

Науковий журнал

5.2009

ВІСНИК

**Хмельницького
національного
університету**

Технічні науки

Хмельницький 2009

ВІСНИК

Хмельницького національного університету

Затверджений як фахове видання
Постановою президії ВАК України від 19.01.2006 № 2-05/1
(бюлетень ВАК України № 2 від 2006 р.)

Засновано в липні 1997 р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2009, № 5 (139)

Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)

Головний редактор	Скиба М. Є. , заслужений працівник народної освіти України, д. т. н., професор, академік МАІ, академік УТА, ректор Хмельницького національного університету
Заступник головного редактора	Параска Г. Б. , д. т. н., професор, проректор Хмельницького національного університету
Голова редакційної колегії	Шинкарук О. М. , д. т. н., професор, завідувач кафедри радіотехніки та зв'язку Хмельницького національного університету
Відповідальний секретар	Гуляєва В. О. , завідувач відділом інтелектуальної власності Хмельницького національного університету

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Технічні науки

к.т.н. Баннова І.М., д.т.н. Гладкий Я.М., к.т.н. Домбровський А.Б., к.т.н. Драпак Г.М., д.т.н. Диха О.В., д.т.н. Калда Г.С., д.ф-м.н. Качурик І.І., д.т.н. Кіницький Я.Т., д.т.н. Ковтун В.В., д.т.н. Костогриз С.Г., д.т.н. Кострицький В.В., д.т.н. Кузьменко А.Г., д.т.н. Локазюк В.М., д.т.н. Либа В.П., д.т.н. Мазур М.П., к.т.н. Мандзюк І.А., д.т.н. Мясичев О.А., д.т.н. Олександренко В.П., д.т.н. Пастух І.М., д.т.н. Поморова О.В., д.т.н. Ройзман В.П., д.т.н. Рудницький В.Б., д.т.н. Сарібеков Г.С., д.т.н. Сілін Р.І., д.т.н. Семенюк М.Ф., д.т.н. Славинська А.Л., д.т.н. Стечишин М.С., к.т.н. Троцишин І.В., д.т.н. Шалапко Ю.І., д.т.н. Шевеля В.В.

Технічний редактор Горященко К. Л., к. т. н.

Редактор-коректор Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 4 від 25.11.2009 р.**

Адреса редакції: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11,
м. Хмельницький
Україна, 29016

☎ (038-2-2) 2-51-08
e-mail: vagvestnik@rambler.ru
patent_1@beta.tup.km.ua

web: <http://visniktup.narod.ru>
<http://vestnik.ho.com.ua>
http://library.tup.km.ua/visnyk_tup.htm

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 9722 від 29 березня 2005 року (перереєстровано)
Бюлетень ВАК №2, 2006

© Хмельницький національний університет, 2009
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2009

ЗМІСТ

МАШИНОЗНАВСТВО ТА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

Л.Е. БАЙДИЧ, Ю.А. РОГОЖА КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ АЗОТОВАНИХ ШАРІВ НА СТАЛЯХ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ рН	7
О.С. ПОЛЩУК, Д.В. ПРИБЕГА, С.В. ЧУМАКОВА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІМПУЛЬСНОГО ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПРИВОДУ В ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ВСТАВКИ МЕТАЛЕВОЇ ФУРНІТУРИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	11
І.М. ПАСТУХ, Н.С. МАШОВЕЦЬ ЕНЕРГООБМІН НА МЕЖІ МЕТАЛ-ГАЗ ПРИ АЗОТУВАННІ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ	15
І.М. ПАСТУХ, В.С. КУРСКОЙ КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН З ПОЗИЦІЙ ФРЕТИНГОСТІЙКОСТІ	20
В.П. РОЙЗМАН, В.П. ТКАЧУК, О.О. НІКІТІН ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РІДИННИХ АВТОБАЛАНСИРІВ, ВСТАНОВЛЕНИХ НА РОТОРАХ З ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ	23
Я.Т. КІНИЦЬКИЙ, М.П. МАЗУР, О.О. БІЛЕЦЬКИЙ, В.О. ХАРЖЕВСЬКИЙ АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВИСАДКИ ЦВЯХОВОГО АВТОМАТУ АВ4115	30
Я.Т. КІНИЦЬКИЙ, П.В. МІНЯЙЛО, М.В. МАРЧЕНКО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗУПИНКИ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ МЕХАНІЗМІВ, ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЯМОЛІНІЙНО НАПРЯМНОГО КРИВОШИПНО-ПОВЗУННОГО МЕХАНІЗМУ	34
В.П. РОЙЗМАН, В.П. ТКАЧУК, Р.Г. ЧОЛОВСЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ РОТОРНИХ МАШИН З ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ЗНИЖЕННЮ ЇХ ВІБРОАКТИВНОСТІ	39
Б.Ф. ПІПА, В.В. ЧАБАН ВПЛИВ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РОБОЧОГО ПРОФІЛЮ КЛИНА В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В ПАРІ ГОЛКА – КЛИН	43
С.В. РЕПІНСЬКИЙ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ОПОРУ ПЛАНШАЙБИ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ	46
В.П. СВІДЕРСЬКИЙ, Л.П. МЕЛЬНИЧУК, В.С. НАРАЄВСЬКИЙ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАТЯЖНОГО БАШМАКА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЯ ВАЗ – 21011	51
RENATA DWORNICKA HEATING AND COOLING OPERATIONS OF T-PIPE OF THE USE TRD REGULATIONS	56

ІНФОРМАТИКА, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ. КІБЕРНЕТИКА

Л.П. РИБАК ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЗАКОНІВ ФОРМУВАННЯ «РОЗУМУ» НА РІВНІ НАНО- I МІКРОСТРУКТУР ВОДИ	62
Т.А. НАДОПТА ДОСВІД АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБМІРУ СТОПИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ	68

Л.В. ТРОЦИШИНА МОДЕЛЮВАННЯ ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЧАСТОТИ ЗА МЕТОДОМ КОІНЦИДЕНЦІЇ	73
Я.В. ЛИТВИНЕНКО, С.А. ЛУПЕНКО, А.С. СВЕРСТЮК ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРОБКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОННО ЗАРЕЄСТРОВАНИХ КАРДІОСИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ЦИКЛІЧНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВІДНОШЕНЬ	80
О.В. БАРМАК, К.М. БАРАБАН ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТРЬОХМІРНОЇ ГОЛОВИ ЛЮДИНИ	87
В.П. КОНОВАЛ, М.М. ШКОДЕНКО, В.І. ЧУПРИНКА ТИПОВІ ЗАДАЧІ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РОЗКРІЙНИХ СХЕМ	93
А.А. СОТНИКОВА, В.Г. КАМБУРГ МОДЕЛЬНИЙ ПРОГНОЗ ЗАБОЛЕВАННЯ ПСИХОПАТІЇ НА ФОНЕ СОЛНЕЧНОЇ АКТИВНОСТІ	97
В.Г. КАМБУРГ, А.А. СОТНИКОВА, О.В. БОЧКАРЄВА МОДЕЛЬНИЙ ПРОГНОЗ ЕПІДЕМІЙ ГРИППА І ЕГО ВЛІЯННЯ НА НЕРВНО-ПСИХІЧЕСЬКІ ЗАБОЛЕВАННЯ НА ФОНЕ СОЛНЕЧНОЇ АКТИВНОСТІ	101
О.А. ПАСТУХ РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГЕБРАЇЧНОГО ПЕРЕТИНУ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДРУГОГО РОДУ У КВАНТОВИХ НЕЧІТКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ДРУГОГО РОДУ	106
Г.Г. ЦЕГЕЛИК, В.Я. ЛІСОВЕЦЬ ПОБУДОВА ОПТИМАЛЬНИХ СТРАТЕГІЙ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ У ПОСЛІДОВНИХ ФАЙЛАХ БАЗ ДАНИХ У ВИПАДКУ ВИКОРИСТАННЯ ОДНОГО З ВАРІАНТІВ МЕТОДУ М-ПАРАЛЕЛЬНОГО БЛОЧНОГО ПОШУКУ	109
В.Т. КОНДРАТОВ ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: УНИВЕРСАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ	116
В.В. РОМАНЮК МЕТОД РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ В АНТАГОНІСТИЧНІЙ ГРІ, ДЕ ГРАВЕЦЬ ВОЛОДІЄ НЕЗЛІЧЕННОЮ МНОЖИНОЮ ЧИСТИХ СТРАТЕГІЙ, ПРИ ВІДОМІЙ КІЛЬКОСТІ ПАРТІЙ ГРИ ..	130
ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
О.В. МАКАРОВА, М.П. БЕРЕЗНЕНКО, В.С. ГОРОБЧИШИНА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТРУКТУРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ	143
М.П. САВЧУК, В.М. КАЛИНА ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЗУТТЯ ТА ОДЯГУ	147
О.М. ДОМБРОВСЬКА, Н.М. ПРИЙМАК УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ПОБУДОВИ СПРЯЖЕНОСТІ ПРОЙМИ	150
Г.П. ЯКИМОВА, Т.М. САДОВНИКОВА СТРУКТУРНІ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ЗАГОТОВКИ ВЗУТТЯ ПРИ ЗВОЛОЖЕННІ ЇЇ В ЕМУЛЬСІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	153
С.С. МАТВІЙЧУК АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБІВ ЗА РАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ	156
С.Г. КУЛЕШОВА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ЧОЛОВІЧОГО ФРАКУ	160
І.Г. ДЕЙНЕКА, А.А. МИЧКО ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ НАДІЙНОСТІ КИСЛОТОЗАХИСНОГО ОДЯГУ	166

Ю.В. КОШЕВКО, О.І. КУЛАКОВ, М.О. КУЩЕВСЬКИЙ РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ СТІЙКИХ ФОРМ ОДЯГУ	170
О.В. ПОПОВИЧ, Д.В. ПРИБЕГА, М.О. КУЩЕВСЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ДІЇ СИЛ ПРИ ФОРМУВАННІ ДЕТАЛЕЙ ОДЯГУ ГІДРОСТРУМІННИМ СПОСОБОМ	174
С.С. ГАРКАВЕНКО МЕТОД ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ АСОРТИМЕНТУ ВЗУТТЯ НА ОСНОВІ ANCOVA-МОДЕЛІ	178
Н.В. ПЕРВАЯ, Э.С. ДРУЖЧЕНКО АНТРОПОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТОП ТАНЦІВНИЦЬ GO-GO	183
М.П. САВЧУК ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАТЕРІАЛІВ ПАРИ ТЕРТЯ НА ПРОЦЕСИ ЇХ ЕЛЕКТРИЗУВАННЯ	186
О.Б. ОЗАДОВСЬКИЙ, В.Ю. ЩЕРБАНЬ, О.З. КОЛИСКО ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ПРИБОЮ ПРИ ФОРМУВАННІ БАГАТОШАРОВИХ ТКАНИН	190
В.П. КОНОВАЛ, Н.М. ОМЕЛЬЧЕНКО, В.П. КЕРНЕСИ МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТОП ЮНАКІВ ТА ДІВЧАТ 15-16 РОКІВ ПІВНІЧНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ	194
О.П. СИРОТЕНКО, А.Л. СЛАВІНСЬКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНЮВАННЯ ПРОЕКЦІЙНИХ ВИМІРІВ ТУЛУБА ЖІНОЧИХ ФІГУР	198
В.І. ЧУПРИНКА, О.О. ХОМЕНКО, Л.Т. СВИСТУНОВА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ РОЗКЛАДОК ЗА СХЕМАМИ З ПРЯМОКУТНИМ СУМІЩЕННЯМ ДЕТАЛЕЙ ТА ЗІ ЗСУВОМ РЯДІВ	201
С.О. ВЕРХОМІЙ, А.Л. СЛАВІНСЬКА РОЗРОБКА КЛАСИФІКАЦІЇ ЧОЛОВІКІВ МОЛОДШОЇ ВІКОВОЇ ГРУПИ ЗА АНТРОПО-ПСИХОЛОГІЧНИМИ ОЗНАКАМИ	207
А.Л. СЛАВІНСЬКА, О.Б. ГАЙДАШЕВСЬКА КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ ОДЯГУ ДЛЯ ДІТЕЙ З ПОРУШЕННЯМИ ОПОРНО – РУХОВОГО АПАРАТУ	211
ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ	
О.П. ЦИМБАЛЕНКО, О.В. СМАЧИЛО, С.А. САЛЮК РЕСТАВРАЦІЯ ШКІР В УМОВАХ ХІМІЧНОГО ЧИЩЕННЯ	215
Г.С. ОЛІЙНИК ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ЛАКОФАРБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ВІТЧИЗНЯНОМУ РИНКУ	219
А.А. РЯБИНИНА, Д.Г. САРИБЕКОВА, А.В. ЕРМОЛАЄВА ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ПОДГОТОВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КИСЛОТОЗАЩИТНОГО ЭФФЕКТА	221
РАДІОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ	
В.С. ОСАДЧУК, Ю.С. КРАВЧЕНКО, О.О. СЕЛЕЦЬКА ОПТИЧНИЙ МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З ФОТОТРАНЗИСТОРОМ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	226
Ю.В. СЕНЧИШИНА УТОЧНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ФАЗОВОГО МЕТОДУ ПОШУКУ ВІДСТАНЕЙ ТА КОЕФІЦІЄНТІВ ВІДБИТТЯ В БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	231

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

С.Г. КОСТОГРИЗ, Г.В. КРАСИЛЬНИКОВА, Г.С. ТКАЧУК МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ВИХОВНОЇ РОБОТИ У ВИЩОМУ ЗАКЛАДІ ОСВІТИ	234
М.М. ДЕМЧИНА, Р.М. ФЕДОРАК, В.І. ШЕКЕТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ	238
І.І. МІТАСОВ, О.В.РУБАН, В.М. РУДНИЦЬКИЙ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СТИСНЕННЯ ДАНИХ	244
М.П. ДИВАК, Є.О. МАРЦЕНЮК, О.Л. КОЗАК МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА УМОВ ІНТЕРВАЛЬНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ В КАНАЛІ ВИМІРЮВАНЬ	249
ВІТАННЯ ЮВІЛЯРУ	255

УДК 620.197

Л.Е. БАЙДИЧ, Ю.А. РОГОЖА
Хмельницький національний університет**КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ АЗОТОВАНИХ ШАРІВ
НА СТАЛЯХ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ рН**

Виконано експериментальні дослідження корозійної стійкості нітридних шарів після азотування в плазмі тліючого розряду (двох режимах) сталей 20 та 45 в інтервалі рН (2÷11). Відмінність корозійної стійкості нітридних шарів на сталях залежить від вмісту азотистої ϵ -Fe₂₋₃N – фази, утворення якої, в свою чергу, залежить від режиму азотування. Виконаний аналіз результатів дослідження дозволяє оптимізувати процес азотування сталей 20 та 45 для підвищення корозійної стійкості.

Experimental researches of corrosive firmness of nitrid layers after nitrogenning in plasma of rotting digit (two modes) of steel 20 and 45 in the interval of pH (2÷11) are executed in the article. The difference of corrosive firmness of nitrid layers on steel depends on maintenance of nitrous ϵ -Fe₂₋₃N – phase formation of which in it's turn depends on the mode of nitrogenning. The executed analysis of research results allows to optimize the process of nitrogenning of steel 20 and 45 for the increase of corrosive firmness.

Ключові слова: корозостійкість, азотування, плазма тліючого розряду.

Не дивлячись на широке впровадження в наше сьогодення полімерних матеріалів, скла, кераміки, основним конструкційним матеріалом залишається залізо та сплави на його основі. Підвищення корозійної стійкості та фізико-механічних властивостей виробів із сталей можливо досягнути багатьма способами. Термодифузійна обробка поверхні металу є одним із таких способів. Азотування – це насичення поверхні металевих деталей азотом для підвищення твердості, зносостійкості, межі втоми і в тому числі корозійної стійкості [1-5].

Метою роботи було визначення корозійної стійкості азотованих шарів на сталях 20 та 45 в широкому інтервалі рН (2÷11), а також визначення впливу фазового складу отриманого нітридного шару на швидкість корозії сталей, одержаних за вакуумно-дифузійною газорозрядною технологією, а саме безводневу азотуванні в плазмі тліючого розряду.

Дана технологія є екологічно чистою, яка при варіаціях режимів азотування забезпечує оптимальну поверхневу міцність та підвищену корозійну стійкість. Інтенсифікація процесу іонного азотування впливає на всі елементарні процеси: утворення дифузійного шару, активацію газової фази, адсорбцію і дифузію. Висока швидкість насичення азотом значно скорочує тривалість процесу та дає можливість азотувати метали (сплави), що мають здатність пасивуватися [1, 6].

Дослідження проводились на зразках сталі 20 та сталі 45, діаметром та висотою 10 мм, поверхні яких шліфувалися ($R_A = 0,25$ мкм), знежирювалися ацетоном, промивалися дистильованою водою та просушувалися при температурі 100 °С. Азотування проводилось в плазмі тліючого розряду в газовому середовищі (Ar 25 % і N₂ 75 %) протягом чотирьох годин за двома режимами:

- 1) температура 520 °С; тиск 240 Па; тривалість процесу 240 хв;
- 2) температура 570 °С; тиск 240 Па; тривалість процесу 240 хв.

Визначення твердості (мікротвердості) азотованих шарів проводилося на мікротвердомірі ПМТ-3. Фазовий склад азотованих шарів на сталях досліджувався за допомогою рентгеноструктурного аналізу з використанням дифрактометра рентгенівського стаціонарного ДРОН-3М.

Для електрохімічних досліджень корозійної стійкості азотованих шарів на сталях використовували трьохелектродну скляну комірку, що містить робочий електрод з одержаним азотованим шаром, допоміжний електрод та електрод порівняння. Виводи електродів під'єднували до відповідних клем потенціостату ПН-50-1.1, значення стаціонарного потенціалу фіксували через 10÷15 хв. після занурення електроду у відповідний розчин (корозійне середовище). Поляризаційні вимірювання проводили за допомогою потенціостату ПН-50-1.1 та програматора ПР-8. Поляризаційні криві реєструвалися на двокоординатному самописці ПДА-1-01.

Поляризаційні анодні та катодні криві знімали при швидкості розгортки потенціалу 5 мВ/с при температурі 20±2 °С. Корозійні показники азотованих (неазотованих) сталей визначали на основі даних поляризаційних вимірів при побудові залежностей потенціалу від логарифму густини струму поблизу стаціонарного потенціалу електроду. По перетину дотичних до прямолінійних ланок поляризаційних кривих у напівлогарифмічних координатах визначали потенціал корозії $E_{кор}$ та густину струму корозії $j_{кор}$. Потенціали електродів представлені у стандартній водневій шкалі.

Оцифрування зареєстрованих поляризаційних кривих виконували у програмному додатку GetData 2.22. Чисельні розрахунки та побудова діаграм були реалізовані за допомогою вбудованих функцій та електронних таблиць MS Excel 2003. При визначенні корозійних показників використовували програму Advanced Grapher 2.08.

Результати експериментальних досліджень

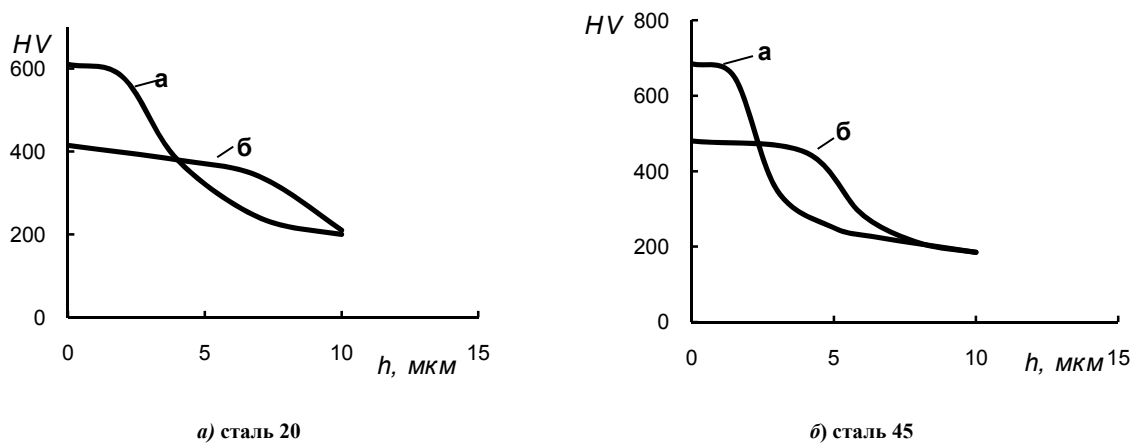
Властивості азотованих шарів після азотування в тліючому розряді за режимами 1, 2 для сталі 20 та сталі 45, а саме мікротвердості по товщині шару наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Мікротвердість азотованого шару на сталях

Сталь 20				Сталь 45			
режим 1		режим 2		режим 1		режим 2	
твердість, HV	товщина, мкм	твердість, HV	товщина, мкм	твердість, HV	товщина, мкм	твердість, HV	товщина, мкм
610	0	415	0	685	0	480	0
580	2	380	4	650	1,5	450	4
380	4	370	7	350	3,0	285	6
240	7	210	10	450	5,0	210	8
200	10	200	12	225	6,5	185	10
180	15	180	15	185	10	180	12
170	18	167	18	180	12	175	15

Характер розподілу твердості нітридного шару за товщиною представлено на рис. 1 (а, б).



а) сталь 20

б) сталь 45

Рис. 1. Криві розподілу мікротвердості за товщиною нітридного шару

Підвищеною корозійною стійкістю азотованих шарів на сталях володіє лише високоазотиста ϵ -Fe_{2,3}N – фаза. Регулюючи параметри іонного азотування, можна отримати дифузійний шар на базі α -твердої розчину без поверхневої нітридної зони, з однофазною зоною γ' -фази і з однофазною зоною ϵ -фази товщиною 5-30 мкм [1].

В табл. 2, 3 і на рис. 2,3 наведені результати рентгеноструктурного аналізу азотованого шару на сталях 20 і 45 за двома режимами, з яких видно, що на поверхні нітридного шару присутні три фази: γ' -Fe₄N, ϵ -Fe_{2,3}N і α -Fe з різною інтенсивністю піків на рентгенограмах.

