вміст примісних іонів у сировинному та очищеному розчині хлориду натрію

Вид примісного елементу	Вміст примісного елементу в розчині хлориду натрію, % мас.		Ступінь очистки
Ni^{2+}	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^4$
Co^{2+}	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Fe^{2+}	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Fe^{3+}	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Mn^{2+}	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Cr^{3+}	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Cu^{2+}	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^4$
Zn^{2+}	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^4$
Ca^{2+}	$5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^3$
Mg^{2+}	$7 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^3$
SO_4^{2-}	$6 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^3$

Висновки

В ході виконання досліджень розроблений новий спосіб приготування розчину хлориду натрію, що відноситься до хімічної галузі і призначений для отримання розчину хлориду натрію із мінімізацією сторонніх сумішей неорганічних домішок (не більше $3 \cdot 10^{-5}$ % від загальної маси), який придатний в медичній галузі для приготування рідини (фантомів), що застосовуються при калібруванні магнітно-резонансних томографів, або складових речовин, які застосовують в апаратах гемодіалізу для очищення крові у хворих на нирки.

Список використаних джерел

1. Карякин Ю. В., Ангелов И. И. Чистые химические вещества. – М.: Издательство «Химия», 1974. – 285 с.
2. Спосіб одержання розчину хлориду натрію / Заявник – ОДАТРА, Сичов М. І., Коломієць Л. В., Боряк К. Ф. – Заявка на винахід № 201608182 від 25.07.2016, C01D 3/04.

Надійшла до редакції: 17.11.2016

Рецензент: д.т.н., доцент Шкуліпа П. А., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Л. В. Коломієць, д.т.н., М. И. Сычев, к.х.н., К. Ф. Боряк, д.т.н.

СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФАНТОМА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАФОВ

В статье представлен способ приготовления раствора хлорида натрия, который пригоден для применения при калибровке магнитно-резонансных томографов, или составляющих веществ, применяемых в аппаратах гемодиализа для очистки крови у больных почками.

Ключевые слова: фантом, магнитно-резонансный томограф, калибровка, очистка крови, почки.

L. Kolomiets, DSc, M. Sychev, PhD, K. Boriak, DSc

METHOD OF PREPARATION PHANTOM FOR CALIBRATION OF MAGNETIC RESONANCE EQUIPMENT

The article presents the method of preparing a solution of sodium chloride, which is suitable for use in the calibration of magnetic resonance equipment, components or materials that are used in devices hemodialysis for blood purification of patients with kidney.

Keywords: phantom, magnetic resonance imaging, calibration, cleaning the blood, kidneys.

Л. В. Коломієць, д.т.н., Ю. В. Овчаров, к.т.н., О. І. Стариш, А. І. Розмариця, О. В. Цильвік

*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса***КОНТРОЛЬ ДОЗОФОРМУЮЧИХ ПАРАМЕТРІВ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНИХ АПАРАТІВ**

У статті наведена методика контролю дозоформуєчих параметрів рентгенодіагностичних апаратів.

Ключові слова: рентгенодіагностичні апарати, дозоформуєчі параметри, контроль.

Вступ

Якості надання медичних послуг, зокрема проведення медичних діагностичних процедур, не можливо досягти без урахування важливості дозиметричного вимірювання. Контроль за радіаційними характеристиками обладнання, яке застосовується для діагностики, дозволяє забезпечити зниження колективних доз, що отримує населення при проведенні рентгенологічних процедур [1].

Мета статті

Удосконалення методики контролю дозоформуєчих параметрів апаратів, які застосовуються для рентгенодіагностики.

Контроль параметрів

Головним параметром періодичного контролю роботи апаратів, які застосовуються для рентгенодіагностики, є радіаційний вихід.

З метою налагодження у вітчизняних лікувальних закладах періодичного контролю параметрів апаратів, які застосовуються для рентгенодіагностики, розроблена методика контролю їх параметрів.

1 Загальні положення

Критерій якості в рентгенодіагностиці – це встановлення оптимального співвідношення між якістю зображення, необхідного для постановки діагнозу, і дозою опромінення пацієнта шляхом вибору оптимальних фізико-технічних параметрів.

Таким чином постійний контроль радіаційних характеристик апаратів забезпечує умови для зниження променевих навантажень на пацієнта при обстеженнях з одночасним підвищенням якості рентгеновського зображення [2].

В методиці вимірювань визначаються параметри, що підлягають контролю; критерії стабільності роботи рентгенодіагностичних зображальних систем; методики перевірки відповідності контрольованих параметрів установленим нормам.

2 Терміни та визначення

Радіаційний вихід – це значення радіаційної дози, яка виміряна в центрі поля опромінювання на осі робочого струменя при певних значеннях

експозиційних параметрів: анодної напруги, анодного струму, часу експозиції або добутку анодного струму на час експозиції.

Радіаційний вихід визначається величиною нормованої експозиційної дози

$$X = D/Q,$$

де D – експозиційна доза, мР; Q – кількість електрики, мАс.

Експозиційна доза – доза фотонного іонізуючого випромінювання в повітрі (Р, К/кг).

Керма – сума початкових енергій усіх заряджених частинок, які вивільняються незарядженими частинками в одиниці маси опромінюваної речовини (Гр).

Іонізаційна камера – пристрій для вимірювання дози опромінення за допомогою визначення іонізації повітря в камері.

Дозиметр – прилад, який використовується для детектування випромінювання і вимірювання опромінення.

Номинальне значення анодної напруги – значення анодної напруги, встановлене на пульті управління рентгеновського апарату (ПУА).

Номинальне значення часу експозиції – значення часу експозиції, встановлене на ПУА.

Номинальне значення анодного струму – значення анодного струму, встановлене на ПУА.

3 Дозиметричне обладнання

Вимірювання параметрів радіаційного виходу апаратів проводять цифровими дозиметрами типів Barracuda, UNFORS X_i, TNT 12000, Piranha.

4 Процедури контролю**4.1 Контроль радіаційного виходу апаратів**

За допомогою контрольних тестів визначають залежність радіаційного виходу від експозиційних параметрів.

Об'єктами контролю є постійність радіаційного виходу за постійності номінальних значень усіх параметрів експозиції та характер залежностей радіаційного виходу від номінальних значень: напруги на трубі за постійності номінальних значень анодного струму й часу експозиції,

анодного струму за постійності номінальних значень напруги на трубці й часу експозиції, часу експозиції за постійності номінальних значень напруги на трубці й анодного струму.

Процедура вимірювання

Після розташування детектора у відкритому повітрі на осі первинного струменя на відстані 100 см від фокуса трубки таким чином, щоб центри детектора та радіаційного поля збігалися, вмикають дозиметр і через деякий час розпочинають вимірювання.

Постійність радіаційного виходу (за постійності номінальних значень параметрів експозиції)

Встановити на ПУА комбінацію значень параметрів експозиції, які лежать в діапазонах, що відповідають звичайним умовам роботи апарату даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 100 мА; 0,1 с). Виконати опромінювання іонізаційної камери дозиметра не менше 3-х разів. Результати вимірювання внести до протоколу контролю фізико-технічних параметрів апарату (далі – протокол).

Значення радіаційного виходу за i -го вимірювання X_i та його середнє значення $\bar{X}$ (мР/мАс) обчислюємо за формулами:

$$X_i = \frac{D_i}{I_1 \times t_1}; \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}, \quad (2)$$

де D_i – значення експозиційної дози i -того вимірювання, мР; n – кількість вимірювань; i – номер вимірювання; I_1 – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту; t_1 – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Залежність радіаційного виходу (від номінального значення напруги на трубці за постійності номінальних значень анодного струму і часу експозиції)

Встановити на ПУА комбінацію значень анодного струму і часу експозиції, в діапазоні звичайної роботи апарату (100 мА; 0,1 с). Провести опромінювання за різних значень номінальної анодної напруги трубки в межах робочого діапазону (від 50 до 100 кВ) з кроком 10 кВ. Виконати опромінювання іонізаційної камери дозиметра при кожному встановленому значенні напруги не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Значення радіаційного виходу для кожного обраного номінального значення анодної напруги за n_i -го вимірювання (X_{ni}) та його середнє значення $\bar{X}_i$ (мР/мАс) обчислюємо за формулами:

$$X_{ni} = \frac{D_{ni}}{I_1 \times t_1}; \quad (3)$$

$$\bar{X}_i = \frac{X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{ni}}{n}, \quad (4)$$

де D_{ni} – значення експозиційної дози n_i -того вимірювання, мР;

n_i – номер вимірювання;

n – кількість вимірювань для даного i -того номінального значення анодної напруги;

I_1 – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту;

t_1 – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Залежність радіаційного виходу (від номінальних значень анодного струму за постійності номінальних значень напруги на трубці і часу експозиції)

Цей контрольний тест виконують у тих випадках, коли конструкцією апарату передбачено незалежний вибір значень анодного струму і часу експозиції.

Встановити на ПУА значення напруги на трубці і часу експозиції в діапазоні звичайної роботи апарату (80 кВ; 0,1 с). Провести опромінювання за різних номінальних значень анодного струму в межах робочого діапазону (від 100 до 300 мА) з кроком 100 мА. Виконати опромінювання камери дозиметра при кожному встановленому значенні анодного струму не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Значення радіаційного виходу для кожного обраного номінального значення анодного струму за n_i -го вимірювання (X_{ni}) та його середнє значення $\bar{X}_i$ (мР/мАс) обчислюємо так:

$$X_{ni} = \frac{D_{ni}}{I_{ni} \times t_1}; \quad (5)$$

$$\bar{X}_i = \frac{X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{ni}}{n}, \quad (6)$$

де D_{ni} – значення експозиційної дози n_i -го вимірювання, мР; n_i – номер вимірювання; n – кількість вимірювань для даного i -го номінального значення анодного струму; I_{ni} – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту; t_1 – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Залежність радіаційного виходу (від номінальних значень часу експозиції за постійності номінальних значень напруги на трубці й анодного струму)

Цей контрольний тест виконують у тих випадках, коли конструкцією апарату передбачено незалежний вибір значень анодного струму і часу експозиції.

Встановити на ПУА комбінацію значень напруги на трубці і анодного струму в діапазоні звичайної роботи апарата даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 100 мА). Провести опромінювання за різних номінальних значень часу експозиції в межах робочого діапазону (0,05; 0,1; 0,2 с). Виконати опромінювання камери дозиметра за кожного встановленого значення часу експозиції не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Значення радіаційного виходу для кожного обраного номінального значення часу експозиції за n_i -го вимірювання (X_{ni}) та його середнє значення $\bar{X}_i$ (мР/мАс) обчислюємо за формулами:

$$X_{ni} = \frac{D_{ni}}{I_1 \times t_{ni}}; \quad (7)$$

$$\bar{X}_i = \frac{X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{ni}}{n}, \quad (8)$$

де D_{ni} – значення експозиційної дози пі-того вимірювання, мР; n_i – номер вимірювання; n – кількість вимірювань для даного i -го номінального значення часу експозиції; I_1 – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту; t_{ni} – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Аналіз результатів вимірювань

Постійність радіаційного виходу за постійності номінальних значень усіх параметрів експозиції.

В цьому розділі визначаються: середнє значення радіаційного виходу та коефіцієнт варіації.

При цьому, коефіцієнт варіації виміряного радіаційного виходу визначається за формулою:

$$C_v, \% = \frac{100}{\bar{X}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (9)$$

де $\bar{X}$ – середнє арифметичне значення виміряного радіаційного виходу; X_i – i -те виміряне значення радіаційного виходу; n – кількість вимірювань.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення напруги на трубці за постійності номінальних значень анодного струму та часу експозиції. Залежність оцінюють, виходячи з положення, що ця залежність являє собою ступеневу функцію вигляду U^n . Значення показника

ступеневої функції n визначають за формулою (2):

$$n = \frac{\lg X_n - \lg X_1}{\lg U_n - \lg U_1}, \quad (10)$$

де X_n – значення радіаційного виходу (мкГр/мАс) при номінальному значенні анодної напруги U_n (кВ); X_1 – значення радіаційного виходу (мкГр/мАс) при номінальному значенні анодної напруги U_1 (кВ); U_n – максимальне значення анодної напруги (кВ); U_1 – мінімальне значення анодної напруги (кВ).

Значення показника n ступеневої функції залежності радіаційного виходу від номінального значення напруги на ікс-променевій трубці за умови нормального функціонування рентгенівського апарата, має бути в межах 1,7 – 2,5.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення анодного струму за постійності номінальних значень напруги на трубці і часу експозиції.

При аналізі результатів цього контрольного тесту також виходять з положення, що ця залежність являє собою лінійну функцію. Значення радіаційного виходу, визначене за формулою (6), повинно залишатися постійним $\bar{X} = \text{const}$. Коефіцієнт варіації виміряного радіаційного виходу визначають за формулою:

$$C_v, \% = \frac{100}{\bar{X}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (11)$$

де $\bar{X}$ – середнє значення радіаційного виходу за i -го значення анодного струму; X_i – i -те виміряне значення радіаційного виходу; n – кількість i -тих значень анодного струму, за яким проводились вимірювання.

Коефіцієнт варіації виміряних значень радіаційного виходу не повинен перевищувати 10 %.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення анодного струму представлена на рис. 1.

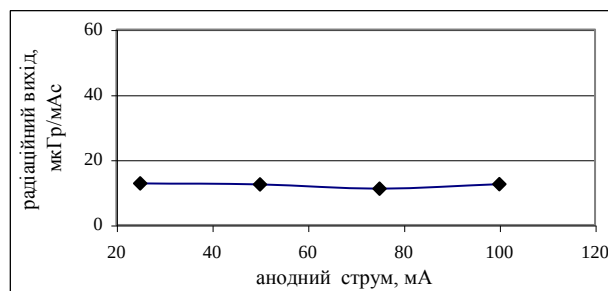


Рисунок 1

Залежність радіаційного виходу від номінальних значень часу експозиції за постійності значень напруги на трубці й анодного струму

Ця залежність також представляє собою лінійну функцію. За формулою (8) розраховуємо значення радіаційного виходу, яке повинно залишатися постійним $\bar{X} = const$.

Коефіцієнт варіації вимірюваного радіаційного виходу визначають за формулою:

$$C_v, \% = \frac{100}{\bar{X}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (12)$$

де $\bar{X}$ – середнє значення радіаційного виходу за i -го значення часу експозиції; X_i – i -те виміряне значення радіаційного виходу; n – кількість i -тих значень часу експозиції, за яким проводились вимірювання.

Коефіцієнт варіації вимірних значень радіаційного виходу не повинен перевищувати 10 %.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення часу експозиції представлена на рис. 2.

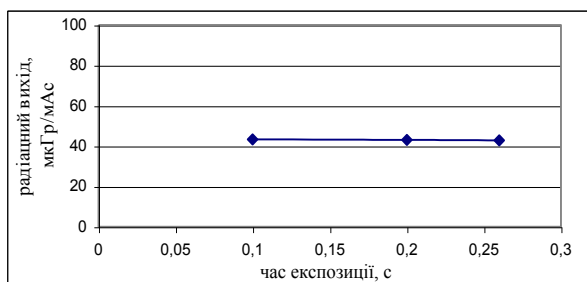


Рисунок 2

4.2 Контроль анодної напруги

Мета даного контрольного тесту полягає в порівнянні реальної анодної напруги, прикладеної до ікс-променевої трубки, з її значенням, встановленим на контрольній панелі рентгенівського апарату.

Об'єктами контролю є ступінь відхилення вимірюваного значення анодної напруги від номінального: за постійності значень інших параметрів експозиції (анодний струм, час експозиції); за зміни номінальних значень анодного струму.