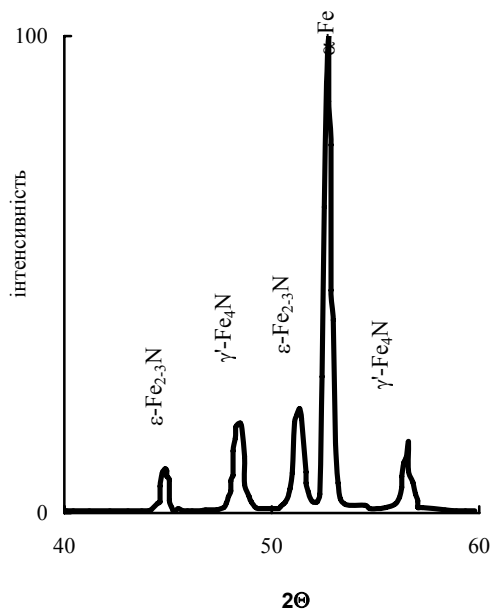
Таблиця 2

Результати рентгеноструктурного аналізу азотованого шару на сталях 20 і 45 в режимі 1

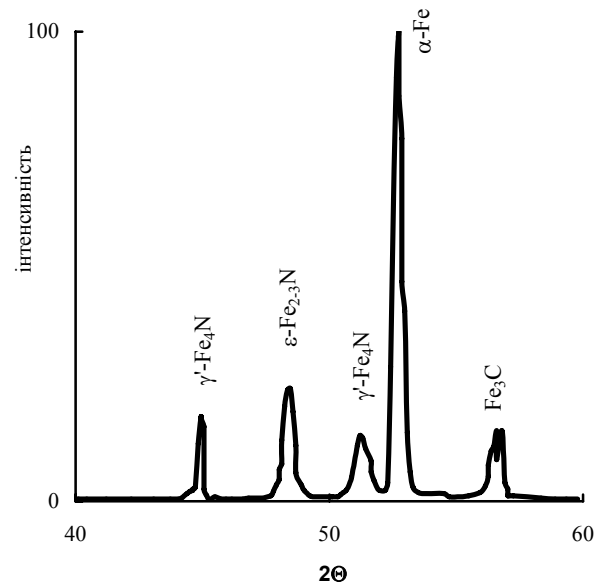
	Лінія	Кут дифракції, 2θ	Відношення міжплощинних відстаней до порядку дифракції, d/n	Інтенсивність	Фаза
сталь 20	1	44,86	2,188	9	ϵ -Fe _{2,3} N
	2	48,27	2,072	18	γ' -Fe ₄ N
	3	51,35	2,051	21	ϵ -Fe _{2,3} N
	4	52,75	2,017	100	α -Fe
	5	56,40	1,894	15	γ' -Fe ₄ N
сталь 45	1	48,30	2,188	24	γ' -Fe ₄ N
	2	51,20	2,072	18	ϵ -Fe _{2,3} N
	3	52,70	2,017	15	γ' -Fe ₄ N
	4	56,40	1,894	100	α -Fe
	5	67,80	1,605	10	Fe ₃ C

Результати рентгеноструктурного аналізу азотованого шару на сталях 20 і 45 при режимі 2

	Лінія	Кут дифракції, 2θ	Відношення міжплощинних відстаней до порядку дифракції, d/n	Інтенсивність	Фаза
сталь 20	1	44,60	2,359	5	Fe_3C
	2	48,30	2,188	30	γ' - Fe_4N
	3	51,00	2,079	14	γ' - Fe_4N
	4	52,60	2,020	100	α -Fe
	5	56,30	1,897	12	Fe_3C
сталь 45	1	48,30	2,188	22	γ' - Fe_4N
	2	51,20	2,072	8	Fe_3C
	3	52,70	2,017	100	α -Fe
	4	56,40	1,894	11	γ' - Fe_4N
	5	68,35	1,605	10	α -Fe

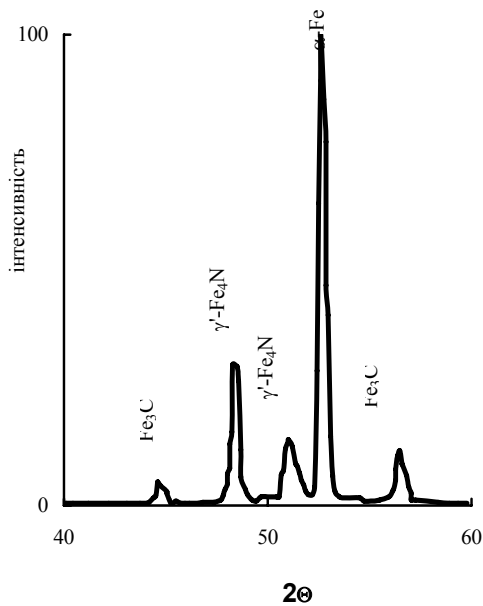


а) сталь 20

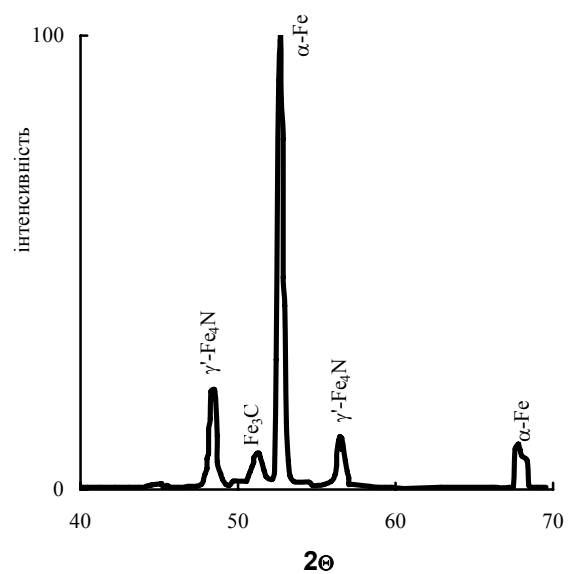


б) сталь 45

Рис. 2. Рентгенограми азотованих шарів отриманих на сталях 20 і 45 в режимі 1



а) сталь 20



б) сталь 45

Рис. 3. Рентгенограми азотованих шарів отриманих на сталях 20 і 45 в режимі 2

Характер формування фаз на сталях 20, 45 пояснюється зміною режиму, а саме температури азотування. З наведених результатів досліджень видно, що при першому режимі на поверхні сталі 20 присутня ϵ -Fe_{2,3}N – фаза, яка відповідно до [1] забезпечує підвищену корозійну стійкість шару, тоді як при другому режимі ϵ -Fe_{2,3}N фаза практично відсутня. Аналогічну картину спостерігаємо і для сталі 45.

Електрохімічні дослідження впливу режиму азотування та рН середовища на корозійну стійкість азотованих зразків сталей 20, 45 та неазотованих зразків проводились зняттям потенціодинамічних анодних (катодних) кривих, які використовували для графічного розрахунку струмів корозії; результати досліджень зведені у таблицю 4.

Таблиця 4

Експериментальні дані струму корозії азотованих сталей 20, 45

рН середовища	Струм корозії, мА/см ²					
	Сталь 20			Сталь 45		
	режим 1	режим 2	неазотований зразок	режим 1	режим 2	неазотований зразок
2	0,0312	0,0426	0,0474	0,0451	0,0552	0,0436
7	0,0243	0,0335	0,0359	0,0279	0,0350	0,0426
11	0,0139	0,0141	0,0214	0,0233	0,0294	0,0362

Паралельно був визначений масовий показник швидкості корозії. Результати розрахунків наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Масовий показник швидкості корозії азотованих сталей 20, 45

рН середовища	Масовий показник швидкості корозії г/ (см ² ·год)					
	Сталь 20			Сталь 45		
	режим 1	режим 2	неазотований зразок	режим 1	режим 2	неазотований зразок
2	0,502	0,627	0,717	0,642	0,793	0,963
7	0,438	0,521	0,648	0,625	0,789	1,012
11	0,337	0,411	0,512	0,591	0,740	0,916

Дослідженням встановлено, що вищу корозійну стійкість мають азотовані шари з наявністю на поверхні ϵ -Fe_{2,3}N – фази (режим 1), яка підвищує корозійну стійкість сталей 20, 45 в 1,2-1,3 рази, а в порівнянні з неазотованими сталями – у 1,4-1,5 разів у широкому діапазоні рН (2 ÷ 11).

Література

1. Лахтин Ю. М. Химико-термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов. – М.: Металлургия. – 1985. – 256 с.
2. Каплун В. Г. Влияние ионного азотирования на сопротивление усталости стали 20 при изгибе / В. Г. Каплун, А. В. Капинос, Ю. И. Бабей // Физико-химическая механика материалов. – 1988. – № 5. – С. 108-109.
3. Каплун В. Г. Коррозионная стойкость стали 45X, азотированной в тлеющем разряде / В. Г. Каплун, А. Е. Рудык, Я. Н. Гладкий, И. М. Пастух, Л. А. Сирина // Защитные покрытия на металлах. – 1987. – вып. 21. – С. 75-77.
4. Износостойкость стали 45X в кислой среде в зависимости от температуры поверхности трения / В.Г. Каплун, А.Е. Рудык, М.С. Стечишин // Проблемы трения и изнашивания: Респ. межвед. сб. – 1987. – Вып. 32. – С. 63-66.
5. Козак С. І. Хімічні основи корозії конструкційних металів / С.І. Козак, М.В. Никипанчук, М.Г. Котур. – Львів: Ліга-Прес, 2001. – 240с.

Надійшла 2.11.2009 р.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІМПУЛЬСНОГО ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПРИВОДУ В ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ВСТАВКИ МЕТАЛЕВОЇ ФУРНІТУРИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Дана загальна характеристика лінійних електричних двигунів. Наведено аналіз різних типів приводів устаткування і обґрунтована актуальність створення вітчизняного високоефективного пресового обладнання з лінійними електричними двигунами в якості приводу, які дають змогу споживати електричну енергію тільки під час виконання технологічної операції.

The general description of linear electric engines is given. The analysis of different types of gears of equipment is resulted and actuality of creation of native high-efficiency press equipment is grounded, with linear electric engines in quality a gear, which enable to consume electric energy only during implementation of technological operation.

Ключові слова: електричні двигуни, прес.

Постановка проблеми

В промисловості відбуваються невиправдані втрати енергії. Основними причинами є неповне завантаження обладнання і його робота в режимі холостого ходу під час виконання технологічного процесу, простоїв, пов'язаних з організаційними та іншими обставинами, і невідповідність енергетичних потужностей обладнання об'єму робіт, що виконуються.

Однією з головних причин невиправданих втрат енергії в легкій промисловості є недосконалість обладнання з точки зору енергетичних втрат. Особливо це відноситься до таких частин обладнання, як приводи. Невідповідність типу приводу, режиму його роботи, потужності та інших характеристик параметрам технологічної операції, яка виконується на обладнанні, призводить до значних втрат енергії [1].

Підприємства легкої промисловості для того, щоб бути конкурентоздатними на внутрішньому і зовнішньому ринку, потребують переоснащення виробничих потужностей за рахунок використання новітнього обладнання.

Кожне підприємство, яке займається пошиттям одягу, випуском взуття і шкіргалантерейних виробів зустрічається із проблемою встановлення металевої фурнітури та вирубанням отворів для цього.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Існує багато видів швейної та взуттєвої фурнітури, яка встановлюється у виробі шляхом розклепування та розвальцьовування. Це люверси, хольнітени, взуттєві блочки, іменні прикраси, взуттєві гачки, галантерейна фурнітура (пуклі, закульпки) та ін. Для їх встановлення використовуються різні засоби, починаючи від ручних (удар молотка) і закінчуючи механічними пристроями. Це нерідко призводить до травматизму на виробництві і зниження якості продукції, що випускається. На сьогоднішній день на ринку представлено різне обладнання для виконання даних операцій.

Найбільше розповсюдження в обладнанні пресової та ударної дії з зворотно-поступальним рухом робочих органів, яке використовується для виконання технологічної операції вставки металевої фурнітури, отримали механічні, електромеханічні і пневматичні приводи.

Обладнання пресової дії з механічним приводом на теперішній час використовується в основному на невеликих швейних підприємствах, в різних ремонтних майстернях та дільницях для вставки практично всіх видів фурнітури.

До основних переваг обладнання з даним видом приводу можна віднести: відсутність живлення від електричної мережі; безшумність роботи; його компактність, малі габарити та масу. До основних недоліків можна віднести неможливість створення збільшених зусиль; можливу втому працюючого при виконанні даної операції; залежність плавності руху та продуктивності від його кваліфікації. Це насамкінець може відобразитися на якості виробу.

Коефіцієнт корисної дії електромеханічного приводу вищий ніж у пневматичного. Легкість керування і гнучкість електромеханічного приводу дозволяють вирішувати різноманітні технічні задачі. Однак, він має і ряд суттєвих недоліків: довгі кінематичні ланки з великою кількістю проміжних ланок; потреба в частому змащуванні; невідповідний режим роботи двигуна зі змінним навантаженням, що обумовлює його низькі енергетичні показники, які прискорюють знос.

Основні переваги пневмоприводу: надійність і довговічність; швидкість спрацювання; простота і економічність, обумовлені технологічним живленням. До основних недоліків пневмоприводу можна віднести можливість виникнення ударних навантажень, які можуть з'явитися в результаті властивості повітря при стисканні накопичувати енергію, яка, в свою чергу, може перетворитися в кінетичну енергію рухомих мас. Цей недолік призводить до необхідності встановлення допоміжних спеціальних засобів, які б могли забезпечити плавність і точність руху робочих органів машини. Також суттєвим недоліком пневмоприводу є і те, що для приведення в дію машини потрібен компресор. На великих фабриках взагалі живлення даного обладнання відбувається стисненим повітрям від загальної компресорної установки. Але в

умовах теперішнього часу, коли зростає кількість малих підприємств, використання централізованого компресора і пневматичної мережі стає недоцільним [2].

Проаналізувавши, електромеханічний і пневматичний приводи, які використовуються в обладнанні для вставки фурнітури, можна прийти до висновку, що для них характерне багатоступеневе перетворення первинної енергії (як правило електричної) в механічну енергію робочого органу. Крім того, загальним недоліком електромеханічного та пневматичного приводів є те, що вони не вимикаються, тобто споживають електричну енергію під час холостих ходів робочих органів машини, а також під час завантаження і розвантаження машини об'єктами обробки. А цей час при виконанні операції вставки фурнітури складає від 70 % до 90 % всього виробничого часу.

Формулювання цілей статті.

Проведений огляд технічної літератури показав, що вітчизняною промисловістю взагалі не випускається обладнання для вставки металевої фурнітури. Основними виробниками даного обладнання є машинобудівні підприємства Росії, Китаю, Туреччини та деяких країн Європи. В пресах використовується механічний, електромеханічний та пневматичний приводи.

В зв'язку з цим актуальним є створення обладнання пресової та ударної дії, що має зворотно-поступальний рух робочих органів при виконанні технологічної операції вставки фурнітури, на іншому енергетичному принципі – безпосередньому перетворенні електричної енергії в кінетичну енергію прямолінійного руху робочого органу. Таке перетворення забезпечують лінійні електричні двигуни (ЛЕД).

Створення високоефективного пресового обладнання з лінійними електричними двигунами, які дають змогу споживати електричну енергію тільки під час виконання технологічної операції, є актуальним завданням.

Виклад основного матеріалу досліджень.

Основним фактором, який визначає конструктивні особливості і технічні можливості ЛЕД, є їх принцип дії. Відповідно до нього лінійні електричні двигуни підрозділяються на наступні основні типи, що отримали найбільше використання в електроприводі: електромагнітні (ЛЕМД), індукційні, електродинамічні, індукційно-динамічні (ЛІДД), магнітоелектричні (ЛМЕД), магнітострикційні і електрострикційні.

Всі вони мають як переваги, так і недоліки один перед іншим та мають різні області застосування. До основних параметрів, які характеризують ЛЕД, відносять: частоту ходів; ККД; питому корисну потужність; питому силу тяги. В роботі [3] приводяться орієнтовні граничні параметри лінійних електродвигунів. Дані граничні параметри наведені в табл. 1. Вони отримані автором даної роботи на основі ЛЕД, що виготовлялися промисловістю та на базі одиничних експериментальних зразків.

Таблиця 1

Граничні параметри лінійних електричних двигунів

Тип ЛЕД	Параметри ЛЕД					
	Тягове зусилля, Н	Переміщення, м	Частота ходів, Гц	Прискорення, м/с ²	Питома корисна потужність, Вт/кг	Питома сила тяги, Н/кг
Електромагнітний	15×10^4	2	600	10^5	50	3×10^3
Індукційний	7×10^4	Не обм.	200	10^6	4	8
Електродинамічний	45×10^4	0,3	15×10^3	5×10^4	5	20
Магнітоелектричний	10^3	3×10^{-2}	15×10^3	5×10^4	3	1
Індукційно-динамічний	15×10^5	5×10^{-2}	60	5×10^4	85	4×10^3
Магнітострикційний	60×10^4	4×10^{-3}	3×10^4	10^{-1}	0,5	50
Електрострикційний	10^4	10^{-3}	15×10^3	10^{-1}	10^2	5×10^2

В роботі [1] обґрунтовано перспективний напрямок створення пресового обладнання з лінійним електричним двигуном для виконання технологічних операцій легкої промисловості. Автором даної роботи використано один із різновидів ЛЕД, а саме ЛЕМД в якості приводу для пресового обладнання, призначеного для виконання операції вирубання взуттєвих матеріалів. Використання даних двигунів дало змогу підвищити ефективність застосування пресового обладнання та поліпшити його техніко-економічні показники. Це наводить на думку про можливість використання лінійних електричних двигунів в якості приводу для обладнання, призначеного для вставки металевої фурнітури.

Операція вставки фурнітури потребує обладнання пресової та ударної дії, в якому робочі органи виконують тільки зворотно-поступальний рух. Нижче наводиться відомий із літературних джерел характер зміни технологічного зусилля. Схема технологічної операції та характер зміни технологічного зусилля в матеріалі при її виконанні представлені на рис. 1.

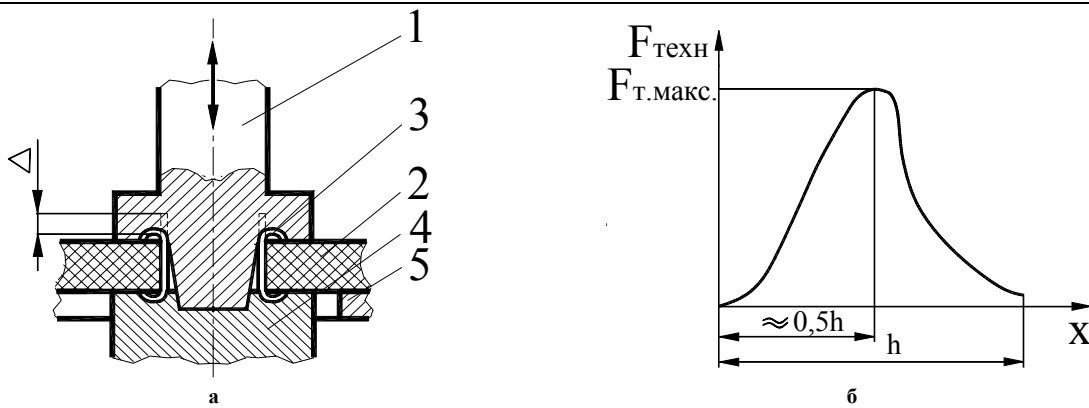


Рис. 1. Схема технологічної операції вставки фурнітури (а) та характер зміни технологічного зусилля $F_{техн}$ в матеріалі (б):
1 – пуансон для розклепування; 2 – заготовка деталі; 3 – фурнітура; 4 – матриця; 5 – плита; h – деформація матеріалу

При розробці конструкції пристрою з електричним приводом, призначеного для виконання даної технологічної операції, в першу чергу, необхідно вибрати його раціональну магнітну систему, тобто підібрати найбільш ефективний тип ЛЕД. Найбільш ефективний тип двигуна можна підібрати за характеристиками самої технологічної операції. Однією з самих важливих характеристик операції являється необхідне технологічне зусилля $F_{техн}$, яке потрібне для її виконання. Іншою характеристикою є необхідний хід робочого органу. Дана операція не потребує великого ходу штоку, який приводить в дію робочий орган пуансон.

Аналіз технічних характеристик існуючого обладнання для вставки металеві фурнітури показав, що хід пуансона в ньому складає від 30 до 150 мм, а сам процес виконання технологічної операції вставки, наприклад, люверса, потребує 3-10 мм. Зазор між пуансоном і матрицею необхідний в основному для зручності встановлення матеріалу з фурнітурою між даними робочими органами [2]. Зусилля, необхідне для розклепування люверса, лежить в межах $1,4 \times 10^3 \text{ Н} \pm 10\%$. Воно залежить в основному від діаметра люверса та матеріалу, з якого він виготовлений. Для встановлення хольнітенів, взуттєвих блочок, заклепок та інших видів фурнітури необхідні практично такі ж самі характеристики обладнання.

Проаналізувавши орієнтовні граничні показники ЛЕД, які наведені в табл. 1 (тягове зусилля, переміщення робочого органу тощо) та розглянуті технологічні характеристики самої операції, можна зробити висновок, що найбільше підходять для її виконання лінійний електромагнітний двигун та лінійний індукційно-динамічний двигун. Вони розвивають найбільші тягові зусилля, мають найбільшу питому корисну потужність (Вт/кг) та питому силу тяги (Н/кг) порівняно з іншими типами двигунів за тих же енерговитратах.

Лінійні електромагнітні двигуни (рис. 2) відрізняються від інших типів лінійних електричних двигунів великою різновидністю конструкцій, габаритними розмірами, споживаною енергією, видом тягових характеристик, а також діапазоном створюваних зусиль і переміщень. ЛЕМД працює наступним чином. При подачі імпульсу напруги з блоку живлення на обмотку двигуна утворюється магнітне поле, яке обумовлює силу, що діє на якір. Під дією цієї сили якір втягується в котушку, яка є одночасно і направляючою для якоря.

За простотою конструкції (рис. 3) ЛІДД наближається до електромагнітного – ЛЕМД. Індуктор 1 з обмоткою збудження 2 виконаний у вигляді циліндра. На циліндричному якорі 3 розміщена неізольована короткозамкнута обмотка у вигляді мідного кільця 4.

При протіканні по котушці збудження імпульсу струму виникає змінний по величині магнітний потік, який наводить в короткозамкненому витку ЕРС. Ця ЕРС обумовлює у витку змінний струм, направлений назустріч струму індуктора. Між контурами, в яких проходить струм у різних напрямках, виникає зусилля, яке прагне відкинути їх один від одного. Оскільки індуктор нерухомо закріплений, якір від нього відштовхується.

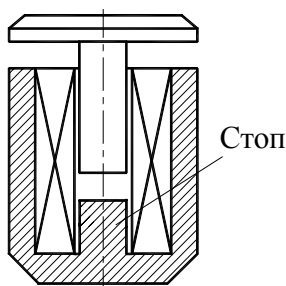


Рис. 2. Принципова схема ЛЕМД

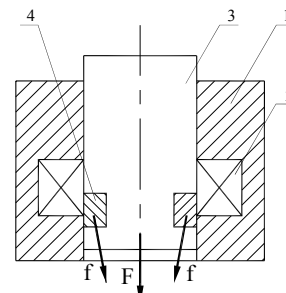


Рис. 3. Принципова схема ЛІДД:
1-індуктор; 2-обмотка збудження;
3-циліндричний якір; 4-мідне кільце

Заслугує уваги використання в якості приводу обладнання для вставки фурнітури і магніто-електричний двигун. По орієнтовних граничних показниках, наведених в табл. 1, ЛМЕД поступається ЛЕМД і ЛІДД, але дані показники були отримані в результаті досліджень, що проводилися автором роботи [3] у 80 – х роках минулого століття. На цей час проблемою було виготовлення самого двигуна через велику вартість та дефіцитність сплавів, які використовувалися для виготовлення постійних магнітів. Тому постійні магніти, які застосовували, мали низьку питому потужність та не забезпечували потрібної надійності. В зв'язку з цим обладнання з магнітоелектричними двигунами практичного використання в якості ударних машин не знаходило. Однак, досягнутий прогрес в області нових сплавів для постійних магнітів, на нашу думку, дозволить використати їх як джерело магнітного поля в машинах даного типу, так як питома магнітна енергія сучасних магнітів може бути більшою, ніж у електромагнітів.