Опис процедур виконання вимірювань

При вимірюваннях розташувати вимірювач напруги на столі для пацієнта таким чином, щоб поздовжній напрямок чутливої ділянки вимірювального детектора був перпендикулярним осі анод-катод ікс-променевої трубки.

Задля виключення впливу неоднорідності просторового розподілу інтенсивності випромінювання на результат вимірювань встановити відстань від фокуса трубки до чутливої ділянки вимірювача 100 см. Розміри радіаційного поля обираються більшими за чутливу ділянку, при цьому опромінювання з'єднувальних кабелів приладу повинно бути мінімальним.

Увімкнути вимірювальний прилад і через деякий час розпочати вимірювання.

Визначення відхилення вимірюваного значення напруги від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (анодного струму, часу експозиції).

Встановити на ПУА номінальні значення анодного струму та часу експозиції в діапазоні звичайної роботи даного рентгенодіагностичного кабінету (100 мА; 0,1 с). Провести опромінювання чутливої ділянки вимірювача за різних номінальних значень анодної напруги (50 до 100 кВ). Повторити вимірювання при кожному обраному значенні анодної напруги не менше 3-х разів.

Визначення відхилення вимірюваного значення анодної напруги від номінального за різних значень анодного струму.

Встановити на ПУА номінальні значення напруги на трубці та часу експозиції в діапазоні звичайної роботи апарату даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 0,1 с). Провести опромінювання чутливої ділянки вимірювача за різних значень анодного струму в межах робочого діапазону (від 100 до 300 мА) з кроком 100 мА. Повторити вимірювання при кожному встановленому значенні анодного струму не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Аналіз результатів вимірювань напруги

Відхилення вимірюваного значення анодної напруги від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (анодного струму, часу експозиції).

Для кожного встановленого на ПУА значення анодної напруги розраховують середнє арифметичне значення величини реальної анодної напруги за результатами п'яти вимірювань і визначають різницю між ним і номінальним значенням.

При встановленому значенні номінальної напруги 100 кВ або менше різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинна перевищувати 10 кВ. При значенні номінальної напруги вище 100 кВ різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинно перевищувати 10 %.

Відхилення вимірюваного значення анодної напруги від номінального за різних значень ано-

дного струму.

Для кожного значення анодного струму, при якому проводили вимірювання анодної напруги, розраховують середнє арифметичне значення величини реальної анодної напруги за результатами трьох вимірювань і визначають різницю між цим значенням реальної анодної напруги і відповідним номінальним значенням.

При встановленому значенні номінальної напруги 100 кВ або менше різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинно перевищувати 10 кВ. При значенні номінальної напруги вище 100 кВ різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинно перевищувати 10 %.

4.3 Контроль часу експозиції апаратів

Рекомендовані контрольні тести дозволяють визначити реальні значення часу експозиції за постійних умов опромінювання.

Об'єктом контролю є ступінь відхилення вимірюного часу експозиції від встановленого за допомогою таймера при постійних значеннях усіх чинників експозиції (напруги на трубці, анодного струму, часу експозиції).

Опис процедур виконання вимірювань

При вимірюваннях розташувати вимірювач часу експозиції на столі для пацієнта таким чином, щоб поздовжній напрямок чутливої ділянки вимірювального приладу був перпендикулярним осі анод-катод рентгенівської трубки. Для виключення впливу неоднорідності просторового розподілу інтенсивності рентгенівського випромінювання на результат вимірювань встановити відстань від фокуса трубки до чутливої ділянки вимірювача 100 см. Розміри радіаційного поля обираються більшими за чутливу ділянку, при цьому опромінювання з'єднувальних кабелів приладу повинно бути мінімальним.

Увімкнути вимірювальний прилад і через деякий час розпочати вимірювання.

Відхилення вимірюного значення часу експозиції від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (напруги на трубці, анодного струму)

Встановити на пульті керування рентгенодіагностичного апарата номінальні значення напруги на трубці й анодного струму в діапазоні звичайної роботи апарата даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 100 мА). Виконати опромінювання при різних значеннях часу експозиції в межах робочого діапазону. При виборі контрольованого значення часу експозиції необхідно враховувати припустимі значення встановлюваних експозиційних параметрів, щоб уникнути перевантаження рентгенівської трубки. При триваліших експозиціях слід витримувати біль-

ший інтервал між опромінюваннями, достатній для охолодження трубки. Повторити вимірювання при кожному встановленому значенні не менше 3-х разів.

Результати вимірювань внести до протоколу.

Аналіз результатів вимірювань

Відхилення вимірюного значення часу експозиції від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (напруги на трубці, анодного струму).

Для кожного встановленого на пульті керування апарата значення часу експозиції розраховують середнє значення вимірюного часу експозиції за результатами трьох вимірювань і визначають різницю між середнім значенням часу експозиції та відповідним номінальним значенням.

Різниця між середнім значенням вимірюного часу експозиції і номінальним не може перевищувати $\pm 10,0 \%$.

5 Періодичність контролю

Контроль параметрів рентгенодіагностичних апаратів проводиться один раз на рік.

Якщо значення контрольованих параметрів не задовольняють установленим критеріям, відповідний контрольний тест рекомендується провести повторно. Перед проведенням повторних вимірювань слід переконаватися, що використовуване дозиметричне обладнання функціонує нормально. За можливістю провести повторні вимірювання з використанням іншого аналогічного дозиметричного приладу, призначеного для відповідних вимірювань.

В разі повторного не виконання цього пункту, слід провести позачерговий технічний огляд рентгенодіагностичного апарату.

Висновки

В даній роботі представлена методика контролю дозоформуєчих параметрів рентгенодіагностичних апаратів.

Методика містить вимоги до проведення періодичних контрольних вимірювань параметрів апаратів для рентгенодіагностики, які суттєво впливають на якість рентгенівського діагностичного зображення і мають контролюватися для підтримки стабільності роботи систем рентгенівського зображення та скорочення дозових навантажень на пацієнта.

Список використаних джерел

1 Про удосконалення організації служби променевої діагностики та променевої терапії: Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 340 від 28 листопада 1997 р. – К., – 1997.

2 Контроль качества технических средств рентгенодиагностики: Сборник статей / Под ред. А. Ф. Цыба и А. М. Гурвича. – Обнинск, 1998.

Надійшла до редакції 31.10.2016

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

Л. В. Коломиєць, д.т.н., Ю. В. Овчаров, к.т.н., А. И. Стариш, А. И. Розмарица, О. В. Цильвик

КОНТРОЛЬ ДОЗОФОРМИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В статье приведена методика контроля дозоформирующих параметров рентгенодиагностических аппаратов.

Ключевые слова: рентгеновские аппараты, дозоформирующие параметры, контроль.

L. Kolomiets, DSc, Y. Ovcharov, PhD, A. Starish, A. Rozmarytsa, O. Tsilvik

MONITORING OF DOSE-FORMING PARAMETERS X-RAY DIAGNOSTIC INSTRUMENTS

The controlling technique of the dose-forming parameters for X-ray diagnostic devices is given.

Keywords: X-ray machines, dose-forming parameters, control.

УДК 615.47

Л. В. Коломієць, д.т.н., Б. Ч. Бердієв, О. С. Корчевський

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ АПАРАТІВ ГЕМОДІАЛІЗУ

Розглянуті питання метрологічного забезпечення процедури гемодіалізу, порядку проведення калібрування апаратів гемодіалізу та розробки універсальної конструкції адаптера кондуктометра.

Ключові слова: гемодіаліз, штучна нирка, кондуктометр, адаптер, калібрування.

Вступ

Як свідчить статистика, на превеликий жаль, відмінним здоров'ям нирок можуть похвалитися сьогодні одиниці. Ниркова недостатність виникає у 200 – 500 людей з одного мільйона населення. В наш час кількість людей, хворих нирковою недостатністю, щороку збільшується на 10 – 12 %. Коли нирки не справляються з функцією фільтрації, настає отруєння організму продуктами метаболізму через кров, що суттєво позначається на здоров'ї людини. При цьому продукти розпаду не виводяться із організму і поступово накопичуються, що в кінцевому підсумку призводить до порушень в роботі інших життєво важливих органів людини, збою функціонування всього механізму. На останній стадії захворювання консервативне лікування вже малоефективне, тому для очищення крові застосовують гемодіаліз. Це процедура, за якої кров людини пропускається через спеціальну очищувальну систему [1].

Метод гемодіалізу заснований на принципі дифузії та конвекції речовин з малою і середньою молекулярною масою через напівпроникну мембрану, що дозволяє видалити з крові токсичні речовини і продукти метаболізму [2].

Мета статті

Аналіз метрологічного забезпечення процедури гемодіалізу, розробка універсального адаптера для підключення кондуктометра в процесі перевірки апаратів гемодіалізу, які використовуються в медичних закладах України.

Будова та принцип дії апарату гемодіалізу

Загальний вигляд апарату гемодіалізу («штучна нирка») наведений на рис. 1.

Апарат гемодіалізу зазвичай складається з приладу для подачі крові, приладу для приготування та подачі діалізуючого розчину, монітору та діалізатору (рис. 2) [3].

Діалізатор є головним елементом апарату гемодіалізу і має в своєму складі напівпроникну мембрану із целюлози або штучних полімерів.



Рисунок 1 – Загальний вид апарату гемодіалізу

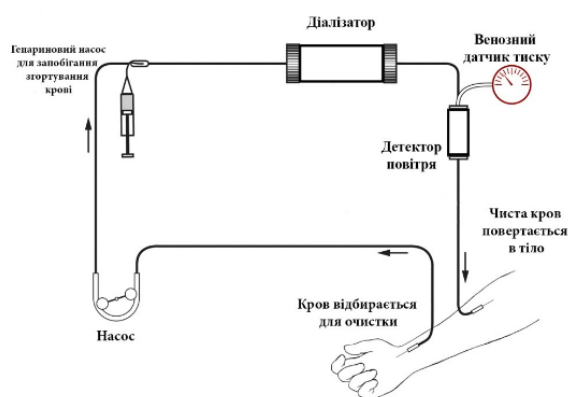


Рисунок 2 – Схема будови апарату гемодіалізу

Параметри мембрани: площа – $0,2 - 2 \text{ м}^2$; товщина – 8, 11, 15, 30 мкм; діаметр пор – $0,5 - 5 \text{ нм}$. Завдяки мембрані внутрішній простір діалізатора розділяється на дві частини. В одну частину діалізатора поступає кров, яка забирається з судин хворого, а в іншу частину діалізатора подається розчин, який по електролітному складу подібний до складу крові. На основі принципу дифузії через мембрану видаляються речовини з невеликою молекулярною масою, такі як електроліти, сечовина, тощо. За допомогою ультрафільтрації видаляється надлишок води і речовини з великою молекулярною масою. Очищена кров повертається до судин хворого. Тривалість процедури гемодіалізу становить близько 6 годин [4].

Метрологічне забезпечення процедури гемодіалізу

В Україні широко використовуються апарати гемодіалізу виробництва таких фірм, як:

- Gambro Lundia AB, Швеція;
- Fresenius Medical Care, Німеччина;
- Braun Secura, Німеччина;
- MTS, Німеччина та ін.

Крім того, у вітчизняних медичних закладах застосовуються також апарати різних модифікацій та років випуску, наприклад шведської фірми GAMBRO, серед яких апарат АК-10 випуску початку 80-х років та апарати більш пізніх розробок фірми – АК-90, АК-95, АК-100, АК-200.

Відповідно до ст. 17 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» та наказу Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 21.12.2015 № 1719 «Про затвердження Норм часу, необхідного для проведення перевірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації» апарати для гемодіалізу усіх типів підлягають повірці у відповідно МПУ 069/05-2003 «Рекомендації. Метрологія. Апарати для гемодіалізу. Методика перевірки».

Калібрування сучасних апаратів «штучна нирка» виконується автоматично в калібрувальному режимі. Вхід в калібрувальний режим можливий тільки при введенні сервісного коду, який виключає можливість доступу сторонніх осіб. Калібрування можливе при наявності спеціальних калібрувальних приладів, таких як кондуктометр, електронні ваги з великою точністю, манометр. Таким чином, досягається точність і надійність роботи апарату «штучна нирка».

При калібруванні кондуктометр підключається до апарату гемодіалізу через спеціальний пристрій – адаптер. Для різних моделей кондуктометрів застосовуються різні адаптери, однак, з точки зору оптимальності та ефективності застосування є необхідність в універсальній конструкції цього пристрою.

Основним показником при калібруванні є питома електрична провідність (ПЕП) в межі від 0,5 до 30,0 мСм/см; похибка $\Delta = \pm 0,1 \text{ мСм/см}$.

Провідність кондуктометрів – це узагальнений параметр, використовуваний для вираження концентрації іонів в розчині. Чим солоніший, кисліший або лужний розчин, тим вище провідність. Одиниця провідності – См/м (частіше застосовують См/см). Провідність визначається за результатами виміру електричного опору. У простому випадку вимірювальний осередок складається з двох однакових електродів. Якщо прикласти до електродів змінну напругу, то іони в розчині мігруватимуть до електродів. Чим більше іонів в розчині, тим більше струму, що протікає між електродами.

Результати аналізу моделей кондуктометрів різних виробників, які застосовуються для перевірки та калібрування апаратів гемодіалізу, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння моделей кондуктометрів різних виробників

Країна-виробник, фірма	Тип кондуктометра	Діапазон УЕП, мСм/см	Похибка, мСм/см	Габаритні розміри датчиків, мм
Німеччина <u>Hanna Instruments</u>	<u>HI 8733 – 8734</u>	0,00...19,99 0,0...199,9	$\pm(0.05+0.025)$	HI 76301D Ø 15×130, Ø 15×120
Німеччина <u>Hanna Instruments</u>	<u>HI 9835</u>	0 – 29.9 30 – 299.9	± 0.05	HI 76309, 76310 Ø 15×125
Німеччина Profi Line Con	<u>d3310set 1</u>	0 – 1000	± 0.05	TetraCon 325, 325/S Ø 15×120
Німеччина HACH-LANGE	<u>HQ14D</u> <u>(EC/TDS/T)</u>	0,01 мкСм/см -200 мСм/см	$\pm 0,5\%$ вим. значення	датчик INTELLICAL, Ø 18×160
Швейцарія Mettler-Toledo	<u>p FiveGo™</u> <u>FG3</u>	0,1 мкСм/см ... 199,9 мСм/см	$\pm 0,5\%$ вимір. значення	LE703 Ø 12×120
Швейцарія Mettler-Toledo	<u>FiveEasy™/Fiv</u> <u>eEasy™ Plus</u>	0,1 мкСм/см ... 199,9 мСм/см	$\pm 0,5\%$ вимір.	LE703 Ø 12×120
Росія ВЗОР	<u>МАРК-603</u> <u>МАРК-603/1</u>	от 0 до 20000 мкСм/см;	$\pm(0,05+0,015\chi)$ $\pm(0,05+0,025\chi)$	ДП-15 Ø 15×160 ДП-3 Ø 15×130

В таблиці 1 наведені технічні характеристики кондуктометрів, а саме: габаритні розміри датчиків; діапазон і похибка УЕП; тип кондуктометра і країна-виробник.

Аналіз конструкцій кондуктометрів показав, що в них застосовуються датчики різних розмірів: від 12 мм до 18 мм в діаметрі і довжиною від 120 мм до 160 мм.

З урахуванням цього розроблений адаптер, який можна використовувати під час калібрування всіх типів апаратів гемодіалізу (рис. 3).

Висновок

В результаті проведених досліджень розроблена конструкція адаптера, яка дозволяє використовувати датчики кондуктометрів діаметром 15 мм та довжиною 120 – 130 мм.