Метою подальшої роботи буде розробка основ проектування високоефективного пресового обладнання з ЛЕД, призначеного для виконання технологічної операції вставки металевої фурнітури, що повинно дати змогу підвищити ефективність його застосування та поліпшити техніко-економічні показники. Для цього необхідно розв'язати наступні задачі:

- встановити тенденції розвитку пресового обладнання з ЛЕД в різних галузях промисловості, на основі яких визначити напрямки підвищення ефективності застосування даного обладнання для виконання даної технологічної операції легкої промисловості;
- виконати експериментальні дослідження для вибору конкретного типу лінійного електричного двигуна із розглянутих типів;
- дослідити саму технологічну операцію вставки металевої фурнітури при використанні люверсів, блочок, хольнітенів тощо з метою отримання більш точних даних про характер зміни технологічного зусилля та визначення його максимального значення;
- дослідити вплив швидкості розклепування фурнітури на якість виробу;
- розробити математичну модель динаміки пресового обладнання з ЛЕД для виконання технологічного процесу вставки металевої фурнітури з метою оптимізації режимів його виконання;
- виконати експериментальні дослідження для підтвердження адекватності математичної моделі в реальних умовах;
- оптимізувати фізичні параметри даного пресового обладнання з урахуванням технологічного зусилля розклепування, динаміки робочого циклу та магнітних процесів, що протікають в двигуні;
- розробити блок живлення для даного обладнання, який би дав змогу точно стабілізувати напругу на ньому, можливість регулювання в широкому діапазоні напруги при використанні ємнісних накопичувачів;
- виявити шляхи поліпшення техніко-економічних показників пресового обладнання з ЛЕД таких як: підвищення коефіцієнту корисної дії, зменшення маси, габаритних розмірів, енерговитрат;
- розробити метод проектування пресового обладнання з лінійним електричним двигуном.

Висновки

В результаті проведеного огляду технічної літератури встановлено перспективний напрямок використання в якості приводу пресового обладнання для виконання операції вставки металевої фурнітури при виготовленні виробів швейної, взуттєвої та шкіргалантерейної галузей лінійних електричних двигунів. Визначено задачі, які необхідно вирішити при проектуванні даного обладнання.

Література

1. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.05.10/ КНУТД. – К.; 2001. – 17с.
2. Поліщук О.С., Польгун О.А., Гурська С.В. Перспективи застосування енергозберігаючого пресового обладнання для вставки металевої фурнітури при виготовленні виробів швейної, взуттєвої та шкіргалантерейної галузей // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2.
3. Ряшенцев Н.П. Электромагнитные прессы. – Новосибирск: Наука, СО, 1989. – 216 с.

Надійшла 14.11.2009 р.

ЕНЕРГООБМІН НА МЕЖІ МЕТАЛ-ГАЗ ПРИ АЗОТУВАННІ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ

Викладені питання теорії формування системи аналітичних показників, які характеризують процеси на межі метал-газ при азотуванні титанових сплавів в тліючому розряді.

The stated questions of the theory to formation of analytical parameters system which characterize processes on border metal – gas at nitriding titanic alloys in a glow discharge.

Ключові слова: азотування, тліючий розряд, енергообмін, аналітичні критерії.

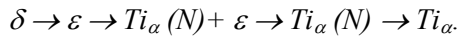
Серед надзвичайно широкого різноманіття сучасних матеріалів, які використовуються в техніці, особливо в її високотехнологічних галузях, титан та його сплави займають важливе місце завдяки фізичним, хімічним та технологічним властивостям, якими він принципово відрізняється від традиційних [1]. Це, насамперед, стосується високої міцності металу в широкому діапазоні температур, хорошою корозійною стійкістю та рядом інших цінних якостей. Негативною якістю титану є його значна реакційна здатність при підвищених температурах до взаємодії майже з усіма газами, у тому числі з киснем, азотом, воднем. Ці гази є шкідливими домішками для титану, вони при значних концентраціях утворюють з ним твердий розчин впровадження та крихкі оксиди, карбіди, нітриди та гідриди, які знижують пластичність та зварюваність титану, проте підвищують його твердість та міцність. На поверхні титану утворюється стійка оксидна плівка, внаслідок чого титан відзначається високим опором корозії у прісній та морській воді та в деяких кислотах, кавітаційній корозії [2].

Значно ширше, ніж технічний титан, використовуються титанові сплави. Легуючі елементи суттєво впливають на температуру поліморфного перетворення. Елементи, які підвищують температуру поліморфного перетворення (Al, O, N), називають α -стабілізаторами, а ті що її понижують (Mo, V, Mn, Cr, Fe) – β -стабілізаторами [3]. Усі промислові сплави титану, як правило, містять Al, який підвищує межу міцності, але зменшує пластичність сплавів. По структурі титанові сплави розділяють на групи: однофазні α -сплави; двофазні α + β -сплави; однофазні β -сплави. Найбільше використання отримали α - та α + β сплави [4]. Сплави з α -структурою (BT1-0, OT4, BT-5, BT-20) характеризуються високою термічною стабільністю і доброю зварюваністю, великою теплоємністю, але вони практично не зміцнюються термообробкою. Їх особливістю є схильність до водневої крихкості. Сплави з (α + β)- структурою (BT3-1, BT8, BT9, BT6, BT22 та інші) містять поряд з Al, який є α -стабілізатором, перехідні метали, котрі підвищують стабільність β -фази і дозволяють фіксувати її при кімнатній температурі. Ці сплави відзначаються хорошим співвідношенням механічних і технологічних властивостей, але для них характерна менша термічна стабільність і погана зварюваність. Сплави з α + β -структурою зміцнюються гартуванням і старінням. Позитивною властивістю цих сплавів є відсутність водневої крихкості, що особливо важливо при динамічних навантаженнях [5, 6]. Однофазні β -сплави практично не використовуються в машинобудуванні, оскільки для отримання стійкої β -структури вони повинні бути леговані достатньо значною кількістю гостродефіцитних β - стабілізаторів (V, Mo, Nb, Ta) [7].

Нітриди титану відзначаються високими твердістю, абразивною здатністю, тугоплавкістю, але і пластичністю при високих температурах [8] Серед цих позитивних властивостей найбільш важливою є висока твердість, яка, в основному, забезпечує підвищення зносостійкості деталей при роботі в абразивному середовищі. Формування нітридів титану проходить, насамперед, завдяки високій спорідненості його до азоту [9]. При взаємодії титанових сплавів з азотом утворюється шар, що складається з нітридної (MeN) та газонасиченої (Me (H)) зон [10]. Азот здатний розчинятися в α - і β - модифікаціях титану, а також утворювати з ним δ - і ϵ - нітриди. Підвищуючи температуру поліморфного перетворення титану, азот значно розширює область існування α -фази і є α -стабілізатором. Азот підвищує міцність та крихкість титану та знижує його пластичність. Вже при вмісті 0,105 мас. % азоту тимчасовий опір руйнування титану складає 842 МПа, що на 203 МПа вище, ніж при звичайному вмісті азоту (0,035 мас. %). Ефект зміцнення титану завдяки азоту зберігається і при підвищених температурах.

Модифікація поверхні титанових сплавів може проводитись різними технологічними методами: термічною обробкою, пластичною деформацією поверхні, хіміко-термічною обробкою при нормальному тиску та у вакуумі, пічним азотуванням та в тліючому розряді, фізичним осадженням в вакуумі (PVD), електроіскровою та лазерною обробкою тощо. Пічне газове азотування відзначається, насамперед, значною тривалістю, проводиться при високій температурі, що спричиняє зниження міцності основи [11]. Крім того зростає шорсткість поверхні. Вказаних недоліків вдається запобігти шляхом застосування азотування в тліючому розряді, особливо у варіанті безводневого [12-14]. Після азотування в тліючому розряді α - та (α + β)- титанових сплавів у широкому інтервалі температур (від 500 до 1000⁰С) на поверхні утворюється тонкий шар мононітриду TiN (δ - фаза), під яким розміщується дифузійна зона значної товщини твердого розчину азоту в α - фазі із надлишковим виділенням ϵ - фази, кількість якої зменшується по мірі віддалення від поверхні, ще на більшій глибині розміщується зона α - твердого розчину азоту. Ефект зміцнення α - та

($\alpha+\beta$)- титанових сплавів зумовлений не тільки утворенням твердого розчину азоту в металі, але й гетерогенізацією структури за рахунок виділення великої кількості високодисперсних включень надлишкової ε - фази [15, 16]. Структура азотованого шару після охолодження до нормальної температури змінюється від поверхні до серцевини зразка наступним чином:



Азотування при температурах нижче температури поліморфного перетворення не змінює структуру α - і δ - твердих розчинів на поверхні, вона мало відрізняється від структури серцевини, фазові границі між азотованою зоною і основою не спостерігаються. Спорідненість між титаном і азотом є рушійною силою для утворення TiN [17]. Саме цей шар, в першу чергу, забезпечує високу зносостійкість модифікованої поверхні. Азотування із застосуванням тліючого розряду дозволяє знизити температуру обробки до 600°C [18].

Теоретичне обґрунтування процесів, які можуть мати місце на межі метал-газ при азотуванні в тліючому розряді, базується на енергетичних підходах [19]. Суть означеної методики полягає в тому, що для реалізації будь-якого елементарного процесу необхідний певний енергетичний рівень часток падаючого потоку з врахуванням умов передачі енергії від них часткам поверхні. Металева поверхня в загальному вигляді включає різні хімічні компоненти, кількість яких задається вмістом компонента по масі K_m . Атомний вміст довільного компонента в металевій поверхні

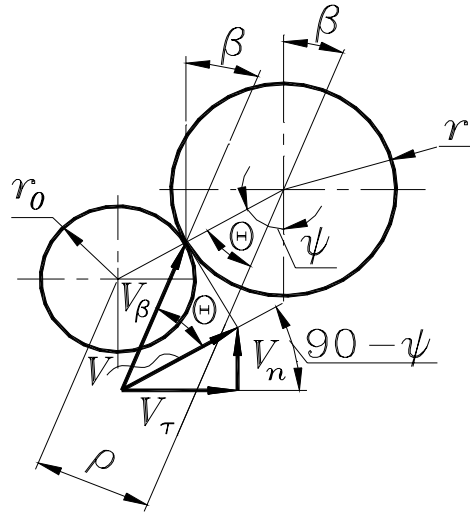


Рис. 1. Геометрія сутички часток падаючого потоку та поверхні

$$K_{Ai} = \frac{K_{mi}/m_{Ai}}{\sum_{i=1}^{Z_K} \frac{K_{mi}}{m_{Ai}}}$$

де Z_K – загальна кількість типів компонентів,
 m_{Ai} – атомна маса певного компонента поверхні.

Імовірність сутички частки падаючого потоку з компонентом поверхні i -го сорту

$$P_{ci} = \frac{K_{Ai} S_i}{\sum_{i=1}^{Z_K} K_{Ai} S_i}$$

де S_i – площа перетину компонента поверхні.

Таким чином, модель енергетичної взаємодії падаючого потоку з поверхнею, котра модифікується азотуванням в тліючому розряді, передбачає сепарацію енергетичного спектру падаючого потоку [20] саме з врахуванням умов енергопередачі на межі метал-газ.

Виходячи з того, що кінетична теорія газів базується на уявленні про молекули як ідеальні абсолютно тверді кулі, то геометрія сутички частки падаючого потоку з часткою металевої поверхні в системі координат вектора поля може відповідати рис. 1, при цьому прийняті наступні позначення: r , r_0 – радіуси часток компонента поверхні та падаючого потоку; β – кут між напрямком траєкторії руху частки падаючого потоку та вектором поля (нормаль до поверхні); ρ – прицільний параметр; V_{β} – швидкість руху частки падаючого потоку; V – проекція швидкості руху на напрямок спільної нормалі до поверхонь часток, які приймають участь в сутичці; V_n – нормальна до поверхні (вздовж вектора поля) складова швидкості; V_{τ} – дотична до поверхні складова швидкості.

Енергія частки падаючого потоку $\varepsilon_{\beta} = mV_{\beta}^2/2$, де m – маса частки.

Проекція швидкості на напрямок спільної нормалі $V = V_{\beta} \cos \theta$, тому енергія взаємодії двох

$$\text{часток при сутичці } \varepsilon = \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_{\beta}^2 \cos^2 \theta}{2} = \varepsilon_{\beta} \cos^2 \theta.$$

Якщо ввести терміни складових енергії взаємодії, які визначаються нормальною складовою швидкості ε_n та дотичною складовою швидкості ε_{τ} , та враховуючи, що $\psi = \theta + \beta$, $90^\circ - \psi = 90^\circ - (\theta + \beta)$, складові швидкості визначаються

$$V_n = V \sin(90 - \phi) = V \sin(90 - (\theta + \beta)) = V \cos(\theta + \beta),$$

$$V_{\tau} = V \cos(90 - \phi) = V \cos(90 - (\theta + \beta)) = V \sin(\theta + \beta).$$

Тоді складові енергії взаємодії

$$\varepsilon_n = \frac{mV_n^2}{2} = \frac{mV^2 \cos^2(\theta + \beta)}{2} = \frac{mV_\beta^2 \cos^2 \theta \cos^2(\theta + \beta)}{2} = \varepsilon_\beta \cos^2 \theta \cos^2(\theta + \beta),$$

$$\varepsilon_\tau = \frac{mV_\tau^2}{2} = \frac{mV^2 \sin^2(\theta + \beta)}{2} = \frac{mV_\beta^2 \cos^2 \theta \sin^2(\theta + \beta)}{2} = \varepsilon_\beta \cos^2 \theta \sin^2(\theta + \beta).$$

З рис. 1 $\frac{\rho}{r_0 + r} = \sin(\phi - \beta)$ і $\rho = (r_0 + r) \sin(\phi - \beta) = (r_0 + r) \sin(\theta)$, тому розподіл імовірності прицільного параметра

$$w_\rho(\rho) = \begin{cases} \frac{1}{2(r_0 + r)} & \text{при } -(r_0 + r) \leq \rho \leq (r_0 + r) \\ 0 & \text{при } \rho < -(r_0 + r) \text{ або } \rho > (r_0 + r) \end{cases}$$

З рівноймовірності прицільного параметра ρ та кута ψ $w_\rho(\rho) d\rho = w_\psi(\psi) d\psi$ розподіл імовірності кута ψ

$$w_\psi(\psi) = \begin{cases} w_\rho(\rho) \frac{d\rho}{d\psi} = \frac{1}{2} \cos(\psi - \beta) & \text{при } |\psi| \leq \frac{\pi}{2} \\ 0 & \text{при } |\psi| > \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

При будь-яких значеннях кута θ складова енергії взаємодії, яка визначається дотичною складовою швидкості, буде впливати на результат енергетичної дії у вигляді розпорощення поверхні. Складова ж енергії, котра визначається нормальною складовою швидкості, при значеннях кута $-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} - \beta$ буде сприяти дифузійним процесам, а також хімічним перетворенням в приповерхневому шарі, якщо ж $\frac{\pi}{2} - \beta < \theta \leq \frac{\pi}{2}$, то вплив складової енергії, яка визначається нормальною складовою швидкості, а вона вже буде направлена від поверхні, призведе до ефекту її розпорощення. Враховуючи імовірнісний характер співвідношення геометричних параметрів взаємодії часток падаючого потоку та поверхні введемо показники, за допомогою яких можливо було б оцінити обидва з названих ефектів.

Коефіцієнт розпорощувального впливу

$$K_{pe} = \int_{-\frac{\pi}{2} + \beta}^{\frac{\pi}{2} + \beta} \frac{1}{2} \cos^3(\phi - \beta) \sin^2 \phi d\phi + \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2} + \beta} \frac{1}{2} \cos^3(\phi - \beta) \cos^2 \phi d\phi.$$

У зв'язку з тим, що $\psi = \theta + \beta$, $\psi - \beta = \theta$, $d\psi = d\theta$, замінимо границі інтегрування для випадку, коли в якості аргументу буде використовуватись кут θ

$$K_{pe} = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{2} \cos^3 \theta \sin^2(\theta + \beta) d\theta + \int_{\frac{\pi}{2} - \beta}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{2} \cos^3 \theta \cos^2(\theta + \beta) d\theta.$$

Аналогічно коефіцієнт дифузійного впливу

$$K_{oe} = \int_{-\frac{\pi}{2} + \beta}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{2} \cos^3(\phi - \beta) \cos^2 \phi d\phi = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2} - \beta} \frac{1}{2} \cos^3 \theta \cos^2(\theta + \beta) d\theta.$$

Загальноприйняте положення, згідно з яким при аналізі впливу будь-якого фактора доцільно визначити суму добутків кількості об'єктів, які володіють певним значенням цього фактора, на значення самого фактора [21, т. 2, с. 91]. В аспекті цього положення стосовно питання про вплив енергетичного фактора на всі процеси, які можуть мати місце на межі газ-металева поверхня, пропонується ввести показник відносного енергетичного фактора (ВЕФ) дії того чи іншого типу, як суми по всіх енергетичних рівнях добутків енергетичного рівня на відносний потік з врахуванням імовірнісних характеристик як енергетичного рівня, так і геометричних параметрів взаємодії часток падаючого потоку та поверхні (включення в термін поняття «відносний» пов'язане з тим, що всі теоретичні викладки стосовно енергетичного спектру падаючого потоку (ЕСПП) базувались на понятті відносного ЕСПП [22]. Відповідно до зазначеного ВЕФ розпорощувальної або дифузійної дії повинен відображатись як розподіл ВЕФ з врахуванням коефіцієнтів розпорощувального або дифузійного впливу. Звідси ВЕФ розпорощувальної дії потоку іонів визначиться

$$F_{sp+} = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\beta_n(\varepsilon_i)} j_{\varepsilon\nu\beta}(\varepsilon_i, \beta) \varepsilon_i K_{pe}(\beta) d\beta = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\beta_n(\varepsilon_i)} \frac{j_{\varepsilon\nu}(\varepsilon_i)}{\beta_n(\varepsilon_i)} \varepsilon_i K_{pe}(\beta) d\beta. \quad (1)$$

Граничний кут β_n визначається за формулою $\beta_n = \arccos \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}$,

де $\varepsilon_1, \varepsilon$ – енергетичний рівень першого від катода прошарку вільного пробігу та поточне значення енергії іонів.

ВЕФ розпорозувальної дії потоку швидких нейтральних часток аналогічно

$$F_{spn} = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\pi/2} j_{\varepsilon\nu n\beta}(\varepsilon_i, \beta) \varepsilon_i K_{pe}(\beta) d\beta = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\pi/2} j_{\varepsilon\nu n}(\varepsilon_i) \cos \beta \varepsilon_i K_{pe}(\beta) d\beta. \quad (2)$$

Загальний ВЕФ розпорозувальної дії $F_{sp} = F_{sp+} + F_{spn}$.

У тих випадках, коли дія енергетичного потоку обмежена деяким мінімальним енергетичним рівнем, наприклад, певна дія не може наступити, поки енергія частки падаючого потоку не досягне цього мінімуму [21, т.2, с. 119], мінімальний індекс в сумах повинен відповідати індексу енергетичного рівня обмеження

$$z_{\min} = \frac{\varepsilon_{\min} z_C}{U},$$

де z_C – кількість енергетичних рівнів, на які розбито енергетичний рівень першого від катода прошарку вільного пробігу;

U – міжелектродна напруга в розрядній камері.

По аналогії з (1) і (2) ВЕФ дифузійної дії для потоків іонів та нейтралів розраховується

$$F_{sd+} = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\beta_n(\varepsilon_i)} j_{\varepsilon\nu\beta}(\varepsilon_i, \beta) \varepsilon_i K_{de}(\beta) d\beta = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\beta_n(\varepsilon_i)} \frac{j_{\varepsilon\nu}(\varepsilon_i)}{\beta_n(\varepsilon_i)} \varepsilon_i K_{de}(\beta) d\beta,$$

$$F_{sdn} = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\pi/2} j_{\varepsilon\nu n\beta}(\varepsilon_i, \beta) \varepsilon_i K_{de}(\beta) d\beta = \sum_{i=0}^{z_c-1} \int_0^{\pi/2} j_{\varepsilon\nu n}(\varepsilon_i) \cos \beta \varepsilon_i K_{de}(\beta) d\beta.$$

$$F_{sd} = F_{sd+} + F_{sdn}.$$

ВЕФ дії на компонент поверхні сорту у повинен визначатись через загальний ВЕФ шляхом множення його на імовірність сутички частки падаючого потоку саме з цим компонентом $F_{sdy} = F_{sp} P_{cy}$,

$$F_{sdy} = F_{sd} P_{cy}.$$

Залежно від енергетичного рівня та характеру сутички результат дії енергетичного фактора може бути різним. Поняття твірної здатності дії енергетичного фактора виходить з того, що різні компоненти газового середовища можуть потенційно забезпечувати різні результати бомбардування:

- адсорбцію часток на поверхні;
- дисоціацію молекул, яка в комбінації однотипних молекула-молекула (атом-атом) може проходити тільки за наявності третього компонента сутички, яким і є поверхня, при цьому енергія дисоціації суттєво зменшується;
- хімічні реакції утворення дифундидів (нітридів, карбідів, боридів тощо), в тому числі і наступних хімічних реакцій фазових перетворень;
- розпорознення елементів поверхні;
- розпорознення адсорбата (частки газу, адсорбованої поверхнею);
- рекомбінацію атомарних та молекулярних іонів, в тому числі і дисоціативного характеру (молекулярні іони азоту);
- дифузію атомарних компонентів середовища, хімічних з'єднань, а також компонентів поверхні в глибину поверхні не тільки за рахунок градієнта концентрації, але і за рахунок ударної дії падаючого потоку.

Крім того, названі процеси можуть мати температурні обмеження, наприклад хімічні процеси утворення дифундидів можуть нівелюватись їх розпадом аж до повного припинення у зв'язку з досягненням поверхнею температури значень, які відповідають температурі розпаду дифундидів певного сорту.

Аналогічним шляхом розроблені аналітичні критерії утворення нітридів в титанових сплавах [23]. Практична апробація системи аналітичних показників, які характеризують процеси на межі метал-газ при азотуванні титанових сплавів в тліючому розряді, показала їх повну адекватність реальним результатам модифікації поверхні [24]. Таким чином, запропоновані критерії та методика їх визначення можуть бути використані для аналізу впливу параметрів технологічного режиму на результати модифікації, що застосовано як для проектування технологічних процесів, так і для їх оптимізації.