Список використаних джерел

1. Гемодіаліз – що це таке. Процедура гемодіалізу. – [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://poradumo.com.ua/41331-gemodializ-sho-ce-take-procedyra-gemodializy-pokazannia-vartist-vidyk>.

2. Ермоленко В. М. Хронический гемодиализ / В. М. Ермоленко. – М.: Медицина, 1982. – 280 с.

3. National Kidney and Urologic Diseases Information Clearinghouse (NKUDIC) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kidney.niddk.nih.gov/KUDiseases/pubs/hemodialysis>.

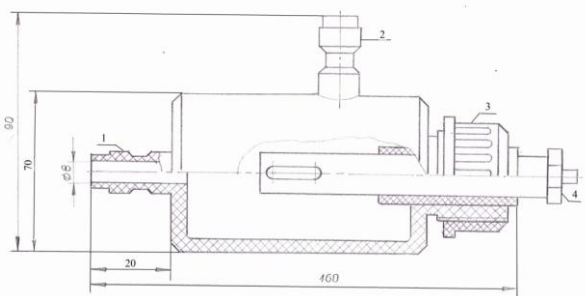


Рисунок 3 – Конструкція адаптера: 1 – вхід, 2 – вихід, 3 – затискний механізм, 4 – з'єднання з датчиком кондуктометра

4. Розенталь Р. Л. Лечение хронической почечной недостаточности / Р. Л. Розенталь. – Рига, 1984. – 235 с.

5. Кондуктометры портативные. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://labtime.ua/ru/konduktometry-portativnye/c846#/page-2>.

Надійшла до редакції 16.11.2016

Рецензент: д.т.н., професор Квасніков Володимир Павлович, Національний авіаційний університет, м. Київ.

Л. В. Коломиец, д.т.н., Б. Ч. Бердыев, А. С. Корчевский

РОЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ АППАРАТОВ ГЕМОДИАЛИЗА

Рассмотрены вопросы метрологического обеспечения процедуры гемодиализа, порядка проведения калибровки аппаратов гемодиализа и разработки универсальной конструкции адаптера кондуктометра.

Ключевые слова: гемодиализ, искусственная почка, кондуктометр, адаптер, калибровка.

L. Kolomiets, DSc, B. Berdyev, A. Korchevsky

CONSTRUCTION DEVELOPMENT UNIVERSAL ADAPTER FOR DEVICES HEMODIALYSIS

The questions of metrological maintenance of the hemodialysis procedure, the procedure for calibrating hemodialysis apparatuses and the development of a universal adapter design for a conductometer are considered.

Keywords: hemodialysis, an artificial kidney, conductometer, adapter, calibration.

УДК 616.073.75

Л. В. Коломієць, д.т.н., С. В. Коломієць, Л. В. Кузнєцова, Р. С. Лобус, к.т.н., С. В. Волянський

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ВИЗНАЧЕННЯ РЕФЕРЕНТНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ РІВНІВ ОПРОМІНЕННЯ ПАЦІЄНТІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕНТГЕНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕДУР

У статті розглянуто сучасний стан і тенденції розвитку апаратурного оснащення рентгенівської і радіонуклідної діагностики лікувальних установ України.

Ключові слова: дози опромінення, діагностика, джерела іонізуючого випромінювання.

Вступ

До недавнього часу опромінення людей в медичних цілях не нормувалося, незважаючи на доведеність того, що будь-яке додаткове опромінення збільшує ризик несприятливих наслідків для здоров'я людини. Такий підхід ґрунтувався на припущенні, що медичне опромінення завжди виправдане і обґрунтоване. Проте аналіз, проведений міжнародними організаціями, за оцінкою дозових навантажень на пацієнтів і персонал в різних країнах світу показав, що медичне опромінення у багатьох випадках було не оптимізоване. За різними оцінками в різних державах медичне опромінення дає від 60 до 75 % усієї популяційної дози. Це спонукало світову медичну громадськість зробити заходи по захисту населення від необґрунтованого опромінення.

Мета статті

Провести аналіз сучасного стану апаратурного оснащення рентгенівської і радіонуклідної діагностики лікувальних установ України та надати рекомендації стосовно тенденцій їх розвитку.

Стан справ щодо захисту населення від іонізуючого випромінювання

В Україні розробкою та формуванням національної політики з питань державного регулювання ядерної і радіаційної безпеки, поводженням з радіоактивними матеріалами (речовинами) і відходами, розробкою та впровадженням національних концепцій, принципів, норм, правил, стандартів і заходів протирадіаційного захисту людини, рекомендацій по зменшенню дії на здоров'я населення України радіаційного чинника та економічних і соціальних наслідків дії іонізу-

ючих випромінювань, а також формуванням системи правових, соціально-економічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення протирадіаційного захисту і охорони життя і здоров'я населення, займається національна комісія з радіаційного захисту населення України (НКРЗ).

У своїй діяльності НКРЗ керується Конституцією України, актами Президента України і Кабінету Міністрів України, Концепцією радіаційного захисту населення України у зв'язку з Чорнобильською катастрофою, законами України, іншими нормативно-правовими актами та Положенням про НКРЗ. Окрім того, в своїй діяльності НКРЗ спирається на рекомендації і укладення міжнародних організацій.

Міжнародна комісія з радіаційного захисту (МКРЗ) є провідним органом, що розробляє основи захисту від іонізуючого випромінювання. МКРЗ була заснована в 1928 році рішенням 2-го Міжнародного Конгресу з радіології як незалежна некомерційна організація під назвою Міжнародний комітет із захисту від впливу рентгенівських променів і радію. У 1950 році Комісія була реорганізована і отримала свою теперішню назву. МКРЗ розробляє наукові основи захисту від техногенних джерел радіації, використовуваних в медицині, атомній та інших галузях промисловості, а також від природних джерел. Ці матеріали широко використовуються міжнародними (МАГАТЄ, ВОЗ та ін.) і національними органами при розробці стандартів (норм) радіаційної та ядерної безпеки та інструктивно-методичних документів. МКРЗ публікує свої рекомендації і керівництва в журналі *Annals of the ICRP*.

Основним документом регулювання радіаційної безпеки в медицині в Україні є: Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 № 15/98-ВР [1], де в статтях 17 і 18 сформульовані фундаментальні положення забезпечення безпеки громадян під час проведення медичних рентгенодіагностичних процедур. Більш докладно основні вимоги в цій області розглянуті в Нормативних актах України (НБУ-97) (ДГН 6.6.1-6.5. – 001-98), (розділ 4, 5) [2] і Основних санітарних правилах радіаційної безпеки України (ДСП 6.177-2005-09-02) (розділ 4) [3].

Існують також санітарні норми і правила безпечного застосування радіації в різних напрямках променевої діагностики і терапії – Санітарні правила роботи при проведенні медичних рентгенодіагностичних дослідженнях № 2780-80 [4], а також наказ Міністерства охорони здоров'я України № 295 від 18.07.2001 «Про створення системи контролю та обліку індивідуальних доз

опромінення населення при рентгенодіагностичних процедурах» [5].

В нормативних документах України звертає на себе увагу заборонний ухил в системі радіаційного захисту пацієнта, незважаючи на те, що саме в медицині дози у пацієнта не обмежуються. Це зауваження стосується таких документів, як НРБ-99, ДГН 6.6.1-6.5. – 001-98, ДСП 6.177-2005-09-02, так і документів, що регулюють окремі групи рентгенодіагностичних процедур.

У цих документах недостатньо відбивається сучасна міжнародна методологія радіаційного захисту в медицині, заснована на ідеї оптимізації захисту; важлива концепція референтних діагностичних рівнів взагалі не згадується. Ці документи були написані переважно для адміністративних і контролюючих органів, хоча основним колом їх користувачів повинні бути лікарі-рентгенологи і радіологи.

Світова спільнота виходить з того, що нормування може обмежувати можливості діагностики та лікування пацієнтів. Міжнародна концепція радіаційного захисту пацієнтів з середини 1990-х рр. будується на її оптимізації шляхом використання референтних діагностичних рівнів (РДР) і системи забезпечення якості медичних процедур.

У медичній рентгенівській діагностиці РДР є встановлений рівень дози чи іншого дозиметричного показника при типових дослідженнях пацієнтів (або стандартних фантомів) за допомогою поширеного обладнання. РДР служать критерієм для оцінки: чи не є доза у пацієнта істотно більшою або меншою, ніж потрібно для отримання необхідної діагностичної інформації. РДР не пов'язані з межами дози і не застосовуються щодо детермінованих ефектів опромінення в променевої терапії та інтервенційної радіології. РДР зазвичай встановлюють для найбільш поширених і / або високодозних процедур на рівні регіону, де є орган управління охороною здоров'я та нагляду та / або загальний методичний орган та / або суспільство рентгенологів.

У світовій практиці РДР встановлюють за результатами експериментального вивчення дозиметричних характеристик рентгенологічних досліджень і / або процедур в рентгенівських кабінетах регіону як 75% квантиль числа розподілу апаратів за значеннями дози. Для представницької оцінки значення РДР число досліджених рентгенівських кабінетів в регіоні має бути не менше кількох десятків.

РДР слід встановлювати і застосовувати на практиці до вимірюваних і / або розрахункових дозиметричних величин. Якщо визначаються значення цих величин на досліджуваному апараті

ті перевищують встановлене значення РДР для конкретної процедури, необхідно розглянути умови (режим) проведення дослідження, ступінь захисту пацієнта і вжити заходів щодо їх оптимізації.

РДР служать засобом досягнення показників сучасної зразковою практики і повинні переглядатися в міру вдосконалення відповідної технології і методик.

Окрім перевищення РДР при дослідженні конкретних пацієнтів не є порушенням вимог радіаційного захисту. Однак неодноразові і значні перевищення РДР можуть вказувати на наявність істотних недоліків у проведенні даного виду дослідження. У таких випадках потрібно розслідування і коригування режимів дослідження і / або захисту пацієнта.

Впровадження РДР в практику вітчизняної рентгенології є частиною роботи по оптимізації рівнів медичного опромінення в Україні. Відповідні вимоги повинні бути введені в перераховані вище нормативні та законодавчо-правові акти. А також на підставі проведення експериментальних досліджень в окремих медичних організаціях України, за участю співробітників даних організацій, розробити і затвердити, методичні рекомендації, які повинні розглянути різні методики визначення РДР на основі вимірюваних і / або розрахованих дозиметричних характеристик.

Публікація 105 МКРЗ [6] присвячена системі радіаційного захисту від медичного опромінення, тобто захисту пацієнтів, а також осіб, які забезпечують догляд та комфорт пацієнтів, і добровольців в біомедичних дослідженнях.

Радіаційний захист медичних працівників при їх професійному опроміненні, а також осіб з населення в зв'язку з використанням радіації в медицині, присвячені інші документи МКРЗ. Публікація 105, з одного боку, побудована на матеріалах різнобічної діяльності Комітету МКРЗ за останнє десятиліття, а з іншого – є всебічне узагальнення сучасного стану проблеми радіаційного захисту.

Опроміненню іонізуючим випромінюванням в медицині піддається більше людей, ніж при будь-якій іншій людської діяльності, і в багатьох випадках індивідуальні дози в медицині вище. У країнах з розвиненими системами охорони здоров'я щорічне число радіологічних діагностичних процедур досягає або перевищує 1 на душу населення (UNSCEAR, 2000). Крім того, дози пацієнтів при одному і тому ж типі дослідження сильно розрізняються між радіологічними центрами, а це вказує, що існують значні можливості для управління дозою пацієнта (UNSCEAR, 2000) [7].

Опроміненню в медицині піддаються переважно особи, які проходять діагностичні дослідження, інтервенційні процедури або променевої терапії. Діагностичні обстеження проводяться в медичних та стоматологічних цілях. Інтервенційні процедури переважно використовують рентгеноскопичну візуалізацію, а й методи комп'ютерної томографії теж розробляються і використовуються для цих цілей. Персонал і інші особи, які забезпечують догляд та комфорт пацієнтів, також піддаються опроміненню радіацією. До інших осіб належать батьки, які підтримують дітей під час проведення діагностичних процедур, і члени сім'ї чи близькі друзі, які можуть наближатися до пацієнтів після введення радіофармацевтичних препаратів або під час брахітерапії. Опромінення осіб з населення в результаті використання випромінювання в медицині також має місце, але майже завжди на дуже низькому рівні. Радіаційному захисту медичних працівників (професійне опромінення), і захист осіб з населення, пов'язаної з медициною (опромінення населення), присвячені інші документи Комісії. В іншій частині цього документа основна увага приділяється медичному опроміненню пацієнтів, осіб, які забезпечують догляд та комфорт пацієнтів, і добровольців в біомедичних дослідженнях, як описано нижче.

Опромінення окремих осіб для діагностики, в інтервенційних та терапевтичних цілях, в тому числі опромінення ембріона / плода або немовляти під час медичного опромінення пацієнтів, які вагітні або годують грудьми.

Опромінення (крім професійного), отримане свідомо і добровільно такими особами як члени сім'ї та близькі друзі (або інші особи, які забезпечують догляд за пацієнтами), що допомагають в лікарні або будинку в підтримці і для комфорту пацієнтів, що піддаються діагностиці або лікуванню.

Опромінення, отримане добровольцями в рамках програми медикобіологічних досліджень, які не дають пряму користь добровольцям.

Застосування радіації для медичного опромінення пацієнтів становить понад 95% 18 антропогенного опромінення, і його перевищує в усьому світі тільки природний фон як джерело опромінення (UNSCEAR, 2000). Попередні аналізи 2006 року в Сполучених Штатах показали, що вклад медичного опромінення пацієнтів приблизно такий же за величиною, як і внесок природного фону як джерела опромінення населення США (Mettler et al., 2008) [8].

НКДАР ООН (2000) порівняв оцінки періодів 1985 – 1990 рр. і 1991 – 1996 рр. і прийшов до висновку, що в усьому світі щорічна ефектив-

на доза на душу населення від медичного опромінення пацієнтів збільшилася на 35%, а колективна доза збільшилася на 50%, в той час як населення збільшилося лише на 10%. Було також оцінено, що щорічно у всьому світі проводиться близько 2000 мільйонів рентгенівських досліджень, 32 мільйони радіонуклідних досліджень, і понад 6 мільйонів пацієнтів піддаються променевої терапії. Як очікується, ці цифри зростуть у наступні роки [9].

В цілому, медичне опромінення збільшилося з часу оцінки НКДАР ООН (2000), в основному завдяки швидкому зростанню використання комп'ютерної томографії (КТ) як в промислово розвинених, так і в країнах, що розвиваються (ICRP, 2000d; 2007c). В цілому по світу, за оцінками, число медичних та стоматологічних рентгенівських апаратів складає приблизно 2 мільйони. Хоча важко оцінити кількість медичних працівників, що професійно опромінюються. НКДАР ООН (2000) підрахував, що є понад 2,3 млн. контрольованих медичних працівників, які працюють з випромінюванням.

Проблемою для впровадження міжнародної практики в Україні є, оснащення медичних установ рентгенодіагностичними апаратами, які застаріли морально і фізично. Причому, частка застарілого обладнання з кожним роком зростає. Експлуатація застарілого діагностичного обладнання пов'язана з більш високим променевим навантаженням на пацієнтів і персонал. У порівнянні з сучасними моделями апаратів з цифровими системами реєстрації зображення доза на 1 – 2 порядки вище. Це обумовлено також низкою різноманітних причин:

- організаційні причини, пов'язані з необґрунтованим направленням на рентгенівське дослідження, низькою ефективністю роботи;
- високий рівень браку і повторні дослідження (до 10 – 12%);
- проведення рентгеноскопії без підсилювачів рентгенівського зображення, яке заборонено більше чим 10 років тому у всіх розвинених країнах і ручний прояв плівок при рентгенографії;
- використання застарілої апаратури, що не забезпечує необхідні режими;
- нераціональний вибір фізико-технічних умов дослідження;
- нераціональне використання засобів радіаційного захисту;
- відсутність достатньо ефективних методів і засобів контролю ефективної еквівалентної дози опромінення.

Питання оновлення рентгенівської техніки в останні роки постало у всій своїй гостроті ще й з таких причин: фінансові можливості нашої дер-

жави не дозволяють придбати сучасну зарубіжну апаратуру в потрібній кількості, і раніше в Україні фактично не було повного циклу виробництва, а тим більше не велися розробки апаратури. Є ще одна обставина, яка стимулює активні дії в питанні модернізації: наявний в медичних установах парк рентгеноапаратури, зважаючи на фізичний знос, вимагає підвищених витрат на поточний ремонт, дорогих фотоматеріалів, підсилюючих екранів і засобів захисту від опромінення. І, якщо в цей час не взятися за модернізацію, то років через п'ять більша частина рентгенокabinetів закрийється.

Висновки

На підставі проведеного аналізу сучасного стану апаратурного оснащення рентгенівської та радіонуклідної діагностики лікувальних установ України, діючих нормативних актів з цього питання, слід надати наступні рекомендації:

- вивчити сучасний стан і тенденції розвитку апаратурного оснащення рентгенівської і радіонуклідної діагностики лікувальних установ України (ЛУУ);
- дати гігієнічну характеристику частоти, структури і динаміки рентгенорадіологічних досліджень в ЛУУ;
- оцінити рівні і структуру доз опромінення пацієнтів і населення в підрозділах променевої діагностики ЛУУ за рахунок різних методів діагностики із застосуванням джерел іонізуючого випромінювання;
- проаналізувати зв'язок захворюваності населення України і частоти рентгенологічних досліджень;
- розробити і обґрунтувати методичні підходи визначення референтних діагностичних рівнів опромінення пацієнтів при проведенні рентгенологічних процедур у дорослих пацієнтів і дітей і встановити їх значення для найбільш поширених процедур;
- розробити і обґрунтувати модель розрахунку радіаційного ризику від опромінення при проведенні радіологічних процедур на основі еквівалентних доз в опроміненому органі і розрахованих полувікових коефіцієнтів радіаційного ризику;
- науково обґрунтувати Концепцію оптимізації радіаційного захисту пацієнтів при медичному діагностичному опроміненні і на її основі розробити систему практичних рекомендацій.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14 січня 1998 № 15/98-ВР.

2. Норми радіаційної безпеки України (ДГН 6.6.1-6.5.-001-98).
 3. Основні санітарні правила радіаційної безпеки України (ДСП 6.177-2005-09-02).
 4. Наказ МОЗ України № 295 від 18.07.2001 «Про створення системи контролю та обліку індивідуальних доз опромінення населення при рентгенодіагностичних процедурах».
 5. Санитарные правила работы при проведении медицинских рентгенологических исследований. № 2780-80. М., 1981.
 6. Публикация 105 МКРЗ (2008). Международная комиссия по радиационной защите.
 7. NSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations, New York, NY.
 8. Mettler, F. A., Thomadsen, B. R., Bhargavan, M., et al., 2008. Medical radiation exposure in the U.S. 2006: Preliminary results. 43rd Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements: Advances in Radiation Protection in Medicine. Health Phys. 95, pp 502-507.
 9. Регулярний контроль фізико-технічних дозоформувальних параметрів рентгенодіагностичних апаратів / Пилипенко М. І., Корнеева В. В., Гур О. М., Шальопа О. Ю. // Матеріали XIV З'їзду гігієністів України, Дніпр-ськ, 2004. – С. 321-323.
- Надійшла до редакції 18.11.2016*
- Рецензент:** д.т.н., проф Діденко Віктор Дмитрович, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Л. В. Коломиец, д.т.н., С. В. Коломиец, Л. В. Кузнецова, Р. С. Лобус, к.т.н., С. В. Волянский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕФЕРЕНТНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР

В статье рассмотрено современное состояние и тенденции развития аппаратного оснащения рентгеновской и радионуклидной диагностики лечебных учреждений Украины.

Ключевые слова: дозы облучения, диагностика, источники ионизирующего излучения.

L. Kolomiets, DSc, S. Kolomiets, L. Kuznetsova, R. Lobus, Phd, S. Volyansky

DETERMINATION OF REFERENCE DIAGNOSTIC EXPOSURE PATIENT DURING RADIOLOGIC PROCEDURE

The current state and tendencies in the development of hardware equipment for X-ray and radionuclide diagnostics of medical institutions in Ukraine are considered.

Keywords: radiation dose, diagnosis, sources of ionizing radiation.

РОЗДІЛ 3

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

Н. Ф. Казакова, д.т.н., О. О. Фразе-Фразенко, к.т.н., Є. Є. Паладій, Айвазова К. Б.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ АДАПТАЦІЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ УКРАЇНИ ДО НОРМ ЄС ЩОДО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Проведений огляд сучасного досвіду із забезпечення захисту державних інформаційних ресурсів у країнах з розвинутою інформаційною та телекомунікаційною інфраструктурами, з точки зору аналізу тенденцій у державній, бюджетній, інвестиційній, науково-технічній та кадровій політиці, а також, з вирішення комплексу проблем, пов'язаних із забезпеченням інформаційної безпеки всієї національної інформаційної інфраструктури.

Ключові слова: інформаційна безпека, інформаційно-вимірювальні системи, кібербезпека, системи захисту інформації

Вступ

Сьогодні інформаційна безпека держави, як самостійний напрям сучасних технологій, без тіні перебільшення переживає своє друге народження. Особливість нинішнього етапу розвитку не тільки інформаційних, але й практично всіх технологій характеризується надзвичайно високим ступенем їх інтеграції до усіх сфер людської діяльності та зумовленою цією обставиною взаємозалежністю і потенційною вразливістю. Потoki інформації, пов'язані з виробництвом, закупівлею та продажем товарів, наданням послуг, банківськими та фінансовими операціями, нормативно-правовою та законодавчою діяльністю, постійно нарастають. Глобалізація стає визначальним чинником існування та виживання сучасної цивілізації. Світ підійшов до тієї межі, коли кордони між державами перестали бути нездоланними бар'єрами не тільки для бізнесу та торгівлі, науки та освіти, відпочинку та розваг, а й для тероризму, злочинності та наркоманії [1, 2]. Наслідки від численних деструктивних впливів на світовий військово-політичний стан, економіку, суспільно-соціальні та науково-технічні відносини є підтвердженням цього. У зв'язку з цим, досвід щодо забезпечення захисту державних інформаційних ресурсів у країнах з розвинутою інформаційною та телекомунікаційною інфраструктурами, представляється досить цікавим і повчальним з точки зору аналізу тенденцій у державній, бюджетній, інвестиційній, науково-технічній та кадровій політиці, а також, що є найбільш важливим, з вирішення комплексу проблем, пов'язаних із забезпеченням інформаційної безпеки всієї національної інформаційної інфраструктури (НІІ) [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Так, у США, вже багато років діє «Національний план захисту інформаційних систем» [4].

Згідно до нього були створені Рада по безпеці національної інфраструктури (англ.: *National Infrastructure Concil*, NIAC) та спеціальні центри комп'ютерної та інформаційної безпеки: у Пентагоні – Об'єднана оперативна група з захисту комп'ютерних мереж (англ.: *Joint Task Force for Computer Network Defense*, JTF-CND), у ФБР – Національний центр захисту інфраструктури (англ.: *National Infrastructure Protection Center*, NIPC). Крім того, створені Національний та Федеральний центри реагування на комп'ютерні події та інциденти інформаційної безпеки (англ.: *National Security Incident Response Center*, NSIRC; *Federal Computer Incident Response Center*, FedCIRC), які за допомогою спеціальної федеральної мережі виявлення вторгнення (англ.: *Federal Intrusion Detection Network*, FIDNet) сповіщають урядовим, промисловим, комерційним та громадським організаціям про загрозу інформаційного нападу на країну [5].

Згідно [6, 7], більша частина витрат з державного бюджету США, які виділяються на урядові програми в області інформаційних технологій (ІТ) невійськового призначення йде на розвиток ресурсів Інтернету. Результати проведеного дослідження, які дають уявлення про розподіл витрат, наведені в [3, 8]. Згідно з цими джерелами, найбільш повно в урядовому домені представлені такі розділи, як економіка, суспільна безпека, ліквідація аварій та катастроф, управління ресурсами, оплата рахунків, звернення та скарги, кадрові вакансії, фінанси, закупівлі, подорожі, постачання, адміністрування. У рамках концепції «електронного уряду» (англ.: *e-Government*, eGov) [3, 9], передбачається перевести в режим online процедури, що пов'язані з проходженням паперових документів та уніфікувати форми електронних документів. Це, поряд з іншими програмами в цій області, повинно дати більшу еко-

номію бюджетних коштів з одночасним забезпеченням встановленого рівня інформаційної безпеки.

Основними стратегічними напрямками реалізації концепції eGov є напрями, які стосуються відносин уряд-громадяни, уряд-бізнес, уряд-уряд, відносини усередині установи – у рамках довіреного державного сектору. Серед програм, на яких базується eGov та функціонує FIDNet, як найбільш значимі, слід виділити «ініціативу електронної автентичності», яка повинна забезпечити необхідний рівень ідентифікації користувача, доступності та цілісності інформації, а також «проект архітектури електронного уряду», спрямований на створення міжвідомчої корпоративної інформаційної інфраструктури на основі Інтернет-технологій та сучасних стандартів представлення та захисту інформації. Структуру довіреного державного сектору мережі Інтернет для США, який функціонує на базі FIDNet, представлено у доступних першоджерелах, наприклад, у [10].

Постановка завдання

В контексті окреслених вище питань, слід зазначити що інформаційно-вимірювальні системи, як сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів контролю, діагностування та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної та інших видів інформації [11] з метою надання її споживачеві (в тому числі в АСК) у потрібному вигляді є складовою великої кількості автоматизованих систем керування, в тому числі й критичного призначення. Саме тому, спираючись на вищезазначені тенденції розвитку інформаційної сфери, можна зробити висновок про необхідність приділення особливої уваги питанням стандартизації захисту інформації в інформаційно-вимірювальних системах на державному рівні. Тому, дослідження, яке присвячене огляду сучасного стану та перспективних напрямків адаптації до вимог європейського законодавства законодавчої та нормативної бази із захисту інформаційно-вимірювальних систем є актуальним.

Питання забезпечення формування і реалізації державної політики у сферах захисту державних інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних систем криптографічного та технічного захисту інформації, використання і захисту державних електронних інформаційних ресурсів, телекомунікацій, користування радіочастотним ресурсом України; участь у формуванні і реалізації державної політики у сфері електронного документообігу органів державної влади та органів місцевого самоврядування, розробленні та впровадженні елект-

ронного цифрового підпису в органах державної влади та органах місцевого самоврядування покладені в Україні на Державну службу спеціального зв'язку та захисту інформації.

Беручи до уваги тенденції імплементації державних стандартів до норм європейського законодавства слід зазначити, що, імплементація європейського законодавства щодо перспектив розвитку служб центрального та територіальних органів виконавчої влади, які забезпечують формування та реалізацію державної політики у сферах організації спеціального зв'язку, захисту інформації, телекомунікацій та користування радіочастотним ресурсом України (далі ДССЗІ), у своїй основі може орієнтуватися на достатньо розвинений методологічний апарат європейських агенцій, зокрема ENISA.

В рамках Європейського Союзу (ЄС) місія ENISA має важливе значення для забезпечення у всіх галузях високого та ефективного рівня мережевої та інформаційної безпеки. Її висока консолідація з державними органами держав-членів ЄС, дозволяє розвивати культуру мережевої безпеки та забезпечує інформаційну безпеку в інтересах громадян, споживачів, бізнесу та громадських організацій. В ЄС ENISA виступає в якості органу експертної оцінки специфічних технічних та наукових завдань в області інформаційної безпеки. ENISA надає практичну допомогу ЄС щодо технічної підготовчої роботи з оновлення та розробки законодавчої бази в галузі мережевої та інформаційної безпеки. ENISA створена, як результат прийняття Регламенту ЄС № 460/2004 Європейського парламенту та Ради ЄС 10 березня 2004 року. З цього моменту вона зарекомендувала себе, як найбільш компетентна організація з регулювання питань організації систем захисту інформації (СЗІ) у ЄС.

Зважаючи на достатньо вагомі рекомендації ENISA щодо забезпечення інформаційної безпеки у ЄС, встановлено, що на сучасному етапі розвитку інформаційних технологій в Україні саме нормативні документи зазначеної агенції є перспективними для розвитку вітчизняних систем захисту інформації. Аналогічний результат отримано у результаті проведення аналітичного огляду наукових публікацій, матеріалів, розміщених у мережі Інтернет, а також доступних баз патентів. Орієнтація на ENISA з метою реалізації перспектив імплементації в Україні законодавства ЄС в галузі систем захисту інформації, у достатньому ступені відповідає положенням Указу Президента України від 26.05.2015 року № 287/2015 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року «Про Стратегію національної безпеки Украї-

ни» [12] та Указу Президента України від 15.03.2016 року № 96/2016 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 січня 2016 року «Про Стратегію кібербезпеки України» [13].

Так, наприклад:

– відповідно до п. 4.6 Указу [12] задекларована широкомасштабна адаптація законодавства України до норм і правил ЄС, забезпечення з боку України поступової конвергенції у сфері зовнішньої і оборонної політики, розвиток взаємодії у рамках Спільної безпекової і оборонної політики ЄС для посилення спроможностей сектору безпеки і оборони, а також підтримання міжнародної безпеки і стабільності;

– відповідно до п. 4.12 Указу [12] щодо забезпечення інформаційної безпеки, одним із пріоритетів забезпечення кібербезпеки і безпеки інформаційних ресурсів є реформування системи охорони державної таємниці та іншої інформації з обмеженим доступом, захист державних інформаційних ресурсів, систем електронного врядування, технічного і криптографічного захисту інформації з урахуванням практики держав – членів НАТО та ЄС;

– відповідно до п. 4.1 Указу [13], «Розвиток безпечного, стабільного і надійного кіберпростору має полягати, насамперед, у: виробленні і оперативній адаптації державної політики у сфері кібербезпеки, спрямованої на розвиток кіберпростору, досягнення сумісності з відповідними стандартами ЄС та НАТО; створенні вітчизняної нормативно-правової та термінологічної бази у цій сфері, гармонізації нормативних документів у сфері електронних комунікацій, захисту інформації, інформаційної та кібербезпеки відповідно до міжнародних стандартів і стандартів ЄС та НАТО; ...».

Висновки

Технології організації функціонування та інформаційної взаємодії існуючих в Україні інформаційних структур (ІС), мають ряд слабких сторін, усунення яких може бути розпочато у рамках адаптації до норм ЄС, а саме: необхідність автоматизованого вибору й реалізації методів і засобів аналізу й обробки даних в умовах відомих джерел первинної інформації; необхідність орієнтації ІС на різні категорії користувачів; відсутність єдиного регламенту інформаційної взаємодії й обміну даними; підтримка прийняття рішень на основі ретроспективної інформації та звітних матеріалів; технологічна та організаційна різноманітність функціональних і інформаційних компонентів ІС; децентралізована архітектура систем захисту інформації в ІС, які входять у сферу впливу держави, та ін.

Передбачається, що одним із шляхів реалізації Стратегій [12, 13] може стати впровадження документів в межах співпраці з ENISA.