Література

1. Гуляев А. П. *Металловедение* / Александр Павлович Гуляев – М.: Металлургия, 1978. – 648 с.

2. Лахтин Ю. М. Материаловедение: [Учебник для вузов] / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990 – 527 с.
3. Белов С. П. Металловедение титана и его сплавов / Белов С. П., Брун М. Я., Глазунов С. Г.: [научное издание]. – М.: Металлургия, 1992. – 352 с.
4. Цвиккер У. Титан и его сплавы / У. Цвиккер: [пер. с нем. под ред. О. П. Елютина и С. Г. Глазунова] – М.: Металлургия, 1979. – 512 с.
5. Титановые сплавы. Металлография титановых сплавов / [Борисова Е. А., Бочвар Г. А., Брун М. Я. и др.]. – М.: Металлургия, 1980. – 464 с.
6. Колачев Б. А. Механические свойства титана и его сплавов / Колачев Б. А., Ливанов В. А., Буханова А. А. – М.: Металлургия, 1974. – 544 с.
7. Джеффи Р. И. Основы металловедения титановых сплавов / Джеффи Р. И.: [пер. с англ. под ред. И. М. Грязнова, Б. Я. Любова, Д. С. Уманского, Б. Н. Финкельштейна] – Москва, 1961. – С. 77-191. – (Успехи физики металлов. IV.).
8. Самсонов Г. В. Нитриды / Григорий Валентинович Самсонов. – К.: Наукова думка, 1969. – 200 с.
9. Лахтин Ю. М. Внутреннее азотирование металлов и сплавов / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1974. – № 3. – С. 20–28.
10. Гольдшмидт Х. Дж. Сплавы внедрения / Х. Дж. Гольдшмидт: [пер. с англ. С.Н. Горина] – М.: Мир, 1971. – Т.1. – 424с.
11. Лахтин Ю. М. Структура и прочность азотированных сплавов / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган. – М.: Металлургия, 1982. – 176 с.
12. Технологические преимущества ионного азотирования деталей машин / Б. Н. Арзамасов, А. В. Виноградов, Л. М. Мулякаев, С. И. Бурдонский // Вестник машиностроения. – 1978. – № 7. – С. 67-71.
13. Каплун В. Г. Научные основы технологии упрочнения деталей машин и инструмента ионным азотированием в безводородных средах: Дис...докт. техн. наук: 05.02.01. – Хмельницкий, 1992. – 450 с.
14. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / И. М. Пастух. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.
15. Панайоти Т. А. Особенности формирования диффузионных слоев при ионном азотировании α - и $(\alpha+\beta)$ – титановых сплавов в интервале температур от 500 до 1000 °С / Т. А. Панайоти, Г. В. Соловьев // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1994. – № 5. – С.34–37.
16. Kembaiyan K. T. Ion nitriding of titanium and Ti-6Al-4V alloy / K. T. Kembaiyan, R. D. Doherty, R. P. Singh, R. Verma // 2nd International conference on ion nitriding/carburizing. – Cincinnati, Ohio. – 1989. – P. 119–139.
17. Muraleedharan T. M. Surface modification of pure titanium and Ti-6Al-4V by intensified plasma ion nitriding / T. M. Muraleedharan, E. I. Meletis // Thin Solid Films. – 1992. – № 221. – P. 104–113.
18. Кашаев Н. Азотирование сплава Ti – 6 % Al – 4 % V в плазме интенсифицированного тлеющего разряда / Н. Кашаев, Х. Шток, П. Майр // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2004. – № 7. – С. 28–33.
19. Пастух І.М. Енергетичний аналіз моделей азотування в тліючому розряді / І.М. Пастух. – Хмельницький: Вісник ХНУ; – 2006; – № 5, С. 7 – 14.
20. Пастух І.М. Енергетичний спектр падаючого потоку при азотуванні в тліючому розряді. – Хмельницький: Вісник ТУП; – 2005. – № 5. – Ч. 1. – Т. 1. – С. 5-15.
21. Герасимов Я. И. Курс физической химии / Я. И. Герасимов. – М.: Химия, 1970, Т. 1 – 592 с.; Т. 2 – 623 с.
22. Пастух І.М. Теоретичні положення енергетичного спектру падаючого потоку в газорозрядних дифузійних технологіях // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький, 2004. – № 5. – С. 19-35.
23. Пастух І.М. Прогнозування формування нітридів в титанових сплавах при азотуванні в тліючому розряді / І.М. Пастух, Н.С. Машовець. – Хмельницький: Вісник ХНУ. – 2007. – № 3. – Т. 2. – С. 28-37.
24. Пастух І.М. Зв'язок аналітичних критеріїв з реальними структурами титанових сплавів, азотованих в тліючому розряді / І.М. Пастух, Н.С. Машовець. – Хмельницький: Вісник ХНУ. – 2008. – № 6. – С. 16-22.

Надійшла 24.11.2009 р.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН З ПОЗИЦІЙ ФРЕТИНГОСТІЙКОСТІ

Проведена класифікація з'єднань деталей машин та їх аналіз з позицій стійкості в умовах фретингу.
Classification of elements by machines connections and their analysis from positions of resistance conditions
fretting is carried out.

Ключові слова: З'єднання, класифікація, фретингостійкість.

Вступ та постановка задачі. Традиційна класифікація з'єднань деталей машин побудована насамперед виходячи з умови технологічності та вимог експлуатації (рис. 1). Різноманітність підходів до вибору критеріїв класифікації, в першу чергу, пояснюється широким спектром застосування цього класу деталей машин [1 – 4]. Дійсно, не тільки будь-яка машина, але і навіть окремий пристрій не можуть не включати той чи інший вид з'єднань.

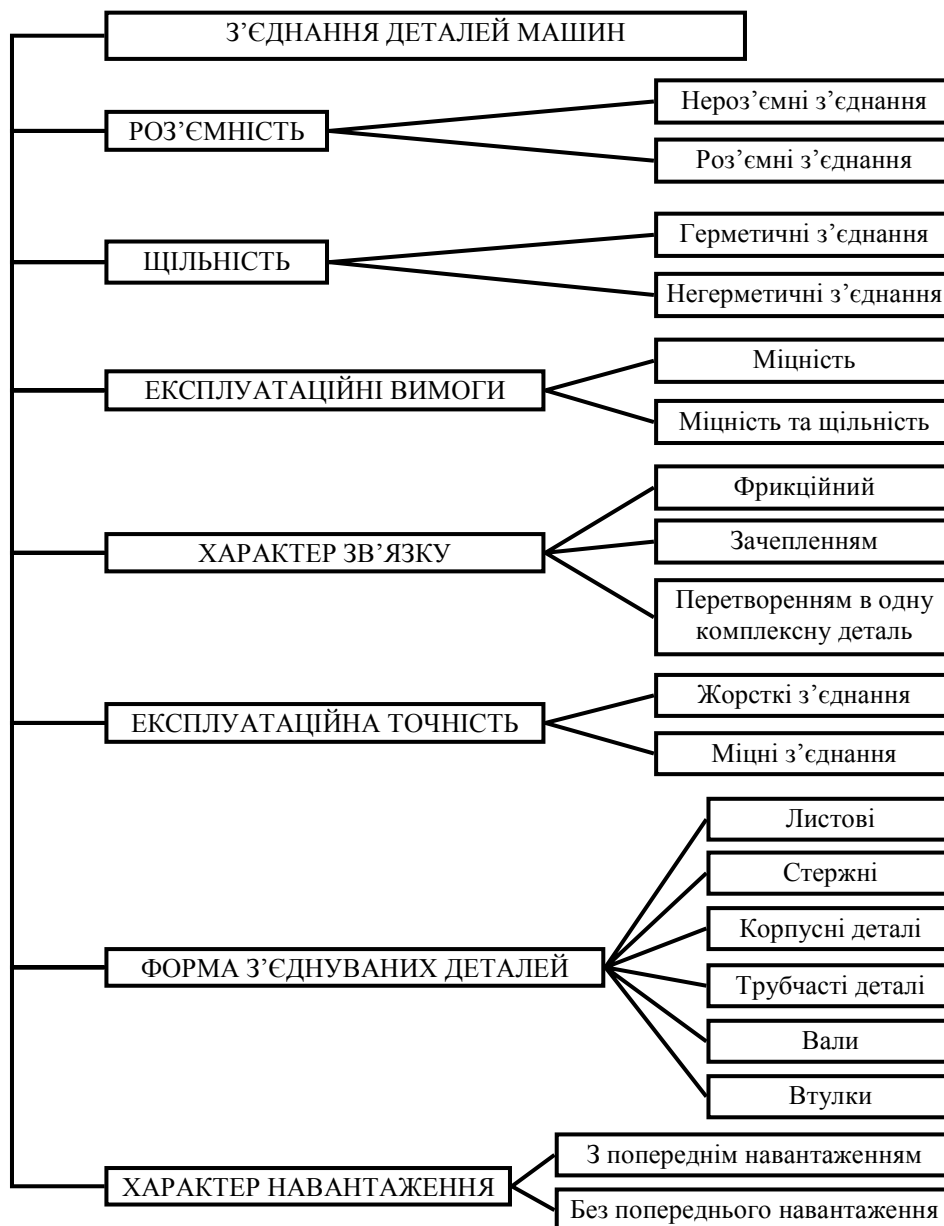


Рис. 1. Класифікація з'єднань деталей машин

Наведена на рис. 1 класифікація, не дивлячись на те, що вона охоплює широкий спектр критеріїв, оскільки об'єднує матеріал, викладений в різних джерелах, абсолютно не відображає вимоги, які пов'язані з фретингостійкістю. Сформулюємо цей критерій як здатність з'єднання в процесі нормальної експлуатації

протягом ресурсного терміну забезпечувати стабільність тиску на поверхні контакту в допустимих і достатніх для виконання своїх функцій межах, а також взаємні переміщення з'єднаних деталей, які б не перевищували допустимі для умовно нерухомого контакту.

Таким чином, з проведеного аналізу випливає задача проаналізувати з'єднання саме за критерієм фретингостійкості, що складатиме суть даної роботи.

Аналіз конструктивних типів з'єднань. Очевидно, що критерію належності до умовно нерухомого контакту відповідатимуть тільки роз'ємні з'єднання деталей машин з попереднім навантаженням. Нероз'ємні види з'єднань (зварні, паяні, клейові) сформовані за принципом характеру зв'язку, який передбачає перетворення групи деталей в одну комплексну за рахунок жорсткого зв'язку без будь-якої можливості переміщень, в тому числі і мікропереміщень. В групі роз'ємних з'єднань, класифікація конструктивних типів яких показана в табл. 1, необхідно провести аналіз з позицій критеріїв, які відображатимуть особливості цих з'єднань стосовно характеру силового замикання при складанні, а також фретингостійкість при різних напрямках мікропереміщень відносно поверхні контакту. Крім того існує група з'єднань, які можна кваліфікувати як умовно роз'ємні або умовно нероз'ємні (залежно від того, який фактор є домінуючим), оскільки в принципі вони можуть в певній мірі відповідати вимозі роз'ємності – допускати неодноразове складання та розбирання, але при цьому експлуатаційні характеристики при повторному збиранні можуть гарантуватись не в повній мірі або й повністю не забезпечуватись; потребують заміни з'єднуваних деталей чи тільки деталей з'єднання. Наприклад, з'єднання з гарантованим натягом в принципі можуть бути розпресовані і повторно зібрані, проте натяг після повторного складання може стати значно меншим або практично бути відсутнім. Заклепочно-стяжні з'єднання відносно легко розбираються видаленням заклепок, які сформовані їх затяжкою, проте повторне використання з'єднувальних деталей неможливе.

Таблиця 1

Класифікація конструктивних типів роз'ємних з'єднань

Роз'ємність	Вид	Конструктивний тип	Напрямок силового замикання при складанні відносно поверхні контакту	Можливий напрямок мікропереміщень стосовно поверхні контакту
Умовно нероз'ємні	Попередньо-напружені	Заклепочні	Перпендикулярно	Паралельно
		Болто-пресові	Перпендикулярно	Будь-який
		Заклепочно-стяжні	Перпендикулярно	Паралельно
	З'єднання з гарантованим натягом	Пресові	Паралельно	Паралельно
		Стяжні	Перпендикулярно	Паралельно
		Термопресові	Перпендикулярно	Паралельно
Роз'ємні	Гвинтові	З попереднім навантаженням	Перпендикулярно	Будь-який
		Без попереднього навантаження	Відсутній	Паралельно
	Фрикційно-гвинтові	Клемові	Перпендикулярно	Паралельно
		За допомогою конічних стяжних елементів	Перпендикулярно	Паралельно
	Клинові та штифтові	З суцільними з'єднувальними деталями	Паралельно	Паралельно
		З розрізними з'єднувальними деталями	Перпендикулярно	Паралельно
	Шпонкові попередньо навантажені	Клинові	Паралельно	Паралельно
		Тангенційні	Перпендикулярно	Будь-який
	Шліцьові	Всі види центрування	Паралельно	Паралельно
	Профільні	Постійного перетину	Відсутній	Паралельно
		Змінного перетину	Паралельно	Паралельно
		Розклинювані профілі	Перпендикулярно	Паралельно

Деякі особливі види з'єднань, що представлені в табл. 1, потребують додаткового розгляду конструкції, оскільки вони використовуються у високотехнологічних галузях, наприклад, авіабудуванні, де питання фретингостійкості часто мають вирішальне значення. Конструкція болто-пресового з'єднання показана на рис. 2. З'єднання збирається за допомогою спеціального болта, який має дві ділянки різьби, менша з яких вкручується в деталь, що забезпечує запресовування конуса. При досягненні певного зусилля запресовування, що регулюється підбором матеріалів та розмірів болта, він руйнується по площадці 1.

Конструкція стяжного з'єднання, яке реалізується за допомогою спеціальних стяжних деталей – планок-анкерів, кілець тощо, показана на рис. 3. Фрикційно-гвинтове з'єднання, в якому силове замикання забезпечується за рахунок конічної втулки, демонструється на рис. 4. При затягуванні гайки розрізна

конічна втулка забезпечує силове замикання по поверхні контакту. З'єднання, в основі якого лежить розрізний елемент, представлено на рис. 5. В неробочому стані діаметр різьбового отвору дещо менший номінального, тому при загвинчуванні гвинта штифт розклинається і забезпечує силове замикання. По аналогічному принципу можуть реалізовуватись профільні з'єднання з розклиненими профілями.

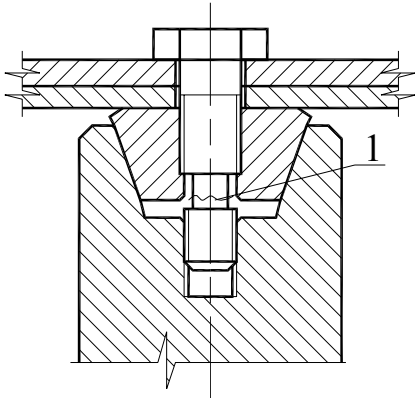


Рис. 2. Схема болто-пресового з'єднання:
1 – площадка руйнування

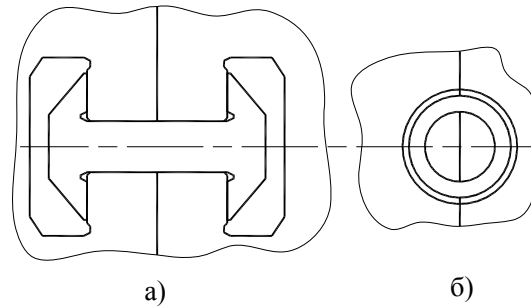


Рис. 3. Схема стяжного з'єднання: а – за допомогою планки-анкера, б – кільця

Аналіз табл. 1 за критерієм напрямку силового замикання має принципове значення при визначенні реальної площі поверхні контакту. Якщо з'єднання складається таким чином, що силова дія на нього направлена по дотичній до поверхні контакту, то при цьому проходить інтенсивний процес руйнування мікропрофілю поверхонь обох з'єднуваних деталей. У випадку порівняно малої величини стандартних параметрів, які характеризують мікропрофіль, їх зміна буде незначною, але величина натягу в з'єднанні мало прогнозована, оскільки частина матеріалу деталей буде знята. В разі ж, коли ці параметри значні, що має місце, наприклад, при спеціальній обробці поверхні з метою підвищення її механічних характеристик, коли ця поверхня підлягає суттєвій модифікації, в тому числі з переплавом, силове замикання в напрямку, дотичному до поверхні контакту, призведе до принципово іншої конфігурації вже макропрофілю. Достовірне прогнозування реальної площі контакту в цьому випадку практично неможливе.

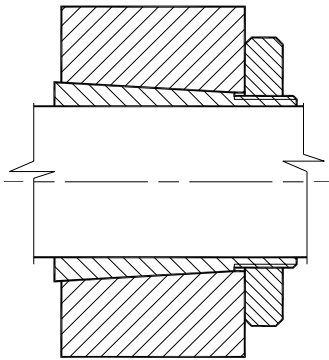


Рис. 4. Схема фрикційно-гвинтового з'єднання

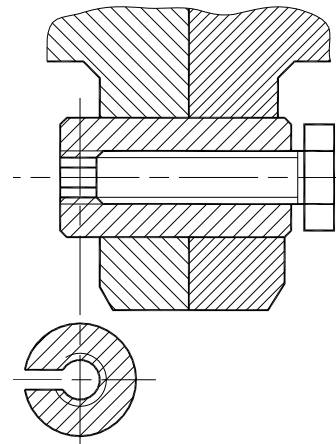


Рис. 5. Схема з'єднання з розрізним штифтом

Якщо ж силове замикання йде в напрямку перпендикулярному поверхні контакту, то визначення реальної площі контакту зводиться до розв'язання контактної задачі при нормальному тиску. Одним з факторів, які можливо необхідно буде передбачити в розрахунковій схемі, є напрямок мікропереміщень в умовно нерухомому контакті, оскільки при наявності переміщень перпендикулярно поверхні контакту буде мати місце його розслаблення як за рахунок того, що в певні проміжки часу зменшаться пружні деформації, так і тому, що непружні не встигатимуть релаксуватися. Слід також звернути увагу на те, що для більшості з'єднань, включених в табл. 1 основним напрямком мікропереміщень в умовно нерухомому контакті є паралельний поверхні контакту.

Висновок. Проведена класифікація з'єднань з позицій фретингостійкості та аналіз за критеріями, які впливають на цей показник, показують, що переважна більшість з'єднань, в яких можуть спостерігатися фретинг-процеси, складаються за схемою силового замикання в напрямку перпендикулярному поверхні контакту, а мікропереміщення в умовно нерухомому контакті, як правило, направлені по дотичній до цієї поверхні. З огляду на це актуальною науково-технічною задачею є дослідження фретингостійкості з'єднань деталей машин, які складаються за схемою забезпечення силового замикання перпендикулярно поверхні контакту.

1. Решетов Д. Н. Детали машин: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1974. – 655 с.
2. Дмитриев В. А. Детали машин. – Л.: Судостроение, – 1970. – 791 с.
3. Детали машин / Добровольский В. А., Заблонский К. И., Мак С. Л., Радчик А. С., Эрлих Л. Б. – К. – М.: Mashgiz. – 1960. – 587 с.
4. Детали машин / Под ред. Н. С. Ачеркана. – Т.1. – М.: Машиностроение. 1968. – 440 с.

Надійшла 14.11.2009 р.

УДК 621.19.10

В.П. РОЙЗМАН, В.П. ТКАЧУК, О.О. НІКІТІН
Хмельницький національний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РІДИННИХ АВТОБАЛАНСИРІВ, ВСТАНОВЛЕНИХ НА РОТОРАХ З ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ

Існуючі експериментальні і теоретичні дослідження роботи рідинних пасивних автобалансирів не розглядають їх роботу при встановленні на горизонтальному роторі. Власний досвід показав, що існують суттєві відмінності між автобалансуванням вертикальних і горизонтальних роторів. В даній статті досліджено поведінку рідини в АБП, встановленому на роторі з горизонтальною віссю обертання, вплив кута нахилу осі обертання до горизонту на ефективність автоматичного балансування, а також досліджено можливість підвищення ефективності роботи АБП шляхом покращення його конструкції.

Present experimental and theoretical researches that study operation of liquid passive auto-balancers don't consider their operation on horizontal rotor. Our own experience testifies essential difference in auto-balancing vertical and horizontal rotors. The paper represents research of: behavior of a liquid in auto-balancing unit (ABU) set on the rotor with horizontal axis of rotation; the effect of incline angle between the axis of rotation and horizon on auto-balancing effectiveness; and also increasing effectiveness of ABU operation by improving its design.

Ключові слова: ротор, автобалансування, швидкісна відеозйомка.

Сучасні методи і засоби балансування дозволяють довести початковий дисбаланс виготовленого або відремонтованого ротора до величини припустимого для заданого класу точності балансування. Однак для машин зі змінним дисбалансом ротора і при зрівноваженні роторів машин без зупинки в експлуатаційних умовах традиційні методи балансування малоефективні. До таких машин належать пральні машини, сепаратори, центрифуги та ін., які використовуються в різних галузях народного господарства (харчовій, хімічній, цукровій, гірничій і т.д.), медицині, побуті. Більшість вище перерахованих роторних машин мають горизонтальну вісь обертання. Періодична зупинка таких машин для добалансування економічно недоцільна, а інколи і неможлива через умови експлуатації. Ротори цих машин необхідно балансувати безпосередньо в процесі експлуатації, а саме необхідне автоматичне балансування з допомогою автобалансуючих пристроїв (АБП).

Перші найпростіші зразки пасивних АБП з'явилися більш 120 років тому. У подальшому були розроблені різні типи таких пристроїв у тому числі і рідинні. Переважна більшість описаних запатентованих і автобалансуючих пристроїв ще ніколи не були реалізовані на практиці і залишилися на рівні неперевіраних ідей. Коригувальна маса – рідина у пасивних автобалансирах – не тільки створює зусилля для балансування ротора, але і є чутливим елементом, що реагує на зміну величини і положення дисбалансу. Огляд сучасного стану теорії і практики автоматичного балансування дозволяє зробити висновок про те, що в існуючій теорії рідинних АБП відсутній аналіз роботи автобалансирів, встановлених на роторах з горизонтальною віссю обертання із врахуванням сили ваги і тертя. Вже перші експерименти по використанню рідинних АБП для автобалансування роторів з горизонтальною віссю обертання виявили ряд особливостей на відзнаку від роторів з вертикальною віссю обертання. Щоб розібратись з цими відмінностями було вирішено провести швидкісну відеозйомку поведінки рідини в камері автобалансира, подібно тому як це було зроблено раніше для ротора з вертикальною віссю обертання [1, 2].

Метою даної статті є дослідження поведінки рідини в АБП, встановленого на роторі з горизонтальною віссю обертання, ефективності зниження вібрацій пасивними автобалансирами та впливу кута нахилу осі обертання до горизонту на процес автоматичного балансування, а також дослідження можливості підвищення ефективності роботи АБП шляхом покращення його конструкції.

Експериментальна установка для дослідження роботи рідинного АБП була розроблена на базі прально-віджимної машини "В'ятка-автомат" і представляє собою жорсткий консольний горизонтальний ротор у вигляді пустотілого циліндра, виготовленого із нержавіючої сталі з днищем на одному кінці, що забезпечує необхідну жорсткість ротора. Конструкція установки представлена на рис. 1. Ротор 1 через підшипники кочення 3 зв'язаний з жорстким барабаном 2, який, в свою чергу, через пружні елементи 5 зв'язаний з корпусом пральної машини 4. Таку конструкцію має велика кількість пральних машин іноземного виробництва. Найбільш розповсюдженими моделями в світовому господарстві на сьогоднішній

день є: Whirlpool AWO/D 43115, Indesit WIL 105 EX, Bosch WAA 16160 OE, Electrolux EWF 10470 W, Ariston AQXL 105 CS1 та багато інших. З метою зменшення ступенів вільності ротора установки він додатково зв'язаний із корпусом за допомогою підшипника кочення 6, який дозволяє виконувати прецесійні рухи. Дана коливальна система має 3 ступені вільності (власна частота коливальної системи становить 6 Гц). На вільному кінці ротора закріпленій автобалансир 7, який торцем кріпиться до ротора.

Привід ротора здійснюється синхронним електродвигуном 8 з потужністю на валові 180 Вт через понижуючу клинопасову передачу 9. Двигун живиться змінним струмом, напругу якого можна змінювати в широкому діапазоні за допомогою автотрансформатора із системою керування. Завдяки цьому установка дозволяє задавати обертання ротору з різними частотами, що лежать у діапазоні від 0 до 18 Гц (від 0 до 1080 об/хв), задавати різні кутові прискорення при розгоні ротора, зупинятися в докритичній, критичній і закритичній зонах обертання ротора на заданий час з метою детальних досліджень роботи АБП.

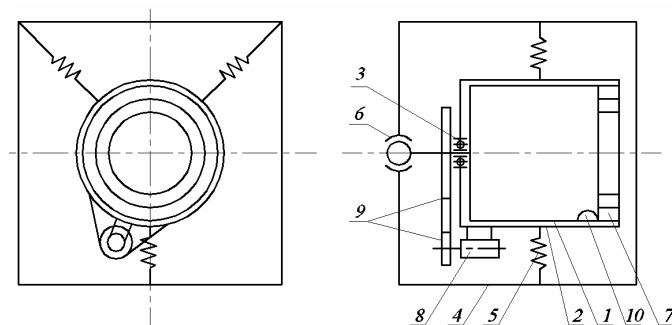


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – ротор; 2 – барабан; 3 – підшипник кочення; 4 – корпус; 5 – пружні елементи; 6 – підшипник кочення; 7 – автобалансир; 8 – двигун; 9 – клинопасова передача; 10 – дисбаланс

Макет АБП виготовлено із оптично прозорого матеріалу (акрил прозорий), який дозволяє візуально і з допомогою сучасних засобів відеозйомки прослідкувати поведінку рідини в камері АБП на всіх режимах обертання ротора. Автобалансир представляє собою кільце із зовнішнім діаметром 400 мм, внутрішнім діаметром 300 мм і кільцевою перегородкою діаметром 350 мм, які утворюють дві концентричні, герметичні камери для розміщення в них робочих тіл. Загальний вигляд макета АБП зображений на рис. 2.

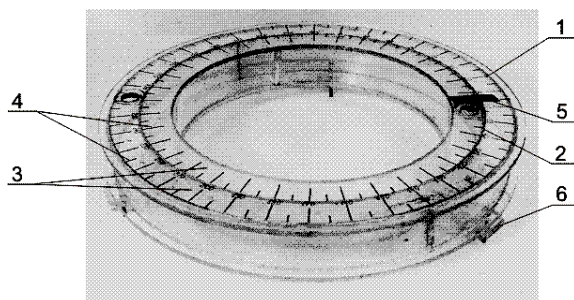


Рис. 2. Макет АБП: 1 – кільце; 2 – перегородка; 3 – концентричні камери; 4 – шкала; 5 – кольорова смужка; 6 – фіксатор

Оцінку ефективності автобалансування виконано за зміною вібропереміщення переднього (вільного) краю барабана – зі сторони встановлення АБП на барабані (роторі) рис. 3. Вимірювання вібрацій виконувалось за допомогою вібровимірювальної апаратури, яка складалась із вібровимірювального пристрою ПИ-19 із набором акселерометрів і шлейфового осцилографа Н071.4М. Для спрощення розшифровки записів вібровимірювальної апаратури був застосований відмітник обертів (датчик Хола) рис. 3. Пасивний рідинний автобалансир жорстко закріплювався на роторі.

Для виключення впливу монтажного дисбалансу ротора і АБП на одержувані результати перед проведенням досліджень виконали його балансування на робочих обертах методом обходу вантажем [3]. Критерієм максимального значення маси штучного дисбалансу вважали той, при якому амплітуда вібрацій досягала 30 мм. Виходячи із прийнятого критерію, встановили масу дисбалансу, що дорівнює 50 г. Дисбаланс ротора склав 1000 г·см.

Для процесу автобалансування рідиною горизонтального ротора необхідно, щоб рідина “включилась” в обертання роторної системи. На відміну від вертикального ротора це “включення” відбувається пізніше внаслідок дії сили ваги. Тому першим етапом експериментальних досліджень поведінки рідини в камері АБП було дослідження процесу “включення” рідини в обертаний рух автобалансира при розгоні ротора.

Дослідження поведінки рідини в АБП виконувалось за допомогою швидкісної відеозйомки на стенді рис. 3, який включав в себе наступну апаратуру:

- відеокамера Panasonic 9000;
- відеомагнітофон Panasonic NC-NC 1000;

- світильники з галогенними лампами потужністю по 1000 Вт кожна;
- персональний комп'ютер Pentium III-713 з відеокартою відеозахвату Rialvision 1-4 МА. Відеокамера розміщувалась горизонтально (фронтально АБП) по осі обертання ротора.

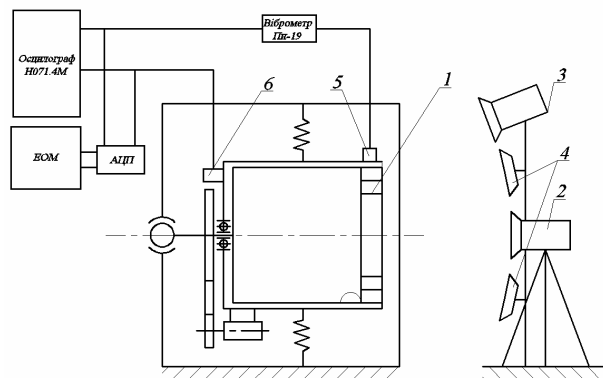


Рис. 3. Схема стенда для дослідження поведінки робочих тіл в АБП: 1 – АБП; 2 – відеокамера; 3 – стробоскоп; 4 – лампи освітлення; 5 – акселерометр; 6 – відмітник обертів

Методика проведення досліджень з допомогою швидкісної відеозйомки поведінки рідини в камері АБП на горизонтальному роторі включала в себе:

- визначення необхідної швидкості руху магнітної відеоплівки;
- визначення оптимального положення відеокамери (кута огляду і відстані до АБП);
- пробні запуски всієї системи для узгодження взаємодії її окремих вузлів;
- синхронний запис на відеоплівку положення рідини в АБП та осцилографічну плівку сигналів вібродатчика і відмітника обертів.

Під час експериментальних досліджень було встановлено, що для процесу автобалансування рідиною горизонтального ротора, на відзнаку від вертикального, необхідно, щоб рідина “включилась” в обертання роторної системи. Це “включення” в роботу відбувається не відразу внаслідок дії сили ваги. Тому першим етапом експериментальних досліджень поведінки рідини в камері АБП є дослідження процесу “включення” рідини в обертотворний рух автобалансира.

За результатами відеоспостережень поведінки рідини при розгоні ротора було виділено 4 режими руху рідини в АБП.

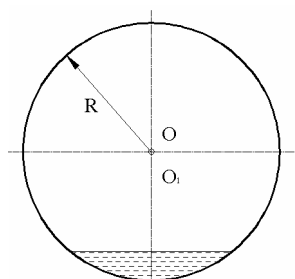


Рис. 4. Положення рідини в камері АБП при першому режимі

Перший режим має місце на початку руху АБП за малих обертів ротора. Рідина не приймає участі в обертанні ротора і займає стаке положення майже навколо нижньої вертикальної точки камери (рис. 4). При цьому режимі має місце проковзування камери АБП відносно рідини.

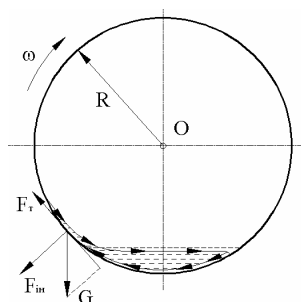


Рис. 5. Циркуляційний рух рідини в камері АБП

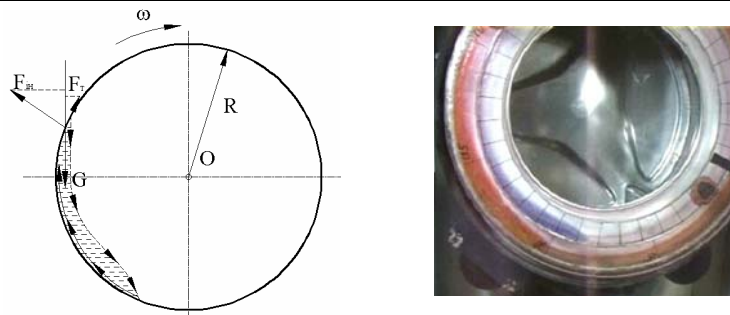


Рис. 6. „Зрив” рідини в камері АБП

Другий режим – режим циркуляційного руху рідини. Спостерігається при подальшому збільшенні кутової швидкості ротора з АБП (рис. 5). За цього режиму рідина здійснює циркуляційний рух із зсувом центру мас в бік обертового руху АБП. Зміщення центра мас відбувається наступним чином. Автобалансир, що обертається з кутовою швидкістю ω , захоплює шар рідини, який граничить із стінкою АБП, внаслідок дії сили тертя між стінкою і рідиною. Захоплена рідина рухається разом із автобалансуючим пристроєм по колу до тих пір, поки проекція сили ваги на дотичну, проведена до стінки АБП через точку контакту з рідиною, не переважає силу тертя (рис 5). Проекція відцентрової сили на дотичну дорівнює 0. В момент, коли проекція сили ваги буде більшою за силу тертя, відбувається відрив рідини від стінок АБП і вона по поверхневому шару стікає у нижню вертикальну точку. Тонкі шари рідини, які граничать із стінками АБП, підіймаються разом із автобалансуючим пристроєм, а згодом стікаючи по поверхневому шарові, поступово приводять в рух всю рідину змушуючи її циркулювати. Сектор, який займає рідина, а, отже, і центр мас рідини при цьому зміщується відносно свого початкового положення рівноваги в сторону обертання ротора. За цього режиму не виникає розриву об'єму рідини, а лише відносне переміщення її шарів. При малій силі тертя, рідина, яка рухається вниз по поверхневому шарові, очевидно, б проходила нижню точку і по інерції підіймалась по стінці автобалансира на деяку висоту. Загалом рідина б здійснювала коливальні рухи із зміщенням центра мас.

Третій режим – зрив рідини (рис. 6). Спостерігається із подальшим зростанням кутової швидкості ротора з АБП. Сектор, який займає рідина, зміщується відносно початкового положення на кут, трошки більший 90° . Рідина продовжує циркуляційний рух, але вже з відривом частинок від стінок автобалансира і загального об'єму у верхній точці. Після відриву відбувається падіння частинок на вільну поверхню рідини і стікання їх у нижню точку, в якій рідина знову контактує із стінкою АБП. Під час цього режиму відбувається розрив вільної поверхні рідини. Очевидно при малій силі тертя між рідиною і камерою АБП ми спостерігали б також, як і в попередньому режимі, маятникові коливання рідини, але із розривом її вільної поверхні.

Четвертий режим – режим захоплення рідини. Він має місце після 3-го режиму, коли векторна сума відцентрової сили і сили тертя перевищує силу тяжіння. При четвертому режимі, рідина при наявності дисбалансу, розташовується навпроти нього і припиняє свій рух відносно АБП (рис. 7). Таким чином кутова швидкість, при якій відбувається захоплення рідини, відповідає мінімальному значенню кутової швидкості, при якому можливе автобалансування рідинним АБП горизонтального ротора.

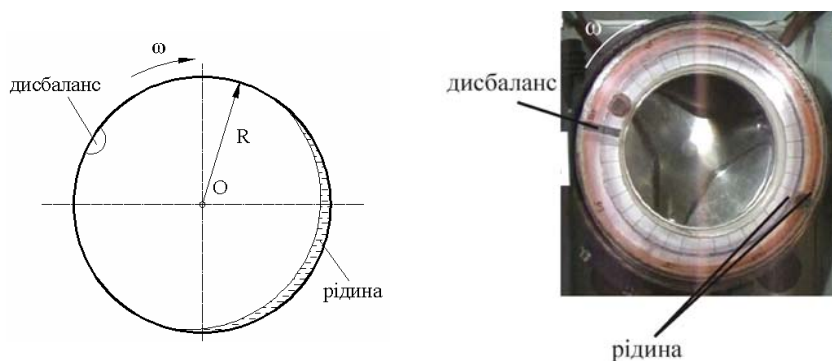


Рис. 7. „Захоплення” рідини камерою АБП

Експериментально встановлена кутова швидкість захоплення рідини для даної установки $\omega_3 = 24 \text{ c}^{-1}$.

Наступним кроком було експериментальне дослідження поведінки рідини в автобалансирі, встановленому на горизонтальному роторі, що обертається із постійними дорезонансною, резонансною і зарезонансною швидкостями обертання та встановлення залежності ефективності автобалансування від об'єму рідини і конструкції автобалансира.

Резонансна швидкість обертання ротора складає $\omega_p = 37 \text{ c}^{-1}$ (6 Гц). Для дослідження поведінки робочих тіл в АБП на дорезонансних, резонансних і зарезонансних частотах обертання ротора, останньому задавались і витримувались кутові швидкості $0,75 \omega_p$ (дорезонансна зона), ω_p (резонансна зона), $1,5\omega_p$

(зарезонансна зона).

Відеокамера разом з апаратурою вмикалась після вистою ротора на заданій частоті обертання протягом від 10 до 15 с, коли положення рідини відносно відміток на корпусі АБП стабілізувалось.

Сумісна обробка відеозаписів і осцилографічних плівок показала, що при виході ротора на постійну швидкість обертання рідина прагне зайняти положення навпроти дисбалансу і зрівноважити ротор. Як показала відеозйомка, вже на частоті 4,5 Гц ($\omega=28 \text{ с}^{-1}$), яка відповідає дорезонансній частоті обертання ротора, на постійних обертах рідина встановлюється майже навпроти дисбалансу ротора. На рис. 8-10 представлені зразки записів із відеоплівки розміщення рідини, які відповідають дорезонансній частоті обертання ротора $\omega=28 \text{ с}^{-1}$, резонансній частоті обертання ротора, яка дорівнює $\omega=37 \text{ с}^{-1}$ і зарезонансній – $\omega=55 \text{ с}^{-1}$.

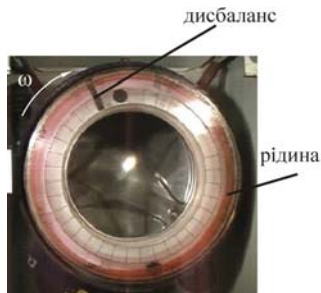


Рис. 8. Розміщення рідини в АБП при кутовій швидкості $\omega=28 \text{ с}^{-1}$

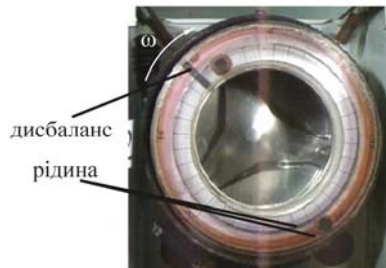


Рис. 9. Розміщення рідини в АБП при кутовій швидкості $\omega=37 \text{ с}^{-1}$

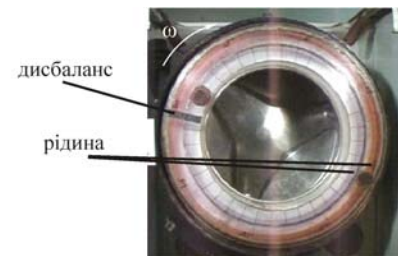


Рис. 10. Розміщення рідини в АБП при кутовій швидкості $\omega=55 \text{ с}^{-1}$

Таким чином, відеозаписи положення рідини наглядно підтвердили, що рідина намагається розміститись навпроти дисбалансу і дозрівноважити ротор не лише на зарезонансних частотах обертання, але і на резонансі, а також і на дорезонансних частотах обертання.

Рідина, яка залита в різні, герметично ізольовані камери, працює однаково (рис. 9, 10). Товщина шару рідини h , який приймає участь у зрівноваженні ротора не може перевищувати двох ексцентриситетів ротора ($2e$) [4]. Це показує, що багатокамерне АБП буде працювати ефективніше, так як рідина в кожній камері буде намагатись встановитись навпроти дисбалансу і дозрівноважити ротор. Для перевірки цього ствердження було проведено серію експериментів по автобалансуванню розбалансованого ротора (дисбаланс ротора 1000 г·см) за допомогою рідинного АБП при заповненні однієї і двох камер різними об'ємами рідини. Отримані результати представлені у вигляді таблиць 1 і 2.

Таблиця 1

Вібропереміщення (мм) переднього краю бака установки (при використанні однієї камери АБП)

Дисбаланс ротора	Кутова швидкість руху ротора		
	$\omega=28 \text{ с}^{-1}$	$\omega=37 \text{ с}^{-1}$	$\omega=55 \text{ с}^{-1}$
$m_d = 0 \text{ г}; v = 0$	6	13	4
$m_d = 100 \text{ г}; v = 0 \text{ мл}$	13	33	18
$m_d = 100 \text{ г}; v = 25 \text{ мл}$	12	27	14
$m_d = 100 \text{ г}; v = 50 \text{ мл}$	11	24	10
$m_d = 100 \text{ г}; v = 100 \text{ мл}$	12	28	11
$m_d = 100 \text{ г}; v = 150 \text{ мл}$	13	29	12

m_d – маса дисбалансу ротора в грамах; v – об'єм води (мл) в камері АБП

Таблиця 2

Вібропереміщення (мм) переднього краю бака установки (при використанні двох камер АБП)

Дисбаланс ротора	Кутова швидкість руху ротора		
	$\omega=28 \text{ с}^{-1}$	$\omega=37 \text{ с}^{-1}$	$\omega=55 \text{ с}^{-1}$
$m_d = 0 \text{ г}; v = 0$	6	13	4
$m_d = 100 \text{ г}; v = 0 \text{ мл}$	13	33	18
$m_d = 100 \text{ г}; v = 25 \text{ мл}$	10	22	7
$m_d = 100 \text{ г}; v = 50 \text{ мл}$	10	20	8
$m_d = 100 \text{ г}; v = 100 \text{ мл}$	12	23	9
$m_d = 100 \text{ г}; v = 150 \text{ мл}$	13	29	10

m_d – маса дисбалансу ротора в грамах; v – об'єм води (мл) в кожній камері АБП

Аналіз вібропереміщення розбалансованого ротора, який обертається з постійною кутовою швидкістю, із частковим заповненням однієї і двох камер АБП дозволив встановити що багатокамерні автобалансири є більш ефективні.

Наступним етапом експериментальних досліджень було дослідження впливу кута нахилу осі

обертання ротора до горизонту на ефективність автобалансування (рис. 11).

Дослідження впливу кута нахилу виконували при різних положеннях осі обертання ротора відносно горизонту (0° , 30° , 45° , 60° і 90°) в наступній послідовності:

- відбалансували ротор і записали його вібрації на робочих обертах $\omega=55 \text{ с}^{-1}$ (вісь обертання ротора була розміщена горизонтально ($\alpha = 0^\circ$);

- розбалансували ротор шляхом закріплення на ньому вантажу масою 50 г ($D=100 \text{ г-см}$) і записали його вібрації на робочих обертах $\omega=55 \text{ с}^{-1}$;

- не змінюючи дисбалансу ротора, зовнішню камеру АБП частково наповнили рідиною об'ємом 50 мл і записали його вібрації при $\omega=55 \text{ с}^{-1}$;

- не змінюючи дисбалансу ротора і об'єму рідини в камері АБП, записали його вібрації на робочих обертах при різних кутах нахилу осі обертання до горизонту ($\alpha = 30^\circ$, 45° , 60° , 90°).

Результати експериментальних досліджень, представлені у вигляді таблиці 3, показали, що із зменшенням кута нахилу осі обертання ефективність автобалансування зменшується. Таким чином було встановлено, що застосування рідинних автобалансирів на роторах з горизонтальною віссю обертання дозволяє знизити вібрації ротора, але це зниження в порівнянні із вертикальним ротором є дещо меншим.

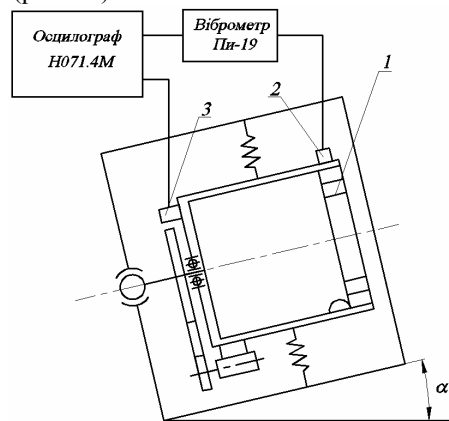


Рис. 11. Схематичне зображення експериментальної установки: 1 – автобалансир; 2 – вібрдатчик; 3 – відмітник обертів

Таблиця 3

Вібропереміщення (мм) переднього краю бака установки при кутовій швидкості обертання ротора $\omega=55 \text{ с}^{-1}$

Дисбаланс ротора	Кут нахилу осі обертання ротора до горизонту				
	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=90^\circ$
$m_d = 0 \text{ г}; v = 0$	4	4	4	4	4
$m_d = 100 \text{ г}; v = 0 \text{ мл}$	18	18	18	18	18
$m_d = 100 \text{ г}; v = 50 \text{ мл}$	10	9	8	7	7

m_d – маса дисбалансу ротора в грамах; v – об'єм води (мл) в камері АБП

З метою збільшення діапазону роботи АБП, встановленого на горизонтальному роторі, за рахунок зниження кутової швидкості захвату рідини було створено автобалансир з радіальними перегородками рис. 12. Перегородки розділяють камеру АБП на окремі сектори (судини), які по периферії з'єднані між собою тонким каналом. Під час обертання розгону ротора рідина, не встигає перетікати в сусідні камери. Перегородки утримують її змушуючи обертатись разом із камерою і рівномірно розподіляться по колу автобалансира поки не відбудеться захоплення. Під час автобалансування рідина, яка відкинута до зовнішньої стінки камери, може вільно перетікати із однієї судини в іншу і встановлюватись навпроти дисбалансу.