Цілком логічно, що співробітництво з ENISA на державному рівні апіорі повинно спиратись на залучення широкого кола освітніх та наукових установ до підготовки та перепідготовки кваліфікованих кадрів в галузі інформаційної безпеки, світова потреба яких у зазначеній області складає близько 1 млн. осіб, що також підтверджується позитивною динамікою в межах посилення співпраці ДССЗІ із європейськими інституціями. А саме, за даними [14] з метою наближення законодавства України до законодавства ЄС у 2015 році ДССЗІ реалізовано низку заходів в рамках технічної допомоги ЄС. Зокрема, проведено два заходи у рамках проекту TAIEH на теми: «Реалізація європейської політики у сфері аудиту інформаційної безпеки (кібербезпеки)» та «Наближення політики технічного регулювання України до законодавства ЄС стосовно доступу радіообладнання і телекомунікаційного термінального обладнання на національний ринок». Які пройшли із залученням широкого кола представників органів державної влади України, науководослідних інститутів і телекомунікаційних компаній та експертів із Естонії, Італії, Литви, Португалії, Фінляндії, Чехії.

Список використаних джерел

1. Медин А. Использование киберпространства террористическими и экстремистскими организациями [Текст] / А. Медин. С. Маринин // Зарубежное военное обозрение, 2012. – № 10. – С. 3 – 8.
2. Коробов И. Использование сети Интернет террористическими и экстремистскими организациями [Текст] / И. Коробов // Зарубежное военное обозрение, 2012. – № 6(783). – С. 23 – 26.
3. Леваков А. Анатомия информационной безопасности США [Текст] / А. Леваков / Jet Info, 2002. – № 6(109). – 40 с.
4. Леваков А. А. В США принят план защиты информационных систем [Електронний ресурс] / А. А. Леваков // Портал : Jet Info. – Режим доступу <http://www.jetinfo.ru/2000/8/4/article4.8.2000.html>. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 08.09.2014.
5. Горбачев Ю. Обеспечение безопасности критически важной информации о состоянии вооружённых сил США [Текст] / Ю. Горбачев, О. Янов // Зарубежное военное обозрение, 2012. – № 10. – С. 21 – 31.
6. Budget of the US Government, FY 2002. Office of Management and Budget.

7. Тканова М. Проект военного бюджета США [Текст] / М. Тканова // Зарубежное военное обозрение, 2012. – № 10. – С. 15 – 20.

8. Новые приоритеты в информационной безопасности США [Текст]. – Jet Info, 2001. – № 10: Тематический выпуск. – 42 с.

9. E-Government: To Connect, Protect, and Serve Us Hart-Teeter. 1724 Connecticut Avenue, NW Washington, D.C. 20009. Council for Excellence in Government – CEG. P. 4 – 5.

10. В США готовятся к защите информационных систем [Электронный ресурс] / Портал : Agentura.ru. – Режим доступа \www/ URL: <http://www.agentura.ru/equipment/psih/info/zashit/>. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 08.09.2014.

11. ДСТУ 2681-94 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Терміни та визначення.

12. Стратегія національної безпеки України : Указ Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015 [Електронний ресурс] / Портал: rada.gov.ua. – Режим доступу \www/ URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/287/2015>. –

Заголовок з екрану, доступ вільний, 10.10.2016.

13. Стратегія кібербезпеки України : Указ Президента України від 15 березня 2016 року № 96/2016 [Електронний ресурс] / Портал: rada.gov.ua. – Режим доступу \www/ URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/96/2016>. –

Заголовок з екрану, доступ вільний, 05.10.2016.

14. Європейська інтеграція [Електронний ресурс] / Портал : dsszzi.gov.ua. – Режим доступу \www/ URL: http://www.dsszzi.gov.ua/dsszzi/control/uk/publish/article?art_id=125660&cat_id=97065&mustWords=ENISA&searchPublishing=1. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 10.10.2016.

Поступила в редакцію 22.11.2016

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

Н. Ф. Казакова, д.т.н., А. А. Фразе-Фразенко, к.т.н., Е. Е. Паладій, Айвазова К. Б.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АДАПТАЦИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ УКРАИНЫ К НОРМАМ ЕС ПО ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Проведен обзор современного опыта по обеспечению защиты государственных информационных ресурсов в странах с развитой информационной и телекоммуникационной инфраструктурами, с точки зрения анализа тенденций в государственной, бюджетной, инвестиционной, научно-технической и кадровой политике, а также, по решению комплекса проблем, связанных с обеспечением информационной безопасности национальной информационной инфраструктуры.

Ключевые слова: информационная безопасность, информационно-измерительные системы, кибербезопасность, системы защиты информации.

N. F. Kazakova, DSc, O. O. Frazе-Frazenko, PhD, E. E. Paladiy, K. B. Aivazova

PRESENT STATE AND PERSPECTIVE ALIGNING THE REGULATORY FRAMEWORK OF UKRAINE TO EU NORMS ON INFORMATION SECURITY IN INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

The current experience to ensure of government information resources in the advanced information and telecommunication infrastructures, in terms of the analysis of trends in the state, budget, investment, scientific, technical and human resources policy, as well as to address the complex issues related to information security throughout the national information infrastructure a review.

Keywords: information security, information-measuring systems, cyber security, information protection system.

Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Л. Волков, к.т.н., Н. Ф. Казакова, д.т.н.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

ВЫЧИСЛЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ $igam(a, x)$ И $igamc(a, x)$ НА ЯЗЫКЕ C# В СТАТИСТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Предложен компактный вариант вычисления на языке C# таких специальных функций как дополнительная гамма-функция, неполная дополнительная гамма-функция, натуральный логарифм от гамма-функции и квантили распределения хи-квадрат, применяемые в ходе решения задач статистического моделирования.

Ключевые слова: специальные функции, вычислительные алгоритмы, статистическое моделирование.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.

Построение современных автоматизированных измерительных систем невозможно представить без широкого применения статистического математического моделирования. Основу программной реализации статистических моделей, применяемых в измерительных системах, как правило, составляют датчики равномерно распределенных в заданном диапазоне случайных чисел. Из псевдослучайных последовательностей, формируемых на их выходе, достаточно просто формируются последовательности с иными видами распределения вероятностей следования символов. Проблемой создания таких генераторов является требование высокой степени равномерности распределения символов. До настоящего времени единственным надежным методом испытания такой равномерности остается статистическое тестирование с помощью тестовых пакетов [1 – 3]. Суть этого тестирования сводится к оценке соответствия распределения вероятностей символов, формируемых псевдослучайных последовательностей, равномерному закону распределения. В основу этого тестирования заложен сформулированный Д. Кнута принцип, предполагающий многократное испытание шифрующих псевдослучайных последовательностей (ПСП) большим числом независимых тестов. Чем большее число тестов дает положительный результат, тем больше доверие к проектируемому шифру [4]. Пакет [1] был опубликован как стандарт NIST, а остальные пакеты доступны в сети Internet. Однако, учитывая высокие требования к результатам тестирования, вошедшие в пакет тесты, предъявляют серьезные требования к точности измерения параметров, на основе которых определяется критерий пригодности испытываемой ПСП для криптографических

нужд.

Подходы и способы тестирования были сформулированы и разработаны достаточно давно. Эта работа активно проводилась всю вторую половину прошлого века и, к 2000 году, было создано и стандартизировано программное обеспечение, позволяющее решать задачи анализа криптографической стойкости симметричных шифров.

Постановка задачи.

Проблема заключается в том, что практически все известные пакеты тестирования предполагают вычисление специальных функций, значение которых не может быть рассчитано аналитическим путем. В частности, к числу таких функций относят гамма-функцию, дополнительную гамма-функцию и неполную дополнительную гамма-функцию. Вычисление этих функций требует, в свою очередь, расчета иных дополнительных специальных функций. В принципе, их вычисление не является новой задачей, и к настоящему времени в сети Internet можно найти множество свободно распространяемых и даже стандартизированных программных пакетов, которые позволяют производить необходимые вычисления. Широко известны такие прикладные программные пакеты как Matlab, Mathematica, Mathcad, Maple, Statistica, Tabula и многие им подобные. Однако они рассчитаны не только на вычисление специальных функций, а также и на решение целого ряда иных традиционных математических задач, требующих сложных математических расчетов. Они громоздки и их разработчики, как правило, не предоставляют доступа к исходным файлам программного обеспечения, поэтому вычисления с помощью таких пакетов можно производить, только обращаясь к исполняемым файлам, что не всегда удобно.

В реальной жизни разработчики статистических моделей создают свое программное обеспе-

чение, которое, порой, требует многократного вычисления значений специальных функций. Поэтому было бы предпочтительней «защитить» эти расчеты в исходный код программы.

Сложность вычисления специальных функций заключается в том, что описывающие их аналитические выражения, как правило, не раскладываются на элементарные функции и, поэтому, их вычисляют, разлагая в ряды. При этом вид ряда в каждом конкретном случае определяется требуемой скоростью и точностью вычислений. В прошлом, было написано достаточно много программ для вычисления этих функций таким способом. Доступными сайтами, где можно получить исходные коды программ для решения подобных задач являются сайты *AlgoList* (<http://algotlist.manual.ru/maths/>) и *AlgLib* (<http://www.alglib.net/>). Эти коды написаны либо на языке C++, либо на Delphi, либо на более ранних версиях иных языков высокого уровня, которые применялись до появления платформы .NET. К настоящему моменту времени существенно обновились и системное обеспечение современных компьютеров, и языки программирования. Сегодня наиболее популярным является новый язык программирования C# от компании Microsoft. Он, как и языки Visual C++ и Visual Basic.NET, входит в пакет Visual Studio.NET, которые являются компонентно-ориентированными языками для новой платформы .NET и которые разрабатывались как альтернатива языку Java. С учетом этого *целью статьи является* описание класса, содержащего программный код, написанный на языке C# для вычисления дополнительной гамма-функции и неполной дополнительной гамма-функции. Кроме того, в этот класс включена процедура для расчета квантилей распределения χ^2 .

Изложение основного материала исследования.

Предлагаемый программный модуль включает класс *SpFunc*, состоящий из следующих общедоступных процедур: вычисления неполной гамма-функции *igam(a, x)*, вычисления дополнительной неполной гамма-функции *igamc(a, x)*, вычисления натурального логарифма от гамма-функции *lngamma(x)* и вычисления обратной неполной гамма-функции *invigam(a, x)*. Ниже приводится тест самого программного модуля, который может быть включен в проект, созданный в среде Visual C#.

```
Using System;
namespace CalcSpFunc
{
    class SpFunc
    {
```

```
// =====Incomplete gamma integral
igam(a,x)
    public double igam(double a, double
x)
    {
        double result = 0; double ans = 0;
        double igammaepsilon = 0; double
ax = 0;
        double c = 0; double r=0; double
tmp=0;
        igammaepsilon =
0.0000000000000001;
        if ((double)(x) <= (double)(0)
| (double)(a) <= (double)(0))
            { result = 0; return re-
sult; }
        if ((double)(x) > (double)(1)
& (double)(x) > (double)(a))
            { result = 1-igamc(a, x); return re-
sult; }
        ax = a * Math.Log(x) - x - lngam-
ma(a, ref tmp);
        if ((double)(ax) < (double)(-
709.78271289338399))
            { result = 0; return result; }
        ax = Math.Exp(ax); r = a; c = 1;
        ans = 1;
        do
            { r=r+1; c=c*x/r; ans = ans + c; }
        while
            ((dou-
ble)(c/ans)>(double)(igammaepsilon));
        result = ans * ax / a; return re-
sult;
    }
// ===== Complemented incomplete gamma
integral igamc(a,x) = 1 - igam(a,x)
    public double igamc(double a, double
x)
    {
        double result = 0; double ans = 0;
        double ax = 0;
        double c=0; double yc=0; double r=0;
        double t=0; double y = 0; double z =
0;
        double pk=0; double pkm1=0; double
pkm2=0;
        double qk=0;double qkm1=0; double
qkm2=0;
        double tmp=0; double igammabignum-
ber=0;
        double igammaepsilon=0; double igam-
mabignum=0;
        igammaepsilon = 0.0000000000000001;
        igammabignum = 4503599627370496.0;
```

```

    igammabignumberinv =
    2.22044604925031308085 *
    0.000000000000000001;
    if ((double)(x) <= (double)(0)
    | (double)(a) <= (double)(0))
        { result = 1; return re-
        sult; }
    if ((double)(x) < (double)(1)
    | (double)(x) < (double)(a))
        { result=1 - igam(a, x); return re-
        sult; }
    ax = a * Math.Log(x) - x -
    lngamma(a, ref tmp);
    if ((double)(ax) < (double)(-
    709.78271289338399))
        { result = 0; return re-
        sult; }
    ax = Math.Exp(ax); y = 1 - a;
    z = x + y + 1; c = 0;
    pk2 = 1; qk2 = x; pk1 = x +
    1; qk1 = z * x; ans = pk1 / qk1;
    do
        { c = c + 1; y = y + 1; z =
        z + 2; yc = y * c;
        pk = pk1 * z - pk2 *
        yc; qk = qk1 * z - qk2 * yc;
        if ((double)(qk) != (dou-
        ble)(0))
            { r = pk / qk; t =
            Math.Abs((ans - r) / r); ans = r; }
            else { t = 1; }
            pk2 = pk1; pk1 = pk;
            qk2 = qk1; qk1 = qk;
            if ((dou-
            ble)(Math.Abs(pk)) > (dou-
            ble)(igammabignumber))
                { pk2 = pk2 * igam-
                mabignumberinv; pk1 = pk1 * igam-
                mabignumberinv;
                qk2 = qk2 * igam-
                mabignumberinv; qk1 = qk1 * igam-
                mabignumberinv; }
            } while ((double)(t) > (dou-
            ble)(igammaepsilon));
    result = ans * ax; return
    result;
}
// ===== Natural logarithm of gamma
function
    public static double lngamma(double
    x, ref double sgngam)
    {
        double result=0; double a=0; double
        b=0;
        double c=0; double p=0; double q=0;

```

```

        double u=0; double w=0; double z=0;
        double logpi=0; double ls2pi=0; dou-
        ble tmp=0;
        int i=0; sgngam=0; sgngam=1;
        logpi = 1.14472988584940017414;
        ls2pi = 0.91893853320467274178;
        if ((double)(x) < (double)(-
        34.0))
            {
                q = -x; w = lngamma(q, ref
                tmp);
                p = (int)Math.Floor(q); I =
                (int)Math.Round(p);
                if (I % 2 == 0)
                    { sgngam = -1; }
                else
                    { sgngam = 1; }
                z = q - p;
                if ((double)(z) > (dou-
                ble)(0.5))
                    { p = p + 1; z = p - q; }
                    z = q * Math.Sin(Math.PI *
                    z);
                result = logpi - Math.Log(z)
                - w; return result;
            }
            if ((double)(x) < (double)(13))
                {
                    z = 1; p = 0; u = x;
                    while ((double)(u) >= (double)(3))
                        { p = p - 1; u = x + p; z = z *
                        u; }
                    while ((double)(u) < (double)(2))
                        { z = z / u; p = p + 1; u = x +
                        p; }
                    if ((double)(z) < (dou-
                    ble)(0))
                        { sgngam = -1; z = -z; }
                        else
                            { sgngam = 1; }
                            if ((double)(u) == (dou-
                            ble)(2))
                                { result = Math.Log(z); return re-
                                sult; }
                                p = p - 2; x = x + p;
                                b = -1378.25152569120859100;
                                b = -38801.6315134637840924 + x
                                * b;
                                b = -331612.992738871184744 + x
                                * b;
                                b = -1162370.97492762307383 + x
                                * b;
                                b = -1721737.00820839662146 + x
                                * b;

```


Дополнительная неполная гамма-функция определяется как $\text{igamc}(a, x) = 1 - \text{igam}(a, x)$. При некоторых значениях аргументов a и x ее можно именно так и вычислять. Однако в некоторых случаях, когда значение $\text{igam}(a, x)$ велико, программа может возвращать значение $\text{igamc}(a, x)$ равное нулю, а это не всегда допустимо. Результат вычисления этой функции должен быть всегда хоть и небольшим, но положительным. Поэтому ее вычисляют точно также, как и неполную гамма-функцию, путем разложения в степенной ряд или непрерывную дробь, в зависимости от относительных значений a и x , по формуле

$$\text{igamc}(a, x) = \frac{1}{\Gamma(a)} \int_0^x t^{a-1} e^{-t} dt.$$

При этом, как и в предыдущем случае, оба аргумента a и x должны быть положительными.