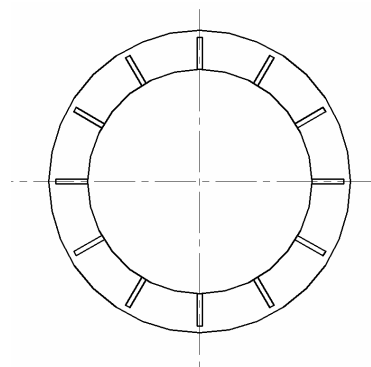
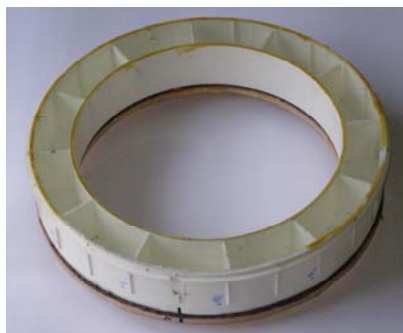


Рис. 12. Конструкція АБП з перегородками

Таким чином загалом конструкція автобалансира є системою судин сполучених каналом, що виконує роль дроселя при перетіканні рідини із однієї комірки в іншу. Вода при розгоні ротора не встигає перетікати в сусідні судини. Перегородки утримують її змушуючи обертатись разом із камерою АБП по колу до захоплення. Під час автобалансування рідина перетікає через канал і розташовується навпроти дисбалансу.

З метою перевірки ефективності роботи АБП такої конструкції, було проведено порівняльні експериментальні дослідження на попередньо створеному стенді рис. 1 із застосуванням методу швидкісної відеозйомки.

Під час проведення відеозйомки в кадрі перебував електронний годинник то вдалось зафіксувати час і визначити кутову швидкість захвату рідини камерою АБП з перегородками і без. Фрагмент відеозйомки захвату рідини камерою АБП з перегородками зображено на рис. 13.

Загалом конструкція автобалансира є система судин сполучених каналом, який виконує роль дроселя при перетіканні рідини із однієї комірки в іншу, а сила тертя між рідиною і камерою АБП впливає на кутову швидкість захоплення рідини, то застосування автобалансира з перегородками дозволило зменшити мінімальну кутову швидкість, при якій відбувається захоплення рідини з $\omega_3=24 \text{ c}^{-1}$ до $\omega_3=19 \text{ c}^{-1}$. Хоча суттєво знизити кутову швидкість захоплення рідини не вдалось проте час розгону ротора до робочих обертів знизився з 15 до 8 с.

Під час проведення експериментів було помічено, що автобалансир з перегородками проходить резонанс із значно меншими вібраціями. Тому було проведено додаткові експериментальні дослідження ефективності автобалансування рідинним АБП з перегородками і без.

За матеріалами досліджень вдалось встановити, що ротор із встановленим на ньому АБП без перегородок не може пройти резонанс, якщо автобалансир заповнити рідиною, об'єм якої більший або дорівнює 500 мл. На перехідних режимах а саме при розгоні ротора, особливо під час проходження резонансу, через відставання площини прогину від площини дисбалансу рідина перебуває в русі відносно АБП та змінює своє положення. Рухаючись за інерцією рідина може співпадати із положенням дисбалансу, що, в свою чергу, призводить до збільшення вібрацій. Це особливо небезпечно при наповненні автобалансира великим об'ємом рідини. При застосуванні автобалансира з перегородками таких проблем не виникає оскільки вузький канал виконує роль дроселя і ротор легко проходить резонанс навіть при наповненні камери АБП рідиною об'ємом 1000 мл. У випадку, якщо при проходженні резонансу рідина ще не встигла встановитись навпроти дисбалансу, то при наявності перегородок вона розподіляється більш рівномірним шаром і не впливає на вібрації ротора.

В машинах зі змінним дисбалансом ротора неможливо передбачити величину незрівноваженості під час виконання кожної технологічної операції [5]. Тому об'єм рідини в камері повинен бути таким, що зможе зрівноважити найбільший можливий дисбаланс. Однак як було встановлено при великих об'ємах рідини в АБП без перегородок на резонансі виникають великі вібрації ротора, тому автобалансири з перегородками є більш ефективними оскільки при їх застосуванні таких проблем не виникає.



Рис. 13. Фрагмент відеозйомки захвату рідини камерою АБП з перегородками

Література

1. Експериментальні дослідження роботи автобалансира / Ройзман В.П., Малигін О.В., Чоловський Р.Г., Борко І.В // Сборник трудов II междунар. конференции «Динамика роторных систем». – г. Каменец-Подольский. – 1998. – С. 91-96.
2. Драч І.В. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу балансування роторів з вертикальною віссю обертання рідкими робочими тілами / І. В. Драч // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2005. – № 4. – С. 101– 110.
3. Справочник по балансировке / Левит М.Е., Агафонов Ю.А., Вайнгортин Л.Д. и др. – М.: Машиностроение, 1992. – 464 с.
4. Драч І.В. Поведінка рідинного автобалансируючого пристрою з урахуванням прогину ротора під час обертання / І.В. Драч // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 1. – С. 48– 52.
5. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин / Гольдин А.С. – М.: Машиностроение, 2000. – С. 20.

Надійшла 6.11.2009 р.

$$l_{OA} = 0,07\text{ м}; l_{AB} = 0,24\text{ м}; l_{DE} = 0,006\text{ м}; l_{OS_1} = 0,0057\text{ м}; l_{AS_2} = 0,05\text{ м}; l_{BS_3} = 0,097\text{ м}; y_C = -0,01\text{ м}; l_{ES_5} = 0,05\text{ м};$$

$$x_{BC} = 0,285\text{ м}; x_E = 0,418\text{ м}; y_E = -0,115\text{ м}.$$

2. Маса та моменти інерції ланок:

$$m_1 = 72\text{ кг}; m_2 = 12\text{ кг}; m_3 = 15\text{ кг}; m_5 = 0,4\text{ кг}; J_{S_1} = 4,24\text{ кг} \cdot \text{м}^2; J_{S_2} = 0,543\text{ кг} \cdot \text{м}^2; J_{S_3} = 0,0027\text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

3. Частота обертання кривошипа: $n_1 = 600\text{ об/хв.}$, напрямок обертання – за годинниковою стрілкою.

Кінематичний аналіз механізму.

1.1. Кінематичні параметри кривошипа 1:

$$x_A = l_{OA} \cos \varphi_1; y_A = l_{OA} \sin \varphi_1; x'_A = -y_A; y'_A = x_A; x''_A = -y'_A; y''_A = x'_A,$$

де x_A, y_A – координати точки A ; x'_A, y'_A, x''_A, y''_A – відповідно аналоги проекцій швидкостей та прискорень цієї ж точки на координатні осі; φ_1 – кут повороту кривошипа 1.

1.2. Кінематичні параметри повзуна 3:

Положення повзуна 3, його аналоги швидкостей і прискорень, а також функція переміщення повзуна s_B :

$$x_B = x_A + l_{AB} \cos \varphi_2; x'_B = x'_A - l_{AB} \varphi'_2 \sin \varphi_2; x''_B = x''_A - l_{AB} \varphi''_2 \sin \varphi_2 - l_{AB} (\varphi'_2)^2 \cos \varphi_2; s_B = l_{OA} + l_{AB} - x_B,$$

де φ_2 – кут, що визначає положення шатуна 2:

$$\varphi_2 = \arcsin(-y_A/l_{AB}); \varphi'_2 = -y'_A/l_{AB} \cos \varphi_2; \varphi''_2 = (l_{AB} (\varphi'_2)^2 \sin \varphi_2 - y''_A)/l_{AB} \cos \varphi_2.$$

1.3. Кінематичні параметри центра мас шатуна 2:

$$x_{S_2} = x_A + l_{AS_2} \cos \varphi_2; y_{S_2} = y_A + l_{AS_2} \sin \varphi_2; x'_{S_2} = x'_A - l_{AS_2} \varphi'_2 \sin \varphi_2; y'_{S_2} = y'_A + l_{AS_2} \varphi'_2 \cos \varphi_2;$$

$$x''_{S_2} = x''_A - l_{AS_2} \varphi''_2 \sin \varphi_2 - l_{AS_2} (\varphi'_2)^2 \cos \varphi_2; y''_{S_2} = y''_A + l_{AS_2} \varphi''_2 \cos \varphi_2 - l_{AS_2} (\varphi'_2)^2 \sin \varphi_2;$$

1.4. Кінематичні параметри куліси 5:

$$l_{CE} = \sqrt{(x_B + x_{BC} - x_E)^2 + (y_C - y_E)^2}; \psi = \arctg\left(\frac{y_C - y_E}{x_B + x_{BC} - x_E}\right); l_{CD} = \sqrt{l_{CE}^2 - l_{DE}^2};$$

$$\varphi_5 = \psi - \arctg(l_{DE}/l_{CD}); l'_{CD} = x'_B \cos \varphi_5 + l_{DE} \varphi'_5; \varphi'_5 = \frac{-x'_B \sin \varphi_5}{l_{CD}}; \varphi''_5 = \frac{-x''_B \sin \varphi_5 + l_{DE} (\varphi'_5)^2 - 2l'_{CD} \varphi'_5}{l_{CD}}.$$

Положення точки D : $x_D = x_E + l_{DE} \cos(\varphi_5 + \pi/2)$; $y_D = y_E + l_{DE} \sin(\varphi_5 + \pi/2)$.

1.5. Кінематичні параметри центра мас куліси 5:

$$x_{S_5} = x_E + l_{ES_5} \cos \varphi_5; y_{S_5} = y_E + l_{ES_5} \sin \varphi_5; x'_{S_5} = -l_{ES_5} \varphi'_5 \sin \varphi_5; y'_{S_5} = l_{ES_5} \varphi'_5 \cos \varphi_5;$$

$$x''_{S_5} = -l_{ES_5} \varphi''_5 \sin \varphi_5 - l_{ES_5} (\varphi'_5)^2 \cos \varphi_5; y''_{S_5} = l_{ES_5} \varphi''_5 \cos \varphi_5 - l_{ES_5} (\varphi'_5)^2 \sin \varphi_5.$$

1.6. Швидкості та прискорення.

Кутова швидкість обертання кривошипа: $\omega_1 = \pi n_1/30$, n_1 – частота обертання, об/хв.

Кутові прискорення ланок: $\varepsilon_2 = \varphi''_2 \omega_1^2$; $\varepsilon_5 = \varphi''_5 \omega_1^2$.

Лінійні прискорення: $a_B = x''_B \omega_1^2$; $a_{S_2} = \omega_1^2 \sqrt{(x''_{S_2})^2 + (y''_{S_2})^2}$; $a_{S_5} = \omega_1^2 \sqrt{(x''_{S_5})^2 + (y''_{S_5})^2}$.

На рис. 2 наведені діаграми кінематичних параметрів руху повзуна B і скидача цвяхів CE .

Визначення навантаження на ланки механізму.

Зусилля висадки цвяха визначається за формулою:

$$F_e = F_{e0} + c_1 l_e^4,$$

де l_e – переміщення повзуна 3 від початку контакту із заготовкою; $l_e = 10^3 (h - s_B)$,

h – максимальне переміщення повзуна під час контакту із заготовкою, $h = 0,003\text{ м}$.

c_1 – коефіцієнт пропорційності (деформації дроту), $c_1 = 571\text{ Н/мм}^2$.

F_{e0} – початкове зусилля висадження, визначається за формулою: $F_{e0} = \sigma_T \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{l_{заг}}\right) S$.

Тут $\sigma_T = 850\text{ Н/мм}^2$ – межа міцності дроту, $\mu = 0,3$ – коефіцієнт тертя; $d = 3\text{ мм}$ – діаметр дроту; $l_{заг} = 20\text{ мм}$ – довжина заготовки; $S = \pi d^2/4$ – площа перетину дроту.

Момент сил пружності пружини, яка притискає скидач цвяхів CE до повзуна 3 (пружина на рис. 1 не показана):

$$M_n = M_{n0} + c_2 \beta_5,$$

де $M_{n0} = 1,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – попередній момент пружності пружини; $c_2 = 4,125 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – коефіцієнт жорсткості пружини; β_5 – її кут закручування, $\beta_5 = \varphi_{50} - \varphi_5$, φ_{50} – кут, що визначає положення скидача 5 у крайньому положенні механізму:

$$\varphi_{50} = \frac{\pi}{2} - \text{arctg} \left(\frac{l_{AB} - l_{OA} + x_{BC} - x_E}{y_C - y_E} \right) - \text{arcsin} \left(l_{DE} / \sqrt{(l_{AB} - l_{OA} + x_{BC} - x_E)^2 + (y_C - y_E)^2} \right).$$

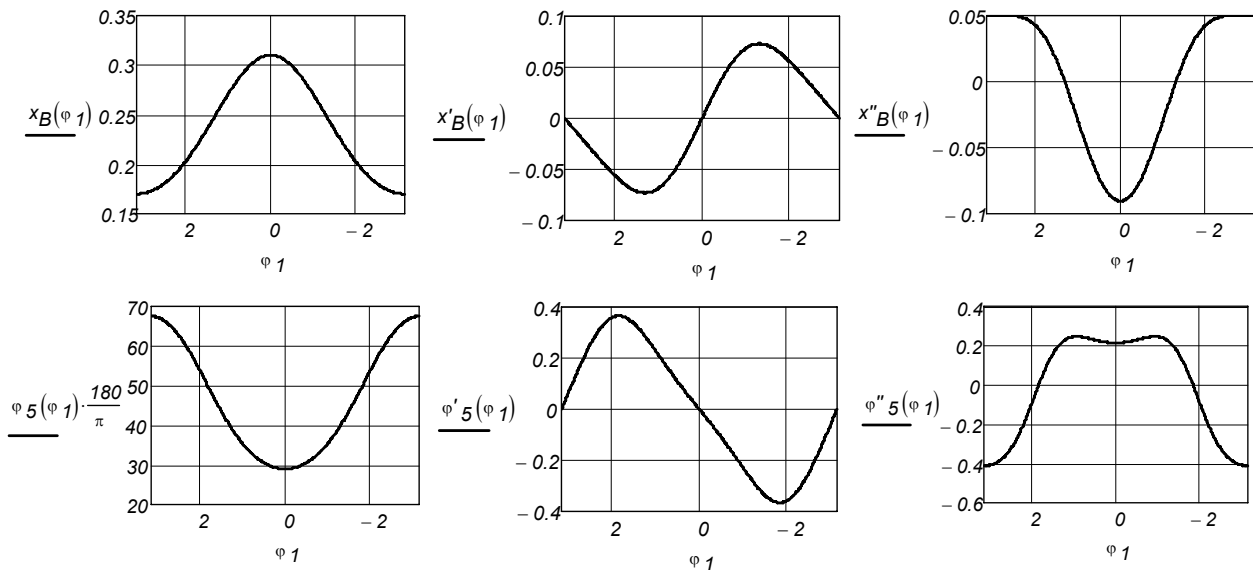


Рис. 2. Кінематичні параметри руху повзуна B і скидача цвяхів 5

Силовий аналіз механізму.

2.1. Реакція R_{43} й кут α_{43} , який визначає її напрямок:

$$R_{43} = \frac{m_5 a_{S_5} (l_{ES_5} \sin(2\pi - \alpha_{F_5} + \varphi_5)) - M_n + J_{S_5} \varepsilon_5 + m_5 g l_{ES_5} \cos \varphi_5}{l_{CD}},$$

де $\alpha_{F_5} = \text{arctg}(y''_{S_5} / x''_{S_5}) + \pi$ – кут, що визначає напрямок сили інерції центру мас куліси 5. Кут, під яким спрямована реакція R_{43} : $\alpha_{43} = \varphi_5 + \pi/2$.

2.2. Реакція R_{50} та кут α_{50} , який визначає її напрямок:

$$R_{50}^x = -R_{43} \cos \alpha_{43} - m_5 a_{S_5} \cos \alpha_{F_5}; \quad R_{50}^y = m_5 g - R_{43} \sin \alpha_{43} - m_5 a_{S_5} \sin \alpha_{F_5};$$

$$R_{50} = \sqrt{(R_{50}^x)^2 + (R_{50}^y)^2}; \quad \alpha_{50} = \text{arctg}(R_{50}^y / R_{50}^x).$$

2.3. Реакція R_{21} та кут α_{21} , який визначає її напрямок:

$$R_{21}^x = \frac{m_2 g h_2 - m_2 a_{S_2} h' - J_{S_2} \varepsilon_2}{l_{AB}}; \quad \alpha_{F_2} = \text{arctg}(y''_{S_2} / x''_{S_2}) + \pi,$$

де α_{F_2} – кут, що визначає напрямок сили інерції центру мас шатуна 2.

$$R_{21} = \frac{R_{21}^x \cos(\varphi_2 + \pi/2) + m_2 a_{S_2} \cos \alpha_{F_2} - m_3 a_B - F_6 + R_{43} \cos(\varphi_5 - \pi/2)}{\cos \varphi_2},$$

де h_2, h'_2 – плечі сил: $h_2 = (l_{AB} - l_{AS_2}) \cos(2\pi - \varphi_2)$; $h'_2 = (l_{AB} - l_{AS_2}) \sin(\alpha_{F_2} + 2\pi - \varphi_2)$.

$$R_{21} = \sqrt{(R_{21}^n)^2 + (R_{21}^x)^2}; \quad \alpha_{21} = \text{arctg} \left(\frac{R_{21}^x - 2\pi + \varphi_2}{R_{21}^n} \right),$$

2.4. Реакція R_{30} (у всіх положеннях механізму спрямована вертикально):

$$R_{30} = -R_{21} \sin \alpha_{21} + m_2 g - m_2 a_{S_2} \sin \alpha_{F_2} + m_3 g - R_{43} \sin(\varphi_5 - \pi/2).$$

2.5. Реакція R_{32} й кут α_{32} , який визначає її напрямок:

$$R_{32}^x = m_3 a_B + F_6 - R_{43} \cos(\varphi_5 - \pi/2); \quad R_{32}^y = m_3 g - R_{30} - R_{43} \sin(\varphi_5 - \pi/2);$$

$$R_{32} = \sqrt{(R_{32}^x)^2 + (R_{32}^y)^2}; \quad \alpha_{32} = \text{arctg}(R_{32}^y / R_{32}^x).$$

2.6. Реакція R_{10} та кут α_{10} , який визначає її напрямок:

$$R_{10}^x = m_1 \omega_1^2 l_{OS_1} \cos \varphi_1 - R_{21} \cos(\alpha_{21} + \pi); \quad R_{10}^y = m_1 g - (R_{21} \sin(\alpha_{21} + \pi) - m_1 \omega_1^2 l_{OS_1} \sin \varphi_1);$$

$$R_{10} = \sqrt{(R_{10}^x)^2 + (R_{10}^y)^2}; \quad \alpha_{10} = \arctg(R_{10}^y / R_{10}^x).$$

Результати розрахунків

На рис. 3 і 4 наведені приклади годографів і діаграм реакцій в усіх кінематичних парах механізму при масі повзуна B $m_3=15$ кг та $m_3=50$ кг, а в таблиці їх максимальні значення (в дужках вказані кути, при яких реакції набувають максимальних значень).

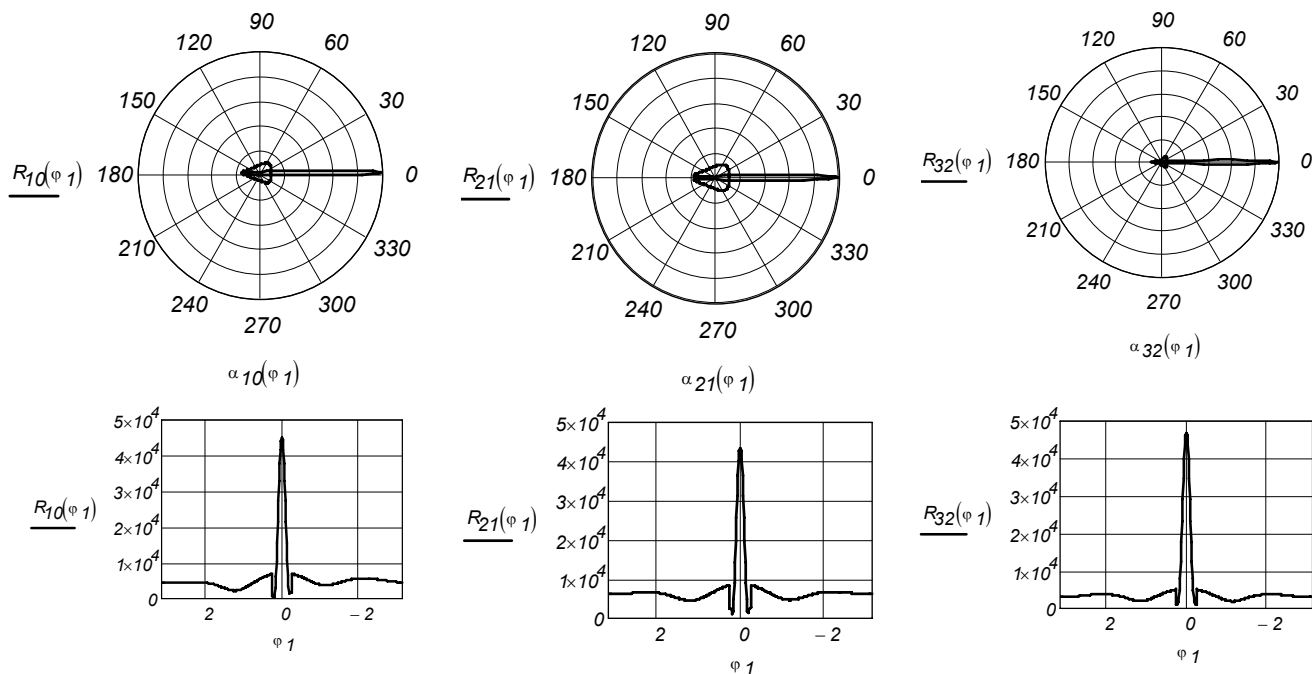


Рис. 3. Годографи і діаграми реакцій в кінематичних парах механізму ($m_3=15$ кг)

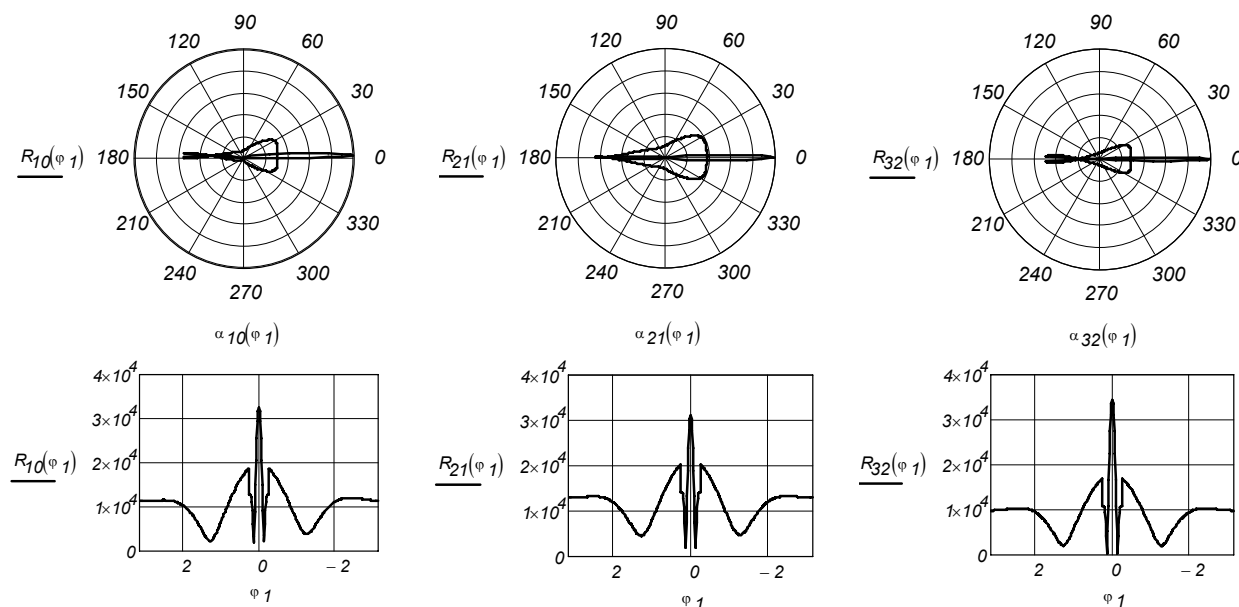


Рис. 4. Годографи і діаграми реакцій в кінематичних парах механізму ($m_3=50$ кг)

Таблиця 1

Максимальні значення реакцій в кінематичних парах механізму, кг

Маса повзуна B	$R_{10}(0)$	$R_{21}(0)$	$R_{32}(0)$	$R_{43}(\pi)$	$R_{50}(\pi)$
15	45108	46998	69	34	43480
50	32617	30987	34505	69	38

Висновки. Основним навантаженням на ланки механізму є короточасні технологічні навантаження при пластичній деформації дроту під час формування головки цвяха, які можна компенсувати

силами інерції. Як видно з наведених даних, реакції в кінематичних парах можна суттєво зменшити раціональним вибором мас ланок і в першу чергу повзуна B . Оскільки дані автомати універсальні і можуть виготовляти цвяхи з різних металів та різних розмірів, то і зусилля висадки будуть суттєво між собою відрізнятися. Тому бажано в конструкції автомата передбачити зміну маси повзуна B . Одержані результати досліджень, а також алгоритми та програма для ЕОМ можуть бути використані в конструкторській практиці при модернізації існуючих автоматів або при проектуванні нових.