Натуральный логарифм от гамма-функции $\text{lgamma}(x)$ вычисляется с помощью аппроксимирующей формулы [6]

$$\ln(\text{gamma}(x)) = (x + 0,5) * \ln(x + 5,5) - (x + 5,5) + \ln(C_0(C_1 + C_2/(x + 1) + C_3/(x + 2) + \dots + C_7/(x + 8)) / x).$$

Значения коэффициентов C_k являются табличными данными, и содержатся в тексте программного кода.

Обратная неполная гамма-функция $\text{invigam}(a, x)$ ищет такое значение x , для которого $\text{igam}(a, x)$ равна p , т.е., вероятность того, что случайная величина, подчиняющаяся центральному гамма-распределению с параметром a , меньше или равна x . Значение этой функции необходимо для вычисления квантилей распределения χ^2 [5].

$$\chi^2_{a,x} = 2 * \text{invigam}(0.5 * a, x).$$

Описанный модуль может быть включен либо в консольный проект, либо в проект, содержащий форму для вызова результатов выполнения содержащихся в нем процедур. Например, в случае консольного приложения, это будет выглядеть так:

```
static void Main()
{
    Console.Write(" a = "); var sa = Console.ReadLine(); double a = Double.Parse(sa);
    Console.Write(" x = "); var sx = Console.ReadLine(); double q = Double.Parse(sx);
    Console.WriteLine(" a = {0}, q = {1}", a, q); Console.WriteLine();
    SpFunc igm = new SpFunc(); double c = igm.igam(a, q);
    Console.WriteLine(" Igam(x) = {0}", c);
    SpFunc igmc = new SpFunc(); c = igmc.igamc(a, q);
    Console.WriteLine(" Igamc(x) = {0}", c);
}
```

```
SpFunc kv = new SpFunc(); c = 2 * kv.invigam(a / 2.0, q);
Console.WriteLine(" KvHiKv(x) = {0}", c);
Console.ReadKey();
}
```

Выводы

Задача, которую ставили перед собой авторы, сводилась к созданию инструментального средства для расчета некоторых, часто вычисляемых в процессе статистического моделирования, специальных функций. В настоящее время известно множество способов их расчета и программных реализаций этих способов. Здесь приводится наиболее компактный, на наш взгляд, вариант программного кода, созданный в среде Visual Studio.NET. Испытания предлагаемого модуля показали, что результаты вычислений значений гамма-функции, дополнительной гамма-функции, неполной дополнительной гамма-функции и квантилей распределения χ^2 , не отличаются от результатов, которые дают вычисления с помощью таких пакетов как Matlab, Mathematica, Mathcad, Statistica и Excel.

Список использованных источников

1. A Statistical Test Suite for the Validation of Random Number Generators and Pseudo Random Number Generators for Cryptographic Applications. NIST Special Publication 800-22. May 15, 2001.
2. The Marsaglia Random Number CDROM including the Diehard Battery of Tests of Randomness//<http://www.stat.fsu.edu/pub/diehard/>
3. Д. Кнут. Искусство программирования для ЭВМ. Т.2. – М.: Мир, 1977. – 727 с.
4. Statistical test suite Crypt-X //<http://www.isi.qut.edu.au/resources/cryptx/>
5. Попов Б. А., Теслер Г. С. Жанр: Справочник. Издательство: Наукова думка, 1984. – 600 с.
6. Абрамовиц М. Справочник по специальным функциям / М. Абрамовиц, И. Стиган. – М.: Наука, 1979. – 486 с.

Поступила в редакцию 18.11.2016

Рецензент: д.т.н., профессор Скачков В. В., Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса.

Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Л. Волков, к.т.н., Н. Ф. Казакова, д.т.н.

ОБЧИСЛЕННЯ МООВОЮ C # СПЕЦІАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ $igam(a, x)$ ТА $igamc(a, x)$ В СТАТИСТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

Запропоновано компактний варіант обчислення на мові C# таких спеціальних функцій як додаткова гама-функція, неповна додаткова гама-функція, натуральний логарифм від гама-функції та квантелі розподілення χ^2 -квадрат, що використовуються під час вирішення задач статистичного моделювання.

Ключові слова: спеціальні функції, обчислювальні алгоритми, статистичне моделювання.

Y. Scherbina, PhD, S. Volkov, PhD, N. Kazakova, DSc

CALCULATION IN C # SPECIAL FUNCTIONS $igam(a, x)$ AND $igamc(a, x)$ FOR THE NEEDS OF STATISTICAL MODELING

A compact version of the calculations on the C # language such special functions such as: additional gamma function, incomplete gamma function additional, natural logarithm of the gamma function and the quantile of chi-square distribution used when solving problems of statistical modeling.

Keywords: special functions, numerical algorithms, statistical modeling.

УДК 621.396.6:621.317

H. D. Bratchenko, DSc, H. H. Smagliuk, D. V. Grygoriev

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

METHOD FOR ISAR IMAGING OBJECTS WITH 3D ROTATIONAL MOTION

The influence of random components of spatial target movement on phase dependencies of signals from different scatterers is analyzed. Imaging method, which along with the regular trajectory component of target movement takes into account the random spatial components of rotational motion, is developed. These components are measured by phase changes of bright points at radar image sequence obtained by the discrete Fourier transform, coordinates of points being estimated using parametric spectral analysis methods.

Keywords: radar high range resolution profile, ISAR imaging, cross-range, radar image, 3D rotational motion.

Introduction

One of the ways of increasing the reliability of object recognition is to find and use highly informative signal features. Employment of wideband probing signals by monostatic active radar permits to resolve the elements of targets along the line-of-sight (LOS) and observe their high range resolution profiles (HRRP). The so called cross-range profiles are similar to HRRP but unlike the latter they show the location of the radar scatterers projected onto the line perpendicular to the LOS. Such profiles may actually be considered as one-dimensional radar images of targets.

However if an aerial target is observed from its side (aspect angles of $70^\circ \dots 110^\circ$), its HRRP becomes uninformative because fuselage obstructs the view of some its elements [1-3]. Additionally, the jet-engine modulation signatures are almost undetectable [4, 5]. In such circumstances, the interest shifts to the two-dimensional (2D) radar images, for which the side observation aspects are the most fa-

vorable [1]. In works by H. Safronov [6], J. Zinoviev and A. Pasmurov [7, 8], D.R. Wehner [9], A. Rihaczek and S. Hershkowitz [10], B. Steinberg [11], M. Prickett and C. Chen [12], V. Chen and H. Ling [13], V. Chen and M. Martorella [14] and by others the theoretical framework and examples of inverse synthetics aperture radar (ISAR) imaging of aerial objects have been given, including data on field experiments [15-17 and other]. Examples of ISAR imaging by Beijing Institute of Radio Measurement in C-band (4-8 GHz) and by Japanese researchers for radar operation frequency of 9.65 GHz were presented in [15, 16]. They illustrate a possibility of ISAR images being successfully obtained for air targets.

Some variants of solving the problem of ISAR imaging in case of non-uniform rotation of the object around single axis were proposed in [5, 18]. However, for more complex conditions of target flight in a turbulent atmosphere the decision hasn't been received. Irregular spatial movement of the

object, which can be modeled in decimeter-centimeter range of radio wave lengths by a set of spatially distributed scatterers [19], significantly complicates the problem of radar imaging. To solve it, one needs to restore the spatial distribution of the scatterers.

Nowadays, the problem of 2D imaging under the influence of destabilizing factors is a very important one. The most significant of these factors is the influence of random spatial movement of the object. Restoration of ISAR image in this case requires: first, alignment of HRRP by range along the LOS; second elimination of the of random phase influence due to translational motion of the target, instabilities of receiver and transmitter; and, finally, third, elimination of random phase components of signals echoed from individual scatterers due to irregular rotational movement of target to adapt to the random movement component.

One of the major problems in ISAR imaging is that the image obtained at the end of this process is a 2D projection of the true target reflectivity pattern onto the ISAR Image Projection Plane (IPP) [20]. To circumvent these issues, one usually assumes that data is to be collected over a long time interval in order to get at least one suitable frame with desirable resolution and IPP [21].

In [22, 23], the coincidence 3D imaging method in multi-site and one-site radars was proposed. In this method, the target centers of scattering were resolved in the plane perpendicular to the LOS by means of measuring the phases of their independent echo waveforms. This method, as opposed to conventional radar imaging methods based on the Doppler principle, the radar image can be obtained both for stationary targets and maneuvering ones. But to achieve that, it is necessary that a single scatterer be present in every individual range cell. Under the latter condition, this 3D imaging method has the potential advantages. Otherwise, the 3D imaging will be impossible for such range cells. For one-site radar, this imaging technique has an issue with correctly recovering the scale of image if the target movement has random component. The possibility of using the phase method was also discussed in [5] to estimate the scatterer azimuth in multi-site radar, and in [24] the same possibility was discussed as applied to one-site radar, where imaging employed multiple antennas put at different heights. Then, the relative height of scatterers could be estimated by measuring the phase differences between the two or more 2D images.

The traditional approach to spectral estimation is to use nonparametric methods, such as Fourier transform, to evaluate the spectrum. Modern spectral-estimation techniques based on parametric modeling of the signal time behavior, were used in [5,

25] for ISAR imaging capable of better cross-range resolution.

In [13, 26], it was shown that the presence of random components of the spatial movement lead to different phases changes of signals from different scatterers, which are not linear. Therefore, to obtain the fully focused image of the target given small angles of target turn with respect to radar it is not enough to have two scatterers, one of which being used as the reference, and the phase change of the other being used to restore the object yaw [5]. In [26], an adaptive imaging algorithm was proposed for the object that involved autofocus (selection of phase changes of different scatterers without using information about their cross-range). However, the imaging result is largely dependent on autofocus criterion selection. The incorrectness of the problem actually leads to an ambiguous solution.

So, the aim of the article is to develop the 2D ISAR method, which takes into account the random spatial components of the rotational movement along with the regular component of target movement.

Main part

Vector of the echo signal complex envelope at the output of linear section of the receiver can be calculated as follows [5]

$$\mathbf{X}(t) = \sum_{i=1}^I \mathbf{A}_i(\mathbf{r}^0) \mathbf{S}_i U(t - 2\mathbf{p}_i^T \mathbf{r}^0 / c) e^{-j \frac{4\pi}{\lambda} \mathbf{p}_i^T \mathbf{r}^0}, \quad (1)$$

where $\mathbf{A}_i(\mathbf{r}^0)$ is the polarization scattering matrix of i -th scatterer; $\mathbf{S}_i$ is the polarization vector of incident wave; I is the number of illuminated local scatterers; $\mathbf{r}^0$ is the unit vector of the incident wave; $U(t)$ is the complex envelope of signal at the output of optimal processing device; $\mathbf{p}_i$ is the radius vector of the i -th scatterer phase center; «^T» is the symbol of transposition; c is speed of light.

Movement of scatterers (“bright points”) associated with a change in spatial position of targets with respect to the radar while the observation is in progress. We show that in contrast to the 2D movement, the spatial (or 3D) one leads to different phase dependencies for different scatterers. In this case, considering the rotation matrix given small angles of yaw ψ , roll γ , pitch θ , and elevation ε of target being observed at the azimuth β ratio, the phase multiplier entering expression (1) for the i -th scatterer with coordinates (x'_i, y'_i, z'_i) can be approximately computed, given that the right-hand Cartesian coordinate system has an origin at the center of the object’s rotation (x'_f, y'_f, z'_f) , as follows:

$$\begin{aligned} \mathbf{p}_i^T \mathbf{r}^0 \approx & (\dot{x}_i' - \dot{x}_f')(\cos \beta - \psi \sin \beta) + \\ & + (\dot{z}_i' - \dot{z}_f')(\psi \cos \beta + \sin \beta) + \\ & + (\dot{y}_i' - \dot{y}_f')(\gamma \sin \beta - \theta \cos \beta + \varepsilon). \end{aligned} \quad (2)$$

Small changes of angles ψ , γ and θ are typical, for example, given straight-line flight of air target in the turbulent atmosphere. Initial elevation angle of ground, surface, and air targets given observation of the latter at long-ranges is usually small. Besides, the coordinates of the rotation center entering equation (2), $(\dot{x}_f', \dot{y}_f', \dot{z}_f')$, are set by the dominant scatterer algorithm (DSA) [11] or multiple scatterer algorithm [5]. Initial orientation of the axes of coordinate system $o'x'y'z'$ at the beginning of target observation, when $\psi = \theta = \gamma = 0$, is as follows: axis $o'x'$ is directed forward, axis $o'z'$ is directed toward the right wing and axis $o'y'$ goes straight up (axes $o'x'$, $o'y'$, $o'z'$ at this point are parallel to the axes o_gx_g , o_gy_g , o_gz_g of ground coordinate system centered at the point of radar standing). This coordinate system is used to describe the object position when it makes consecutive turns by angles of roll γ , pitch θ and yaw ψ [5]. While deriving the (2), we assumed that target flew straightforwardly along the axis o_gx_g , azimuth angle β being counted off clockwise from that axis in the plane $o_gx_gy_g$.

Since the three components in (2) have different weight depending on the position of the scatterer at the object, then random changes of orientation angles do not equally affect the range shifts of different scatterers with respect to the radar. Dependences of signal phases from these scatterers in general will be different and will not be linear. Random variations of the target spatial orientation (changes in angles of roll and pitch) lead to different random dependences of signal phase from each bright point of target. Use of spectral analysis methods will not be optimal for imaging. If the target observation interval is divided into relatively short subintervals, during which target moves almost straight, these methods can be employed at such intervals. However, reduced time of target observation will worsen the resolution across LOS. Improvement of the restored image in such cases is possible by measuring the phase dependences of several "bright points" in a sequence of complex ISAR images of target and accounting for these phase changes for each point while obtaining the final image. To better measure the position of bright points at the target, they are being tracked by parametric spectral analysis meth-

ods used for getting a sequence of images and then these results are further used for measuring the phase dependences of selected bright points at the radar image obtained by using the discrete Fourier transform (DFT).

Along with classic DFT, the parametric Capon $f_k(f)$ and maximum entropy $f_{ME}(f)$ methods were used for imaging according to [5, 26]

$$f_k(f) = \frac{1}{|\mathbf{V}(f)^T \mathbf{A}^{-1} \mathbf{V}(f)|}, \quad (3)$$

$$f_{ME}(f) = \frac{\mathbf{g}^T \mathbf{A}^{-1} \mathbf{g}}{|\mathbf{g}^T \mathbf{A}^{-1} \mathbf{V}(f)|^2}, \quad (4)$$

where f is a signal spectrum frequency; $\mathbf{V}(f)$ is complex non-random N -dimensional vector of unit length, which depends on the frequency f ; $\mathbf{g}^T = [1, 0, 0, \dots, 0]$ is the N -dimensional vector of coefficients; $\mathbf{A}^{-1}$ is the inverse correlation matrix of observation.

Practically, functions (3) and (4) are formed by scanning the search vector $\mathbf{V}(f)$ over some frequency range while replacing the true correlation matrix of input signal $\mathbf{A}$ by its maximum likelihood estimate

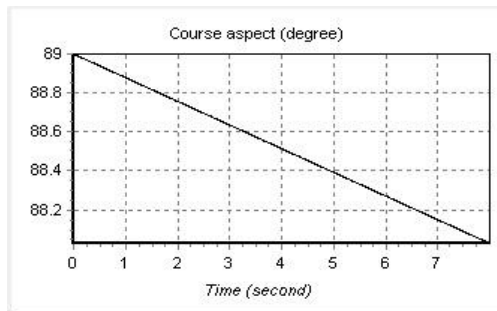
$$\hat{\mathbf{A}} = \mathbf{A} + \Delta \mathbf{A}, \quad (5)$$

where $\Delta \mathbf{A}$ is the matrix of internal system disturbances.

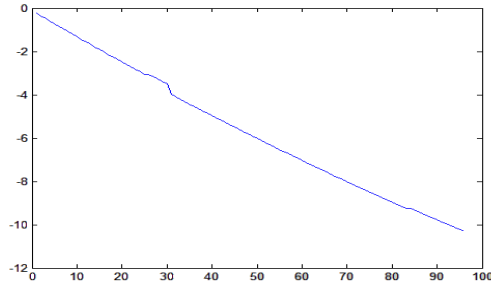
Given uniform rectilinear motion of targets, the phases of echo signals from bright points change linearly, and the target image may be recovered by observing the target along its entire trajectory (Fig. 1).

The simulation results were obtained for B-52 aircraft under the following conditions: flight altitude – 8000 m, velocity – 750 km/h, target distance – 100 km, initial course angle of target observation – 89° (Fig. 1), observation interval was 8 s given the flight without atmospheric disturbances. Radar specifications: wavelength – 3 cm, linearly-frequency modulated probing pulse with rectangular envelop (pulsewidth was 13.65 μ s, frequency deviation was 150 MHz). Simulation was performed using the program RTBS [27] according to mathematical model given in [3] and supplemented with image recovery block (in MATLAB).

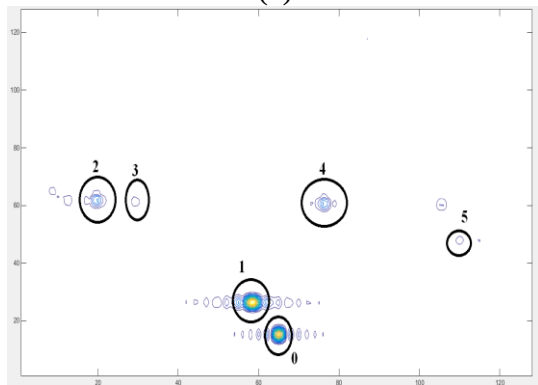
Output data about projections of "bright points" onto the line of sight along with their cross-sections were transferred from the RTBS software to the MathCad, where the 1024 complex HRRP were formed for the target observation interval (Fig. 2).



(a)



(b)



(c)

Figure 1 - Changes in target course angle given rectilinear motion (a), measured phase variation of one bright point (b), and restored target image (image samples spacing is 0.5 m) (c)

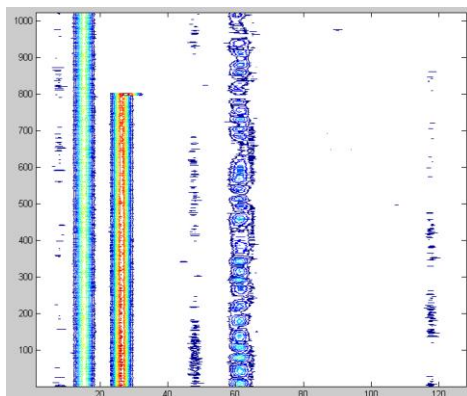
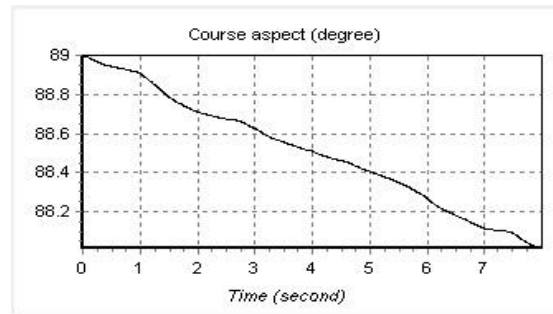
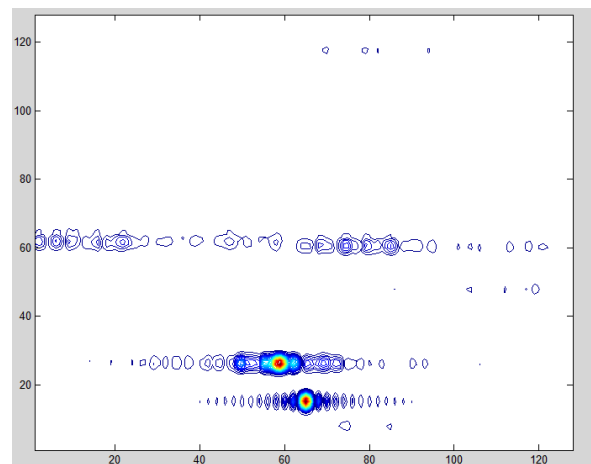


Figure 2 – Horizontal cross-section of the HRRP set given rectilinear motion of target under the influence of atmospheric disturbances

Target motion under condition of atmospheric disturbances (random changes in angles ψ , γ and θ) led to phase modulation of signal from each "bright point" and to the image distortion (Fig. 3).



(a)



(b)

Figure 3 – Changes in course angle (a) and the recovered image given target's rectilinear motion under the influence of atmospheric disturbances (b)

Fig. 4 shows examples of images obtained during single subintervals of 1 s duration. Despite degraded cross-range resolution, it is possible to measure the coordinates of individual peaks at the images. The five bright points numbered from 1 through 5 marked out at the aircraft image (Fig. 1, b) were selected for investigation.

Point number 0 was used as a reference in the DSA. For each of the selected "bright point", the changes in their phase were measured given rectilinear target's movement with no influence (Fig. 5) and under the influence of atmospheric turbulence upon the target flight (Fig. 6).

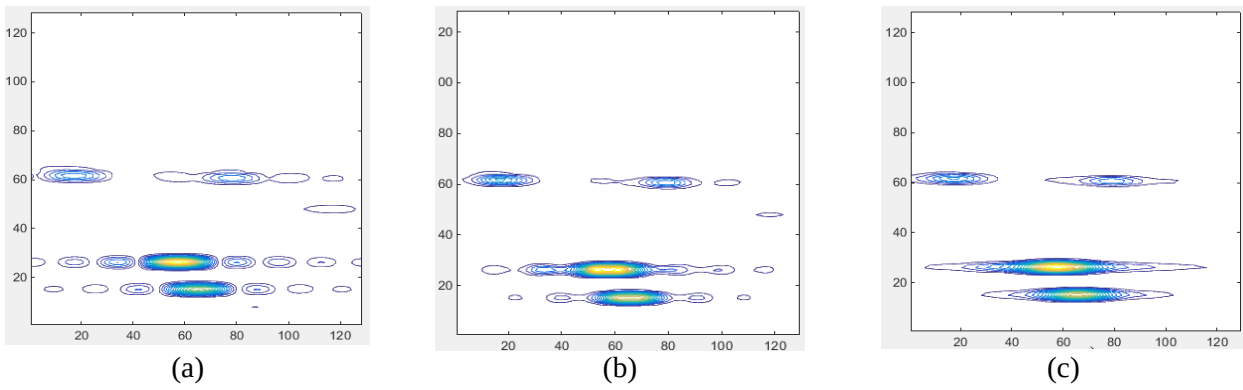


Figure 4 – Two-dimensional image of B-52 aircraft obtained during short sections of flight path: a) obtained by FFT, b) obtained by the method of maximum entropy, c) obtained by the Capon method

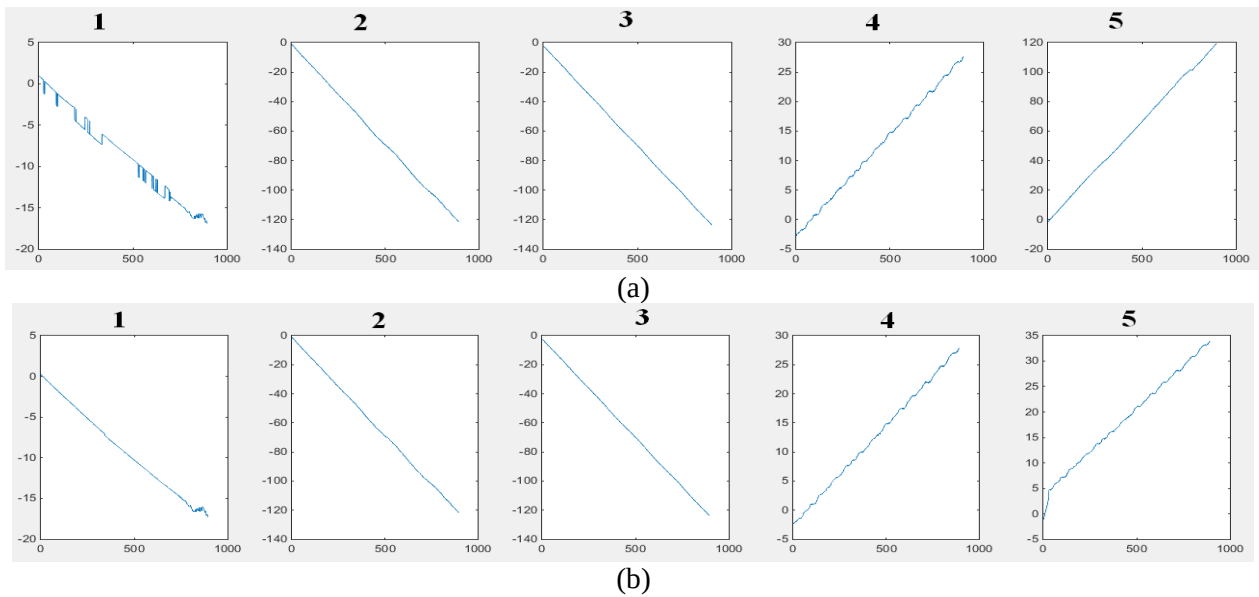


Figure 5 – Recovered phase dependences of bright points under condition of ideal rectilinear motion of target given only DFT was used (a), and given a combination of the maximum entropy method and DFT was used (b)

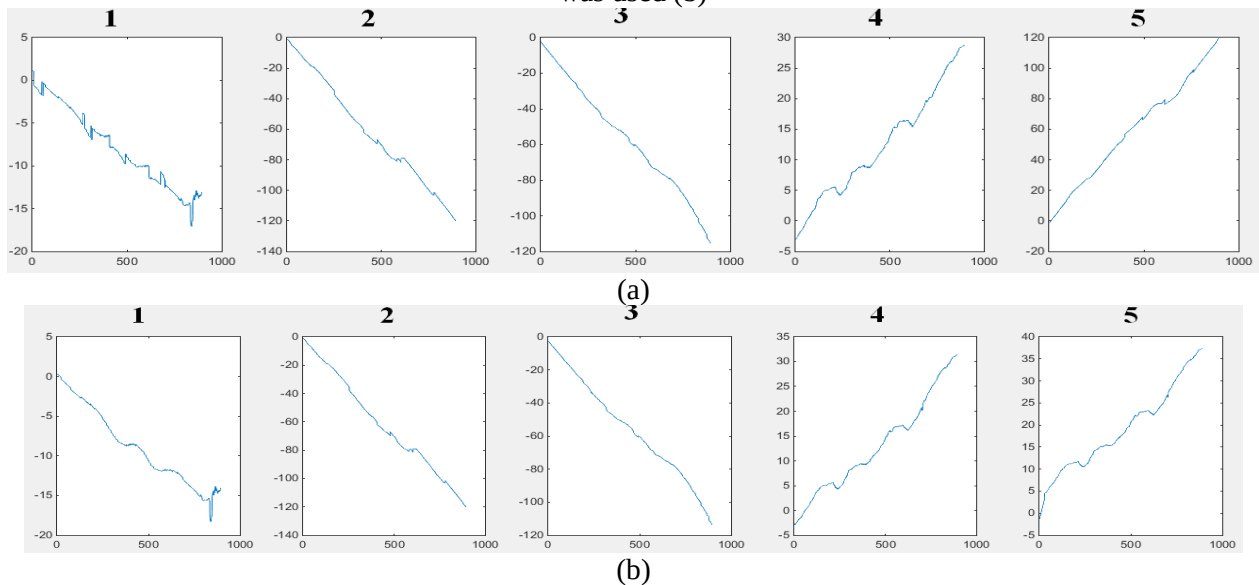


Figure 6 – Recovered phase dependences of bright points under condition of rectilinear target flight given practically quiet atmosphere when only DFT was used (a), and when a combination of the maximum entropy method and DFT was used (b)

In case of uniform rectilinear motion, the phases of all points at target's image vary linearly (Fig. 5). Moreover, the use of maximum entropy method for measuring the scatterer positions within the observation window, in some cases, significantly improves recovering of the phase history (as for the point #1) (taking into account the ambiguity of phase measurements). In case of the target rectilinear motion under the influence of atmospheric disturbances, the phase history at each DFT spectrum point is nonlinear due to random changes of target orientation in space (Fig. 6).

Notice that, as seen on the set of HRRP (Fig. 2), the bright point number 1 almost disappears starting with profile #800 (shaded by target elements), which is displayed at the graph of its phase. Phases of all points to the left from the center of rotation (point «0», Fig. 5) change toward negative values and phase of points to the right of that center change toward positive values.

To restore the image, we proposed to select the sequence of complex HRRP for each of the chosen bright points in such manner that the phase of signals from these points would vary linearly. Such dependencies shall correspond to the regular component of target movement (Fig. 5). This can be done using the least squares method and providing linear approximation for every chosen point (Fig. 7). Then, selection of such HRRP must be carried out, for which the signal phase change at corresponding point in the Fourier spectrum is approaching this line (Fig. 7). Since the number of HRRP gets smaller (from 896 to 512) this straight line at the graph has a greater slope (Fig. 7).