Література

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – К.: Наукова думка, 2002. – 660 с.
3. Щепетильников В.А. Уравновешивание механизмов. – М.: Высш. шк., 1977. – 527 с.

Надійшла 15.11.2009 р.

УДК 621.01

Я.Т. КІНИЦЬКИЙ, П.В. МІНЯЙЛО, М.В. МАРЧЕНКО
Хмельницький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗУПИНКИ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ МЕХАНІЗМІВ, ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЯМОЛІНІЙНО НАПРЯМНОГО КРИВОШИПНО-ПОВЗУННОГО МЕХАНІЗМУ

У роботі наведено методику визначення тривалості та точності зупинки вихідної ланки шестиланкових шарнірно-важільних механізмів, які побудовані на базі центрального прямолінійно напрямного кривошипно-повзунного механізму. Наведено деякі результати досліджень у вигляді довідкових карт (номограм геометричних параметрів), які можуть бути використані для проведення попереднього синтезу вказаних механізмів.

A method for the definition of dwell time adjustment and accuracy of straight-line mechanisms and dwell mechanisms on the basis on slider-crank mechanism is developed. Graphs for the synthesis of such mechanisms are shown.

Ключові слова: прямолінійно напрямні механізми, механізми із зупинкою, тривалість зупинки, точність зупинки, шатунні криві.

Постановка задачі. Плоский кривошипно-повзунний механізм та його окремі модифікації – прямолінійно напрямні механізми – знайшли широке використання у сучасній промисловості. Механізми такого типу використовуються для перетворення обертального руху вхідної ланки в поступальний рух вихідної ланки, або навпаки. Зокрема, такі механізми використовуються в двигунах внутрішнього згорання, поршневих компресорах і насосах, пресах, в конструкціях автонавантажувачів і автомобілів тощо [1 – 4, 7, 8].

В той час як методика синтезу власне кривошипно-повзунного механізму розроблена досить детально [2], то синтез напрямних механізмів, одержаних на їх базі, розроблений недостатньо. Застосування напрямних механізмів дозволяє здійснювати їх перебудову на відтворення кривих, які часто належать до різних видів, а також проектування механізмів з зупинкою вихідної ланки [4].

У цій роботі розглядається геометричний синтез прямолінійно напрямного механізму, що відтворює шатунну криву, яка на певній ділянці наближається до прямої лінії. Така крива збігається з прямою в обмеженій кількості точок та відрізняється від неї в більшій чи меншій мірі у проміжку між цими точками, причому ділянка, на якій ці криві можуть бути достатньо близькими, обмежена.

У техніці здебільшого використовується центральний кривошипно-повзунний механізм, шатунна крива якого є симетричною відносно осі абсцис, а її прямолінійна ділянка паралельна до осі ординат [4]. Шатунна точка механізму відтворює в площині стояка шатунну криву, яка є алгебраїчною кривою 4-го порядку. Надалі розглядаються механізми з зупинкою вихідної ланки, які побудовані лише на базі центрального кривошипно-повзунного механізму з несиметричними шатунними кривими (рис. 1). Такий механізм характеризується наступними відносними геометричними параметрами, які визначають $r = l_{OA}/l$ – довжину кривошипа OA , $k = l_{AC}/l$ – довжину відрізка AC шатуна AB , γ – кут злому шатуна, де $l = l_{AB}$ – довжина шатуна. Кутову швидкість кривошипа ω_1 приймаємо рівною одиниці. При відповідному виборі цих параметрів точка C описує шатунну криву, яка на ділянці $K_L K_R$ наближається до прямої лінії. Якщо в точці C під'єднати структурну групу II-го класу п'ятого виду (за класифікацією Ассура-Артоболевського), то ланка 5, паз якої розташований вздовж лінії $K_L K_R$ під кутом ξ , буде нерухомою поки точка C рухається по ділянці наближення.

Рух вихідної ланки характеризується тривалістю зупинки, яка визначається часом руху точки C вздовж ділянки наближення, або відповідним кутом повороту кривошипа α_Σ , якщо $\omega_1 = \text{const}$; відносним максимальним ходом S_{\max} ланки 5; точністю зупинки $2E$; кутом нахилу прямолінійної ділянки шатунної кривої ξ та кутом ϕ_L , який визначає положення кривошипа на початку періоду наближення, тобто коли точка C збігається з точкою K_L .

При синтезі важільних механізмів із зупинкою вихідної ланки важливою задачею є визначення тривалості зупинки вихідної ланки. Для цього можуть бути використані різні методи. В роботі [6] показана

неможливість використання точки Болла для синтезу прямолінійно напрямних механізмів на базі кривошипно-повзунного механізму. Пропонуємо інший спосіб визначення тривалості зупинки – за п'ятьма точками граничних відхилень шатунної кривої від прямої.

На рис. 2 окремо зображено шатунну криву кривошипно-повзунного механізму. Вона може мати максимум чотири спільні точки з прямою, оскільки є кривою 4-го порядку [3]. При наближенні до прямої лінії шатунна крива кривошипно-повзунного механізму матиме п'ять точок граничних відхилень на інтервалі наближення. У роботі [9] було показано, що визначення тривалості зупинки вихідної ланки для шарнірного чотириланкового механізму за п'ятьма точками граничних відхилень є неприйнятним, оскільки в багатьох випадках отримуємо механізми з повільним розбігом вихідної ланки з фази зупинки, тобто практично спостерігається інша тривалість зупинки порівняно з теоретичною. Шатунна крива шарнірного чотириланкового механізму є алгебраїчною кривою 6-го порядку, в той час як шатунна крива кривошипно-повзунного механізму є простішою – кривою 4-го порядку. Тому в результаті досліджень підтвердилось припущення, що при виборі величини ділянки наближення у кривошипно-повзунному механізмі за допомогою п'яти точок граничних відхилень не спостерігається значних розбіжностей між теоретичними та практичними величинами тривалості зупинки вихідної ланки.

Таким чином, для знаходження прямолінійної ділянки на типовій шатунній кривій кривошипно-повзунного механізму, приклад якої показано на рис. 2, необхідно знайти таку пряму, яка б мала подвійний дотик у точках K_1 та K_2 з шатунною кривою. В цих точках швидкості \vec{V}_1 і \vec{V}_2 шатунної точки мають однаковий напрямок. Для знаходження цих векторів було використано оптимізаційний метод, а саме метод „золотого перетину”.

Для вирівнювання відхилень необхідно знайти на ділянці K_1K_2 шатунної кривої точку K_{max} , що відповідає максимальному відхиленню на ділянці наближення. Точки K_L і K_R перетину шатунної кривої з прямою a' , яка проведена через точку K_{max} паралельно до прямої a , визначатимуть відповідно крайню ліву та крайню праву межу ділянки наближення. Шукану пряму наближення отримаємо, провівши пряму a'' , рівновіддалену від прямих a і a' . Характеристикою точності ділянки наближення є відстань $2E$ між прямими a та a' , а також відношення ϵ цієї величини до величини максимального ходу вихідної ланки S_{max} : $\epsilon = (2E/S_{max}) \cdot 100\%$.

При дослідженнях було прийнято, що шатунна крива має прямолінійну ділянку, якщо $\epsilon \leq 5\%$.

Для того, щоб провести синтез важільних механізмів із зупинкою вихідної ланки за допомогою запропонованого методу аналізу шатунної кривої, побудовані довідкові карти (номограми).

Порядок розрахунку основних параметрів для побудови довідкових карт синтезу важільних механізмів наступний.

1. Задаємось параметрами базового механізму (r, k, γ , див. рис. 1); кривошипно-повзунний механізм існує в межах: $0 < r < 1$.

2. Вибираємо деякі значення довжини відрізка k і кута злomu шатуна γ ; при цьому γ змінюється в межах $\gamma = 0 \dots 360^\circ$ з кроком 1° , а k – у межах $k = 0,1 \dots 5$ з кроком $0,1$. Для кожного такого механізму проводимо аналіз шатунної кривої за допомогою ЕОМ та визначаємо тривалість вистою α_2 . При цьому обчислення проводимо у циклі, параметром якого є кут ϕ_1 повороту кривошипа (кут ϕ_1 змінюється в межах $\phi_1 = 0 \dots 360^\circ$ з кроком 1°).

3. Після цього до базового механізму приєднуємо в точці C додаткову структурну групу 2-го класу 5-го виду так, щоб вісь пазу ланки 5 збігалася з прямолінійною ділянкою шатунної кривої K_LK_R , та визначаємо максимальний хід вихідної ланки S_{max} . Результати обчислень за допомогою ЕОМ заносимо у базу даних у вигляді таблиць з розрахованими параметрами механізмів.

На основі отриманих даних було побудовано довідкові карти для визначення геометричних параметрів напрямних механізмів. Приклади таких карт наведено на рис. 3 – 8.

Характерно, що геометричні місця положення точки C описуються колами, які проходять через

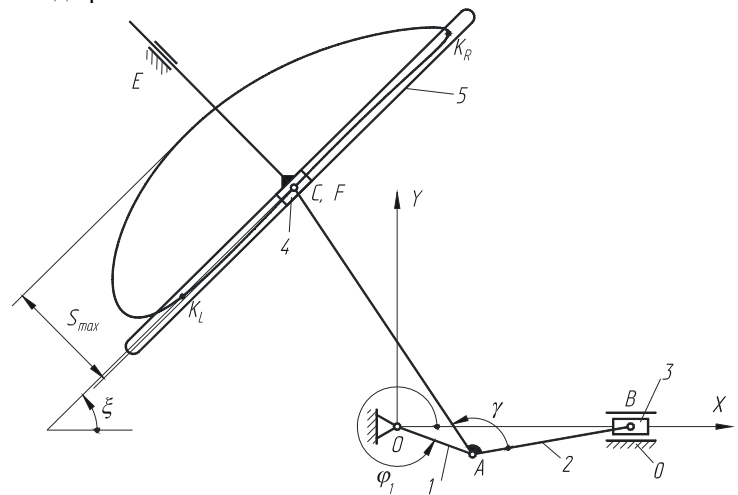


Рис. 1. Шестиланковий важільний прямолінійно-напрямний механізм, який забезпечує зупинку вихідної ланки

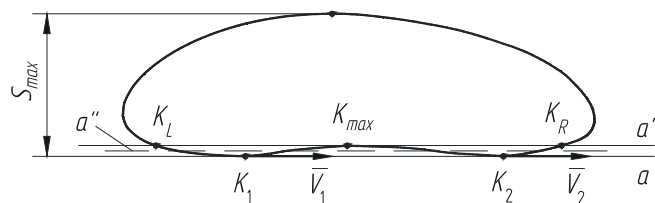


Рис. 2. Аналіз шатунної кривої для визначення тривалості зупинки вихідної ланки прямолінійно напрямного кривошипно-повзунного механізму

точку B , причому для центрального кривошипно-повзунного механізму ($e=0$) центри цих кіл знаходяться на лінії AB . На рис. 8 зображено діаграми, які дозволяють визначити координати (x, y) центрів кіл з рівними кутами зупинки вихідної ланки.

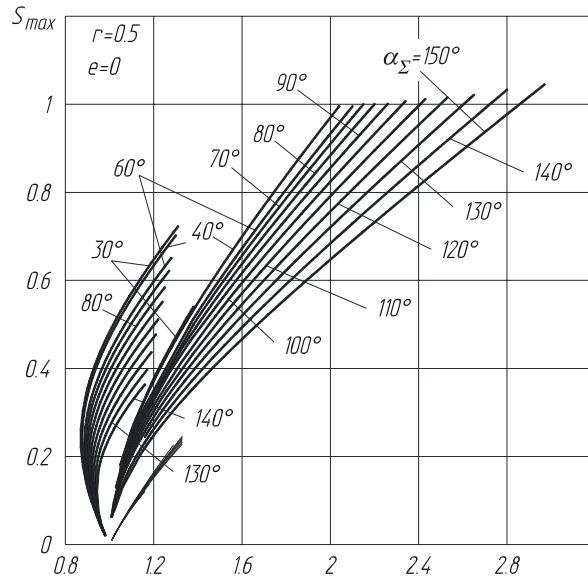


Рис. 3. Залежність максимального ходу вихідної ланки S_{max} від величини відрізка k

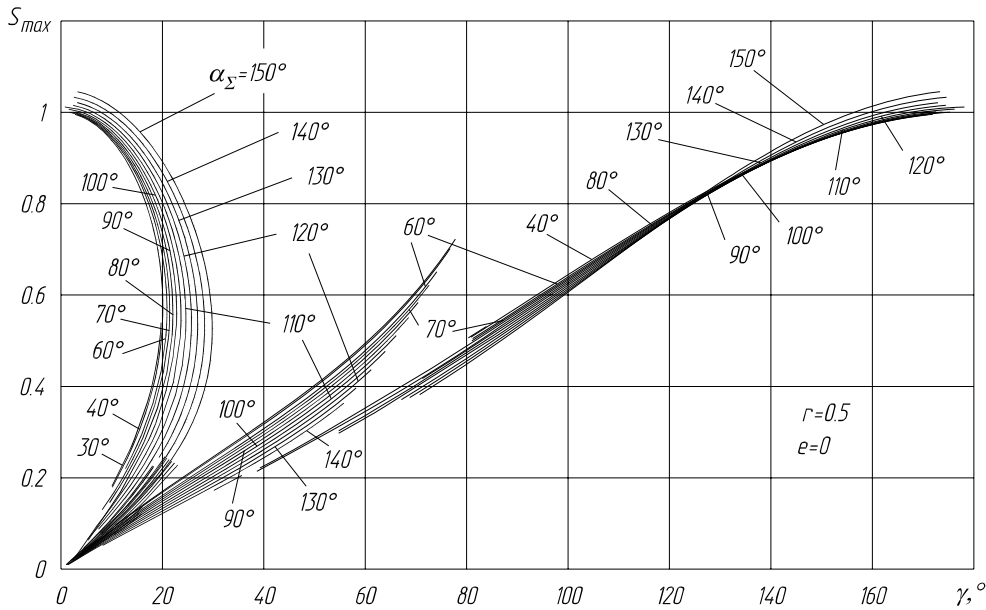


Рис. 4. Залежність максимального ходу вихідної ланки S_{max} від кута γ злomu шатуна

Аналіз наведених діаграм показує, що задані або вибрані параметри руху вихідної ланки ($\alpha_z, S_{max}, 2E, \xi$ і φ_L) можуть бути забезпечені кривошипно-повзунними механізмами з різними геометричними параметрами (r, k, γ), тобто за допомогою великої множини механізмів можна забезпечити необхідну для конструктора тривалість зупинки вихідної ланки напрямних механізмів. Це дає можливість синтезувати механізми, враховуючи додаткові вимоги. До таких вимог відносяться [5]:

- довжина прямолінійної ділянки шатунної кривої;
- геометричні параметри та габарити механізмів, які проектуються;
- заданий максимальний хід вихідної ланки;
- точність наближення;
- інші кінематичні та силові параметри.

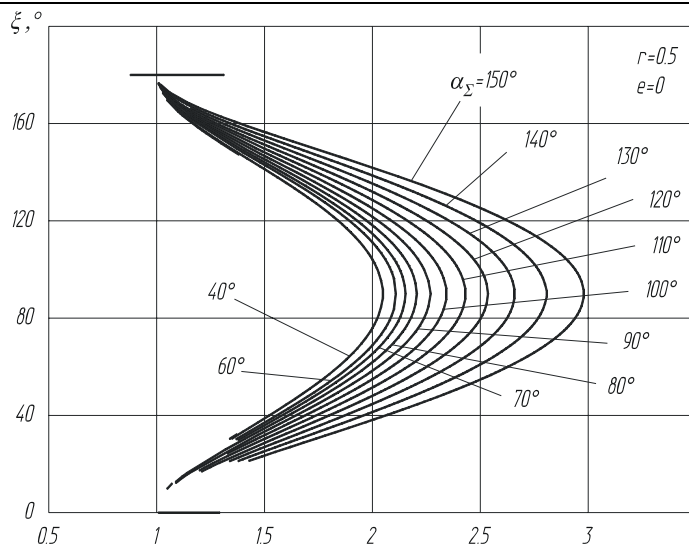


Рис. 5. Залежність кута нахилу ξ прямолінійної ділянки шатунної кривої від довжини відрізка k

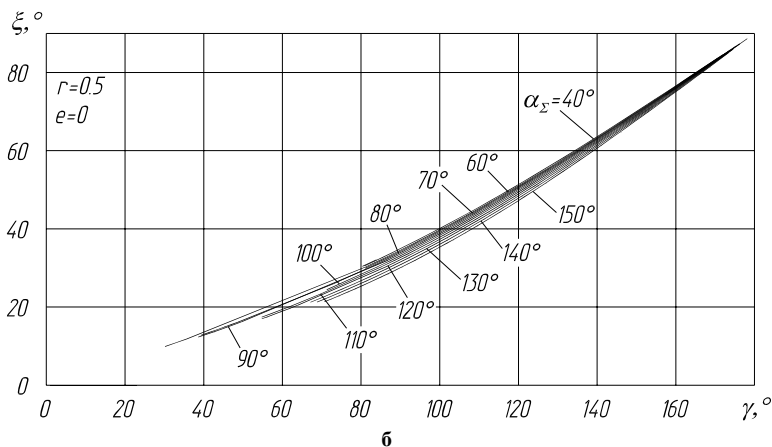
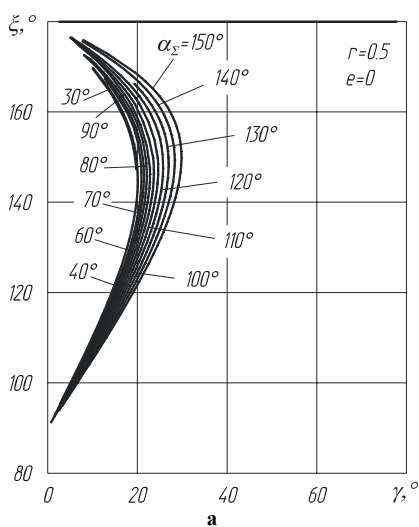


Рис. 6. Залежність кута нахилу ξ від кута злому шатуна γ : а) $\xi=0\dots90^\circ$, б) $\xi=80\dots180^\circ$

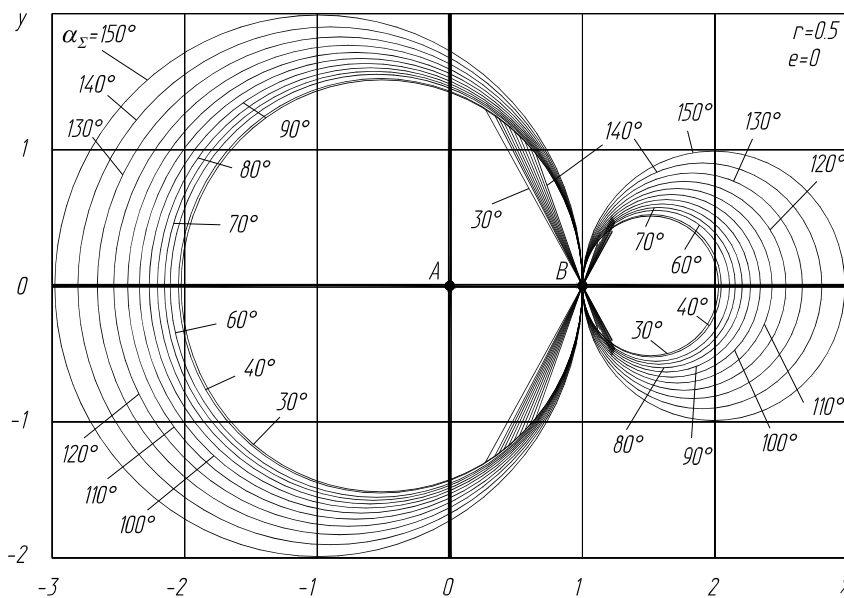


Рис. 7. Вибір координат шатунної точки

На рис. 9 показано деякі шатунні криві синтезованих прямолінійно напрямних механізмів, які на ділянці, яка відповідає тривалості вистою, наближаються до прямої лінії. У проведених нами дослідженнях отримано механізми з тривалістю вистою $\alpha_\Sigma=30\dots150^\circ$.

Висновки. Проведені дослідження показали, що існує велике сімейство прямолінійно напрямних механізмів, синтезованих на базі центрального кривошипно-повзунного механізму, які забезпечують зупинку вихідної ланки різної тривалості і точності.