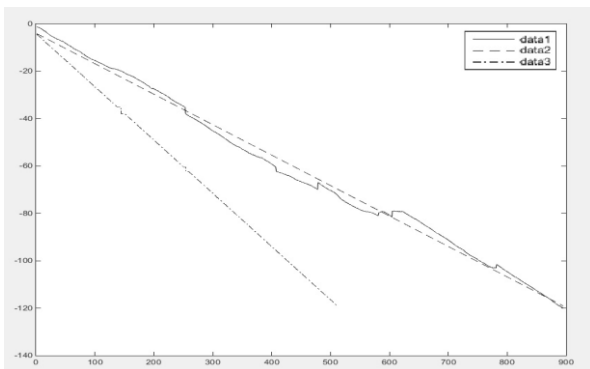
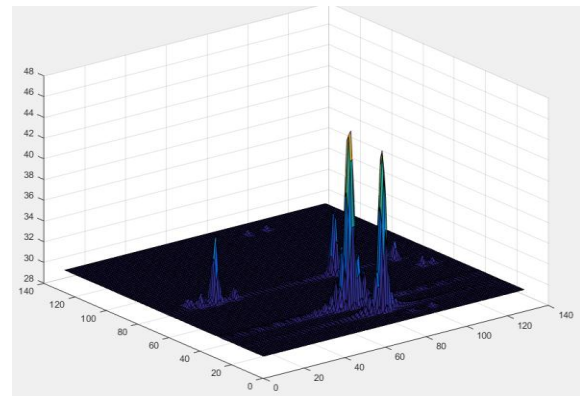


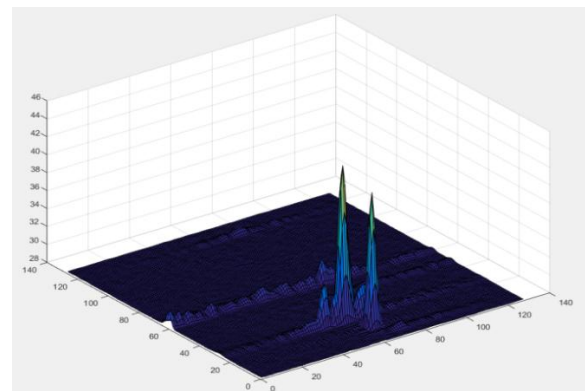
Figure 7 – Recovered phase change of a bright point: data1 – raw phase change, data2 – approximating curve, data3 – aligned phase change

Then, the phase variation of each selected point is reduced to a straight line. So, the point would appear focused better at the image. Number of received two-dimensional radar images will match the number of selected bright points. Having obtained all individual images, we combine them into the

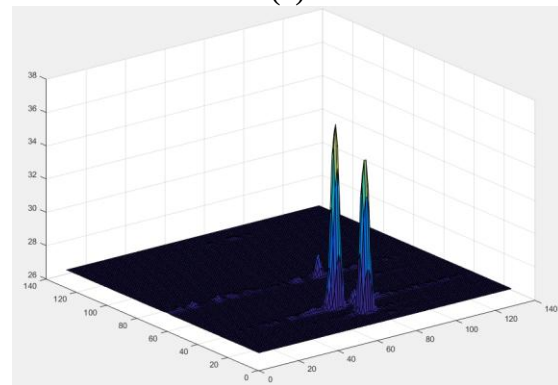
whole one. In this case, parts of the image selected in this manner appear focused better at the final image. The most effective approach is to choose the cross-range bands along the line of sight. Imaging results are shown in Fig. 8.



(a)



(b)



(c)

Figure 8 – Two-dimensional image of target: during the flight without atmospheric disturbances (a), during the flight in turbulence quiet atmosphere (b) and restored target image (c)

Conclusions

Improved method of two-dimensional imaging of air targets during its rectilinear flight in conditions of atmospheric turbulence, which involves tracking of the scatterer's position at the partial im-

ages given reduced subintervals of observation, was proposed. For this purpose, we proposed to use parametric methods of spectral analysis.

The phase dependences for these points measured by accumulation of radar images, obtained by DFT, were used to restore several images with focus around the selected point. These images then combined into a single one.

Example of simulation results of two-dimensional imaging of B-52 aircraft model, which illustrate the theoretical possibility of such an approach, was presented.

Further directions for improving this method is to consider objects as three-dimensional and use the possibility of measuring the third coordinate by phase method and also to look for capabilities of reducing the computation burden for its implementation.

References

1. Rosenbach Kh., Schiller J. Non-Cooperative Air Target Identification using Radar Imagery: Identification Rate as a Function of Signal Bandwidth // IEEE International Radar Conference 2000, Alexandria (Virginia, USA), May, 2000. – P. 305 – 309.
2. Братченко Г. Д. Математичне моделювання розпізнавання повітряних цілей по радіолокаційних портретах на бічних ракурсах / Г. Д. Братченко, О. О. Бондаренко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків, 2007. – Вип. 2 (14). – С. 49 – 51.
3. Смаглюк Г. Г. Оцінка якості радіолокаційного розпізнавання повітряних цілей в умовах впливу дестабілізуючих факторів / Г. Г. Смаглюк, Г. Д. Братченко, І. В. Папач // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 2016. – Випуск 1(8). – С. 65 – 68.
4. Братченко Г. Д. Перспективы применения метода инверсного синтезирования апертуры для восстановления радиоизображений воздушных объектов / Г. Д. Братченко // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития: 1-й Международный радиоэлектронный Форум (МРФ-2002). Харьков, 8 – 10 октября 2002 г. – Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2002. – Сборник научных трудов по материалам МРФ-2002. Ч 1. – С. 250 – 252.
5. Ширман Я. Д. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование / Я. Д. Ширман, С. А. Горшков, С. П. Лещенко, Г. Д. Братченко, В. М. Орленко // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1996. – № 11. – С. 3 – 63.
6. Сафронов Г. С. Введение в радиолокацию / Г. С. Сафронов, А. П. Сафронова. – М.: Сов. радио, 1973. – 288 с.
7. Pasmurov A., Zinoviev J. Radar Imaging and Holography. – IET, 2005. – 249 p.
8. Радиолокационные характеристики летательных аппаратов / М. Е. Варганов, Ю. С. Зиновьев, Л. Ю. Астанин и др.; Под ред. Л. Т. Тучкова. – М.: Радио и связь, 1985. – 236 с.
9. Wehner D. R. High Resolution Radar. – Norwood: Artech House, 1987. – 472 p.
10. Rihaczek A. W., Hershkowitz S. J. Man-made Target Backscattering Behavior: Applicability of Conventional Radar Resolution Theory // IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems. – Vol. 32. – NO. 2. – 1996. – P. 809 – 824.
11. Стайнберг Б. Д. Формирование радиолокационного изображения самолета в диапазоне СВЧ // ТИИЭР. – 1988. – т. 76, №12. – С. 26 – 46.
12. Prickett M. J., Chen C. C. Principles of Inverse Synthetic Aperture Radar (ISAR) Imaging // EASCON'80 RECORD, IEEE Electronics and Aerospace Systems Conventions. – 1980. – P. 340 – 345.
13. Chen V. C., Ling H. Time-Frequency Transforms for Radar Imaging and Signal Analysis. – Boston – London: Artech house, 2002. – 207 p.
14. Chen V. C., Martorella M. Inverse Synthetic Aperture Radar Imaging: Principles, Algorithms and Applications. – SciTech Publishing, Edison, NJ, 2014. – 304 p.
15. Iton T., Sueda H., Watanabe Ya. Motion Compensation for ISAR Via Centroid Tracking // IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems. – 1996. – Vol. 32. – NO. 3. – P. 1191 – 1197.
16. Pingping L., Guochuan L., Huai H. A C-Band Inverse Synthetic Aperture Radar System // Proc. of CICR-96, Beijing (China). – 1996. – Vol. 1. – P. 250 – 253.
17. Zyweck A., Bogner R. Target Classification of Commercial Aircraft // IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems. – 1996. – Vol. 32. – NO. 2. – P. 598 – 606.
18. Wang Y., Ling H., Chen V.C. ISAR Motion Compensation Via Adaptive Joint Time-Frequency Technique // IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems. – 1998. – Vol. 34. – NO. 2. – P. 670 – 677.
19. Штагер Е. А. Рассеяние радиоволн на телах сложной формы / Е. А. Штагер. – М.: Радио и связь, 1986. – 184 с.
20. Martorella M. Optimal sensor positioning for ISAR imaging // Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International. – 2010. – 4 p.
21. Орленко В. М. Метод отримання двовимірних радіолокаційних зображень літаків на

основі часово-частотного перетворення Габора / В. М. Орленко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2012. – № 2(8). – С. 73 – 78.

22. Dongze Li, Xiang Li, Yongqiang Cheng, Yuliang Qin, and Hongqiang Wang. Three Dimensional Radar Coincidence Imaging // Progress In Electromagnetics Research M. – 2013. – Vol. 33. – P. 223 – 238

23. C. L. Liu, X. Z. Gao, W. D. Jiang, and X. Li. Interferometric ISAR Three-dimensional Imaging using one Antenna // Progress In Electromagnetics Research M. – 2011. – Vol. 21. – P. 33 – 45.

24. Moore T. Enhanced imagery using spectral-estimation-based techniques // Lincoln-Laboratory-Journal. 1997; vol. 10, NO. 2. – P. 171 – 186.

25. Братченко Г. Д. Адаптивне відновлення радіолокаційного зображення об'єкта, що рухається

/ Г. Д. Братченко // Праці УНДІРТ. – Одеса: Видання УНДІРТ. – 2001. – № 3(27). – С. 3 – 9.

26. Марпл.-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 584 с.

27. 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.

Надійшла до редакції 20.11.2016

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

Г. Д. Братченко, д.т.н., Г. Г. Смаглюк, Д. В. Григор'єв

МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ РАДІОЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ З ПРОСТОРОВИМ ОБЕРТАЛЬНИМ РУХОМ В РЛС З ІНВЕРСНИМ СИНТЕЗУВАННЯМ АПЕРТУРИ

Досліджується вплив випадкових складових просторового руху на закони зміни фаз сигналів від різних відбивачів. Розроблено метод відновлення радіозображення об'єкта, який разом з регулярною складовою траєкторного переміщення враховує випадкові просторові складові обертального руху. Ці складові оцінюються за змінами фаз блискучих точок на послідовності радіозображень, отриманих з використанням дискретного перетворення Фур'є, координати точок оцінюються з використанням параметричних методів спектрального аналізу.

Ключові слова: радіолокаційний дальнісний портрет, радіозображення, інверсне синтезування апертури, поперечна дальність, просторовий обертальний рух.

Г. Д. Братченко, д.т.н., Г. Г. Смаглюк, Д. В. Григорьев

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В РЛС С ИНВЕРСНЫМ СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ

Исследуется влияние случайных составляющих пространственного движения на законы изменения фаз сигналов от различных отражателей. Разработан метод восстановления радиоизображения объекта, который наряду с регулярной составляющей траекторного перемещения учитывает случайные пространственные составляющие вращательного движения. Эти составляющие оцениваются по изменениям фаз блестящих точек на последовательности радиоизображений, полученных с использованием дискретного преобразования Фурье, координаты точек оцениваются с использованием параметрических методов спектрального анализа.

Ключевые слова: радиолокационный дальностный портрет, радиоизображение, инверсное синтезирование апертуры, поперечная дальность, пространственное вращательное движение.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Айвазова К. Б.	62	Корчевський О. С.	53
Бердієв Б. Ч.	53	Кузнєцова Л. В.	56
Боряк К. Ф.	45	Лобус Р. С.	56
Братченко Г. Д.	71	Мілованов В. І.	35
Волков С. Л.	66	Міщенко А. С.	24
Волянський С. В.	56	Никитюк О. А.	12, 15, 28
Григор'єва Л. І.	6	Новіков В. М.	12, 28
Григор'єв Д. В.	71	Новіков В. В.	15
Домницька В. К.	15	Паладій Є. Є.	62
Єргієв Г. М.	31	Розмариця А. І.	48
Казакова Н. Ф.	62, 66	Рудик А. В.	41
Квасніков В. П.	41	Сичов М. І.	45
Кисельова О. І.	18	Смаглюк Г. Г.	71
Коломієць Л. В.	18, 45, 48, 53, 56	Стариш О. І.	48
Коломієць С. В.	56	Фразе-Фразенко О. О.	62
Корнієвич С. Г.	35	Щербина Ю. В.	66

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

АЙВАЗОВА <i>Кіра Борисівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
БЕРДИЄВ <i>Берди Чарисевич</i>	<i>Коледж Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Одеса, заступник директора коледжу з виховної роботи</i>
БОРЯК <i>Костянтин Федорович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент</i>
БРАТЧЕНКО <i>Геннадій Дмитрович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків, доктор технічних наук, професор</i>
ВОЛКОВ <i>Сергій Леонідович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, докторант, кандидат технічних наук, доцент</i>
ВОЛЯНСЬКИЙ <i>Сергій Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри загально-технічної та фундаментальної підготовки</i>
ГРИГОР'ЄВ <i>Денис Вікторович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
ГРИГОР'ЄВА <i>Людмила Іванівна</i>	<i>Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв, завідувач кафедри якості, стандартизації та техногенно-екологічної безпеки, доктор біологічних наук, професор</i>
ДОМНИЦЬКА <i>Віра Костянтинівна</i>	<i>ВСП «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики» Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ, декан</i>
ЄРГІЄВ <i>Георгій Миколайович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри комп'ютерних та інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, доцент</i>
КАЗАКОВА <i>Надія Феліксівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри комп'ютерних та інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, доцент</i>
КВАСНІКОВ <i>Володимир Павлович</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, доктор технічних наук, професор, заслужений метролог України</i>
КИСЕЛЬОВА <i>Ольга Ігорівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри суспільно-гуманітарної підготовки, кандидат педагогічних наук, доцент</i>
КОЛОМІЄЦЬ <i>Леонід Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, ректор, доктор технічних наук, професор</i>
КОЛОМІЄЦЬ <i>Світлана Василівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, науковий співробітник</i>
КОРНІЄВИЧ <i>Сергій Георгійович</i>	<i>Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, студент</i>

КОРЧЕВСЬКИЙ <i>Олександр Сергійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
КУЗНЕЦОВА <i>Любов Вікторівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри метрології та метрологічного забезпечення</i>
ЛОБУС <i>Руслан Степанович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, головний науковий співробітник, кандидат технічних наук</i>
МІЛОВАНОВ <i>Валерій Іванович</i>	<i>Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, завідувач кафедрою компресорів та пневмоагрегатів, доктор технічних наук, професор</i>
МІЩЕНКО <i>Антон Сергійович</i>	<i>Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, ад'юнкт штатний науково-організаційного відділу</i>
НИКИТЮК <i>Олександр Андрійович</i>	<i>Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, проректор з науково-педагогічної роботи та перспективного розвитку, доктор сільськогосподарських наук, професор</i>
НОВІКОВ <i>Володимир Миколайович</i>	<i>ВСП «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики» Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ, директор, доктор фізико-математичних наук, професор</i>
НОВІКОВ <i>Володимир Володимирович</i>	<i>ВСП «Інститут підвищення кваліфікації фахівців в галузі технічного регулювання та споживчої політики» Одеської державної академії технічного регулювання та якості, м. Київ, доцент, кандидат технічних наук, доцент</i>
ПАЛАДІЙ <i>Євгенія Євгенівна</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, студентка</i>
РОЗМАРИЦЯ <i>Антон Іванович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
РУДИК <i>Андрій Вікторович</i>	<i>Національний авіаційний університет, м. Київ, докторант кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, кандидат технічних наук, доцент</i>
СИЧОВ <i>Михайло Іванович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри стандартизації, оцінки відповідності та якості, кандидат хімічних наук, доцент</i>
СМАГЛЮК <i>Геннадій Геннадійович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, аспірант</i>
СТАРИШ <i>Олександр Іванович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший науковий співробітник</i>
ФРАЗЕ-ФРАЗЕНКО <i>Олексій Олексійович</i>	<i>Одеська національна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри комп'ютерних та інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук</i>
ЩЕРБИНА <i>Юрій Володимирович</i>	<i>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент</i>

Наукове видання

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

Випуск 2(9) 2016

Редактор

Братченко Г. Д.

Комп'ютерна верстка

Постоварова В. Д.

Адреса редакції: 65020, м. Одеса, вул. Ковальська 15, ОДАТРА,

Тел.: (048)728-07-11 – довідки;

E-mail: bratchenkohd@gmail.com

*Надруковано з готового оригінал макету
в видавництві – друкарні «ВМВ»*

*Підписано до друку 20.12.2016
Формат 60*88/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 10,6
Тираж 300 прим.
65053, м. Одеса, пр-т Добровольського 84-а.
www.vmv.odessa.ua*