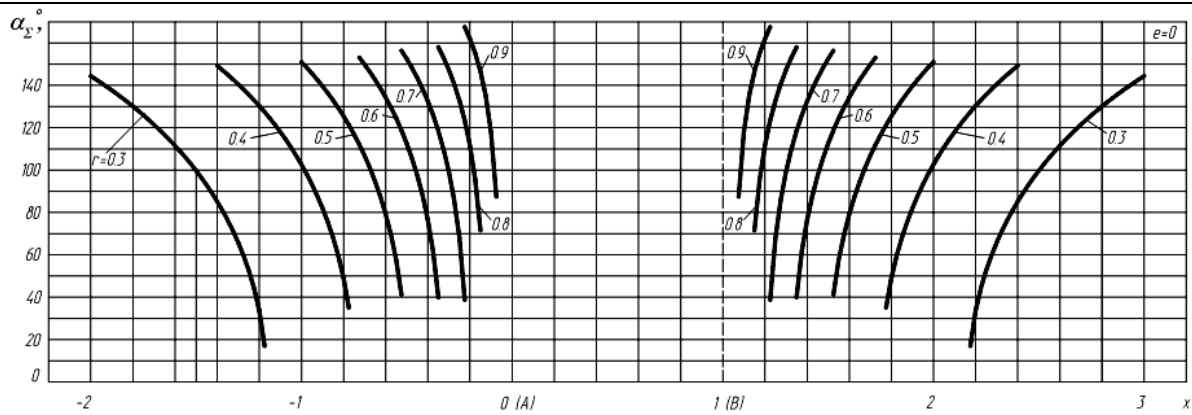


Рис. 8. До визначення положення центра кола рівних вистот

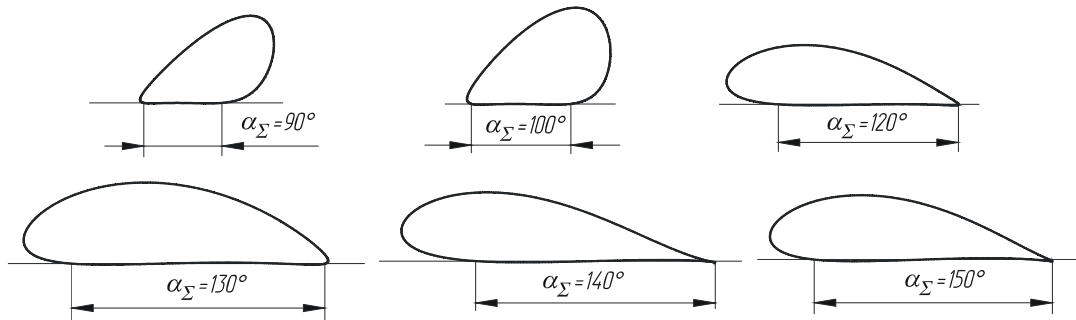


Рис. 9. Шатунні криві прямолінійно напрямного кривошипно-повзунного механізму

Це дає можливість вибору необхідних геометричних параметрів механізмів, що проектуються, з врахуванням інших критеріїв руху вихідної ланки. Для врахування цих умов необхідно провести подальші дослідження вказаних механізмів, щоб встановити основні кінематичні і динамічні характеристики руху вихідної ланки, умови передачі руху тощо. Цим питанням будуть присвячені наступні публікації.

Література

1. Артоболевский И.И. Синтез механизмов / Артоболевский И.И., Блох З.Ш., Добровольский В.В. – М. – Л.: Гостехиздат, 1944. – 387 с.
2. Артоболевский И.И. Синтез плоских механизмов / Артоболевский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. – М.: Физматгиз, 1959. – 1084 с.
3. Геронимус Я.Л. Геометрический аппарат теории синтеза плоских механизмов / Я.Л. Геронимус – М.: ГИФМЛ, 1962. – 399 с.
4. Карелин В.С. Проектирование рычажных и зубчато-рычажных механизмов: [справочник] / В.С. Карелин. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с., ил.
5. Киничский Я.Т. Шарнирные механизмы Чебышева с выстоем выходного звена. – К.: Вища школа, 1990. – 231 с.
6. Киничский Я.Т., Міняйло П.В., Марченко М.В. Знаходження точок перегину шатунної кривої кривошипно-повзунного механізму // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 6. – С. 7-10.
7. Надеждин И.В. К синтезу прямолинейно-направляющих кривошипно-ползунных механизмов // Теория механизмов и машин. – 1984. – Вып. 37. – С. 13-18.
8. Надеждин И.В. Проектирование прямолинейно-направляющих кривошипно-ползунных механизмов // Изв. вузов. Машиностроение, 1979, № 12. – 26 с.
9. Харжевський В.О, Киничский Я.Т. Чисельно-аналітичний метод синтезу важільних механізмів з зупинкою вихідної ланки на базі несиметричного шарнірного чотириланкового механізму з використанням точок Болла // Вісник Технол. ун-ту Поділля. – 2003. – № 4. – С. 43-54.

Надійшла 10.11.2009 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ РОТОРНИХ МАШИН З ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ЗНИЖЕННЮ ЇХ ВІБРОАКТИВНОСТІ

У статті викладені експериментальні та теоретичні дослідження можливості зниження віброактивності роторних машин шляхом вдосконалення їх конструкції. На основі аналізу рівнянь математичної моделі отримані основні вимоги, яких необхідно дотримуватись при конструюванні роторних машин з низькою віброактивністю.

The article presents experimental and theoretical studies to reduce the vibration of vehicles by improving their design. Based on the analysis of equations of mathematical model, the basic requirements that must be respected when designing machines with low vibration.

Ключові слова: ротор, вісь інерції, баластний вантаж, віброактивність.

Пральна машина (ПМ), як об'єкт досліджень динаміки зниження вібрацій і шуму, представляє особливий інтерес через постійну присутність випадково розміщеного і, крім того, блукаючого дисбалансу білизни в барабані та невисоких вимог до точності її виготовлення і складання, щоб не збільшувати вартість.

Спостереження за роботою пральної машини "Айша" серійного виконання в режимі "віджим" показали, що великі вібрації мають місце при завантаженні в барабан 1,5 кг і більше білизни; при цьому спостерігаються відриви машини від підлоги, так зване "галопування", при чому першими відриваються колеса машини, які розміщені з боку, протилежного місцю встановлення електродвигуна. Таке "галопування" супроводжується різкими ударами, що не тільки не дозволяє виконувати віджим, але і стає причиною поломки окремих елементів машини, виходу із ладу її в цілому.

Для усунення даного дефекту був проведений аналіз її конструкції, який показав наступне.

На днищі машини (рис. 1) під баком і над колесами, які в процесі віджиму білизни відриваються від підлоги, встановлений баластний вантаж, масою 14 кг. Ще один баластний вантаж, масою 6 кг, закріплений на опорній стійці бака, протилежній приводному шківу. Ці вантажі, згідно заводському опису конструкції машини, призначені для зменшення вібрацій і повинні перешкоджати відриву її від підлоги під час роботи в режимі "віджим" при значному дисбалансі білизни в барабані.

Однак той факт, що частина машини при віджимі все ж відривається від підлоги дозволив припустити, що або маси баластних вантажів недостатні, або їх місце встановлення в машині вибрано не точно. Перше припущення веде до збільшення маси машини і тому не розглядалось. Для перевірки другого припущення були проведені виміри положення центра ваги машини.

Для визначення положення центра мас машини вздовж поздовжньої осі Y один край машини встановлювався на кутник, закріплений на шарнірній опорі A (рис. 2), а другий край машини підіймався так, щоб її днище зайняло горизонтальне положення.

В цьому положенні динамометром вимірювалась сила, прикладена в точці C , яка знаходиться в одній площині з опорою машини B . За визначеним значенням сили R_c прикладеної в т. C , знаючи вагу машини G і плече a , визначали положення центра ваги (точка E) вздовж поздовжньої осі Y за формулою:

$$y = \frac{R_c}{G} a. \quad (1)$$

Аналогічні виміри проводились для визначення центра ваги вздовж осей X і Z .

У результаті проведених вимірів було встановлено, що центр ваги машини, точка E , не лежить на вертикальній осі, яка проходить через вісь обертання барабана (рис. 3 а), вздовж якої діє максимальна відривна сила – збурююча сила невірноваженої білизни в барабані при віджимі.

Оскільки в реальній серійній конструкції машини відбувається відрив опори A , знайдемо, при якому значенні збурюючої сили F_z реакція опори $R_a=0$. Розглянемо умову рівноваги системи у вигляді рівності нулю суми всіх сил (рис. 3 б) відносно осі, що проходить через точку B і паралельної осі



Рис. 1. Пральна машина "Айша": 1 – пральна машина "Айша"; 2 – вантаж масою 6 кг; 3 – вантаж масою 14 кг

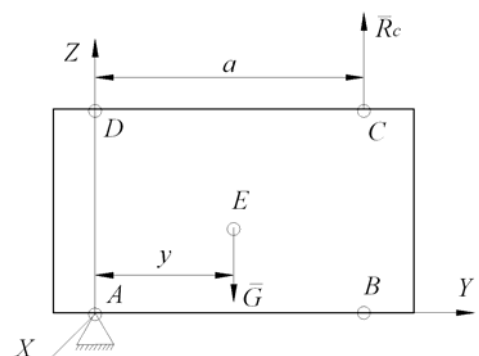


Рис. 2. Визначення положення центра ваги

обертання ротора, включаючи силу F_3 , використовуючи при цьому принцип Даламбера. Рівняння рівноваги має вигляд:

$$R_a(a_1+a_2)+F_3a_2-G(a_2-d)=0. \quad (2)$$

Отримуємо:

$$F_3 = \frac{a_2}{a_2-d} G. \quad (3)$$

Із отриманого виразу видно, що відрив коліс в точці A буде мати місце навіть при $F_3 < G$. Для попередження відриву необхідно, щоб $d = 0$, іншими словами необхідно центр ваги машини сумістити з вертикальною віссю, яка проходить через вісь обертання барабана.

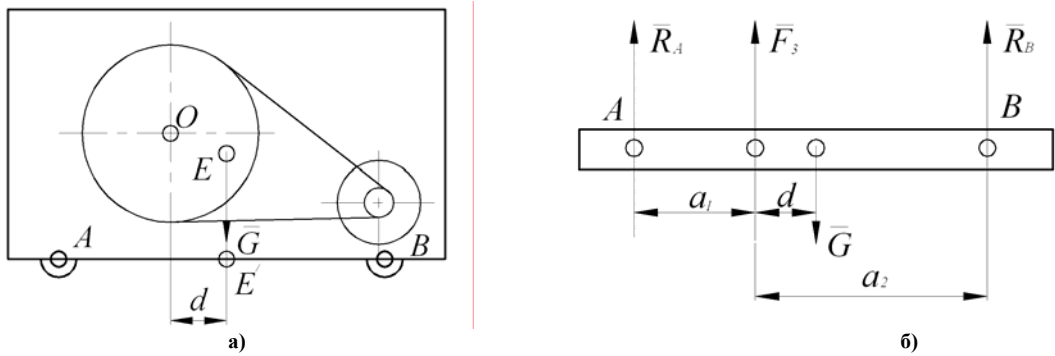


Рис. 3. Визначення положення центра ваги: G – вага машини; F_3 – збурююча (відцентрова) сила; AB – днище машини; точки A і B – місця кріплення опорних катків на днищі

При повністю знятих баластних вантажах центр ваги машини зміщується в сторону електродвигуна (точка B), а це означає, що машина при роботі в режимі “віджим” може “галопувати”.

Для суміщення центра ваги з віссю, що проходить через точку O (див. рис. 3, а) необхідно встановити баластний вантаж над опорою A .

Необхідна величина баластного вантажу визначалась наступним чином. Машину встановлювали на опору-кутник в точці A (див. рис. 2) і вимірювали зрівноважуючу силу, прикладену в точці C , при горизонтальному положенні днища машини. Отримана таким чином величина сили показала необхідну масу баластного вантажу, яка склала 6 кг.

Знайдене розміщення і значення баластного вантажу є найменшим із можливих, при якому габарити машини не змінюються і виключається можливість її “галопування” при віджимі.

Експериментальна перевірка даного варіанту машини в режимі “віджим” показала, що рівень вібрацій в поздовжньому і поперечному напрямках знизився від 20 до 30 %, але при завантаженні в барабан білизни масою 1,5 кг все ж таки інколи мали місце випадки відриву її від підлоги.

З метою кращого розуміння і узагальнення експериментально отриманих результатів було розроблено математичну модель і виконано теоретичний аналіз коливань барабана пральної машини під час її роботи. Для цього було розглянуто модель пральної машини барабан якої консольно-закріпленій в середині бака, і здійснює обертовий рух відносно поздовжньої осі. Бак, в свою чергу, пружно-підвішений до корпусу машини. Така схема закріплення барабана надає йому 6 ступенів вільності і притаманна сучасним пральним машинам з горизонтально-розміщеним баком, наприклад, «WKD25085», «LG F 1066 LP», «AWG 308» та ін.

Для розробки математичної моделі було розглянуто миттєве положення в просторі системи незрівноваженого барабана із баком рис. 4 і складено рівняння руху по кожній із 6 узагальнених координат.

Диференціальні рівняння коливань ротора одержано, виходячи з рівняння Лагранжа другого роду з урахуванням енергії розсіювання по Релею [1]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial \dot{I}}{\partial q_j} + \frac{\partial D}{\partial \dot{q}_j} = 0 \quad (4)$$

де q – узагальнені координати; T – кінетична енергія системи; \dot{I} – потенційна енергія системи; D – енергія розсіювання у опорах і через тертя об повітря; j – кількість узагальнених координат, яка в нашому випадку дорівнює 6.

Допущення в ході схематизації об’єкта досліджень такі, що реальна типова конструкція замінена розрахунковою схемою (динамічною моделлю), в якій абсолютно тверде тіло (бак) масою m_1 пружно з’єднане з корпусом довільною кількістю опор і здатне переміщуватись в просторі, маючи 6 ступенів вільності. У цьому тілі є порожнина, в якій із кутовою швидкістю ω обертається ротор, масою m_2 , що опирається на абсолютно жорсткі опори, які знаходяться в тому ж тілі.

В якості узагальнених координат, що задають положення цієї системи в просторі, прийняті три декартові координати центра інерції центра інерції бака машини (осі a_1 , b_1 , c_1 , є головними центральними

осями) і три кути α, β, γ , що задають повороти цих осей координат відносно нерухомих, зв'язаних з корпусом осей координат X_1, Y_1, Z_1 , або паралельних їм осей X, Y, Z , що сходяться у центрі мас бака O , який в загальному випадку не лежить на осі обертання барабана.

В таких координатах коливання системи можна представити як суперпозицію шести гвинтових рухів із нерухомими осями гвинтів X_1, Y_1, Z_1 , і система бак-барабан в загальному випадку здійснює коливання в шести напрямках.

В матричній, зручній для розрахунку на ЕОМ, формі складені математичні рівняння коливань багатозв'язних систем бак-барабан на пружних підвісах для основних типів машин і віджимних центрифуг з горизонтальною віссю обертання.

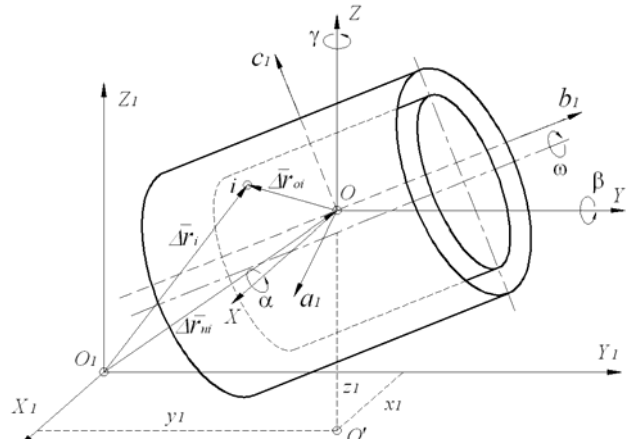


Рис. 4. До математичної моделі руху системи бак-барабан

Диференціальні рівняння в матричній формі мають вигляд:

$$M\ddot{q} + (G+D)\dot{q} + Aq = Q,$$

де $M = \parallel P_{ij} \parallel_1^6$ – матриця інерційних коефіцієнтів;

$G = \parallel q_{ij} \parallel_1^6$ – матриця гіроскопічних коефіцієнтів;

$D = \parallel \alpha_{ij} \parallel_1^6$ – матриця коефіцієнтів демпфірування;

$A = \parallel \alpha_{ij} \parallel_1^6$ – матриця елементів жорсткості;

$q = \{X_1, Y_1, Z_1, \alpha, \beta, \gamma\}^T$ – матриця-стовпець узагальнених координат;

$Q = \{Q_x, Q_y, Q_z, Q_\alpha, Q_\beta, Q_\gamma\}^T$ – матриця-стовпець узагальнених силових факторів.

В свою чергу, коефіцієнти, наприклад, матриці A мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{11} &= \sum_{i=1}^n \tilde{n}_{x_i}; & \alpha_{15} &= \sum_{i=1}^n c_{x_i} z_i; & \alpha_{16} &= -\sum_{i=1}^n c_{x_i} y_i \\ \alpha_{22} &= \sum_{i=1}^n c_{y_i}; & \alpha_{25} &= -\sum_{i=1}^n c_{y_i} z_i; & \alpha_{26} &= \sum_{i=1}^n c_{y_i} x_i \\ \alpha_{33} &= \sum_{i=1}^n c_{z_i}; & \alpha_{34} &= \sum_{i=1}^n c_{z_i} y_i; & \alpha_{35} &= -\sum_{i=1}^n c_{z_i} x_i \\ \alpha_{44} &= \sum_{i=1}^n c_{z_i} y_i^2 + \sum_{i=1}^n c_{y_i} z_i^2; & \alpha_{45} &= -\sum_{i=1}^n c_{z_i} x_i y_i; & \alpha_{46} &= -\sum_{i=1}^n c_{y_i} x_i z_i \\ \alpha_{55} &= \sum_{i=1}^n c_{x_i} z_i^2 + \sum_{i=1}^n c_{z_i} x_i^2; & \alpha_{56} &= -\sum_{i=1}^n c_{x_i} y_i z_i; & \alpha_{66} &= \sum_{i=1}^n c_{y_i} x_i^2 + \sum_{i=1}^n c_{x_i} y_i^2 \\ \alpha_{12} &= \alpha_{13} = \alpha_{25} = \alpha_{36} = \alpha_{23} = 0; & \alpha_{ij} &= \alpha_{ji} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де $C_{x_i}, C_{y_i}, C_{z_i}$ – проекції вектора жорсткості i -го пружного елемента на координатні осі X_1, Y_1, Z_1 .

За своєю структурою елементи α_{ij} , матриці A можуть бути розбиті на чотири групи і названі аналогічно компонентами тензора інерції. До першої групи відносяться елементи α_{ij} , у яких $i, j \leq 3$ і $i=j$. Вони представляють собою сумарні жорсткості, величина яких значно більша нуля.

Друга група елементів α_{ij} , у яких $i, j > 3$ і $i=j$. Вони представляють собою крутильні жорсткості підвіски системи бак-барабан. За знаками вони аналогічні моментам інерції відносно координатних осей, а отже також завжди додатні.

Третя група елементів α_{ij} , у яких $i, j \leq 3$ і $i \neq j$. Вони представляють собою статичні моменти жорсткостей, відносно координатних площин, отже можуть бути додатними, від'ємними і дорівнювати нулю.

I, нарешті, четверта група елементів, α_{ij} , у яких $i, j > 3$ і $i \neq j$. Вони представляють собою відцентрові моменти жорсткостей, відносно пар координатних площин. За знаками вони аналогічні відцентровим моментам інерції, тобто можуть бути додатними, від'ємними і дорівнювати нулю.

Така аналогія дозволяє розробити прості правила, при яких не діагональні елементи матриці жорсткості – статичні і відцентрові моменти жорсткостей будуть перетворюватись в нуль, що необхідно для розділення коливань системи. Зокрема, статичні і відцентрові моменти жорсткостей перетворяться в нуль, якщо координатні площини, відносно яких вони визначені, будуть площинами симетрії підвіски системи бак-барабан.

Аналогічні міркування справедливі і по відношенню до структури елементів матриці демпфірування D.

Для повного розділення вільних коливань необхідно, щоб крім матриці жорсткості A, діагональний вигляд мала і матриця інерційних коефіцієнтів M, що можливо при умові співпадання центра мас бака з центром мас зрівноваженого барабана.

Однак на практиці через випадковий характер розподілу білизни в барабані не вдається досягнути повного співпадання центра мас бака з центром мас зрівноваженого барабана. Проте все ж таки для зниження віброактивності пральної машини необхідно прагнути до того, щоб центр мас бака лежав на осі обертання барабана якомога ближче до його центра мас при рівномірному розподілу білизни.

Проведений вище аналіз системи диференціальних рівнянь руху горизонтального ротора дозволив виробити основні вимоги до конструкцій роторних машин з метою зниження їх віброактивності.

При конструюванні слід прагнути до того, щоб:

- а) центр мас ротора лежав на осі обертання;
- б) вісь обертання ротора була головною центральною віссю інерції;
- в) центр жорсткості системи пружних опор співпадав з центром ваги ротора, а головні осі жорсткості – з головними центральними осями інерції;
- г) головні осі постійних в'язкого тертя співпадали з головними центральними осями інерції ротора.

Отримані вимоги щодо конструкцій машин з низькою віброактивністю співпадають із описаними вище результатами експериментальних досліджень коливань пральної машини, оскільки зниження вібрацій вдалось досягти саме завдяки суміщенню центра мас ротора і осі обертання.

Ці вимоги були перевірені і на іншій пральній машині «В'ятка-автомат», що має конструкцію, яка відповідає описаній в математичній моделі. Завдяки суміщенню центра жорсткості системи пружних опор з центром ваги ротора, а головних осей жорсткості – з головними центральними осями інерції вдалось знизити її віброактивність в кожному з напрямків не менше ніж на 20 %, а також підвищити ефективність автобалансування в 1,5 рази [2].

Література

1. Справочник по балансировке / Левит М. Е., Агафонов Ю. А., Вайнгортин Л. Д [и др.]. – М.: Машиностроение, 1992. – 464 с.
2. Експериментальні дослідження процесу автоматичного балансування роторів з горизонтальною віссю обертання / Ройзман В.П., Ткачук В.П., Драч І.В., Барздайтис В // Сборник трудов междунар. научно-технической конференции «Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов». – г.Шарм эль Шейх, Египет. – 2006. – С. 161-167.

Надійшла 21.11.2009 р.

ВПЛИВ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РОБОЧОГО ПРОФІЛЮ КЛИНА В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В ПАРІ ГОЛКА – КЛИН

Представлено результати досліджень впливу точності виготовлення робочого профілю клина в'язальної машини на динамічні навантаження в парі голка-клин. Одержана залежність, за допомогою якої, аналізуючи кореляційні функції погрешностей виготовлення профілю клина, можна встановити необхідні вимоги до точності його виготовлення.

The outcomes of researches of influencing of accuracy of manufacturing of a working profile of a wedge of a knitting machine on dynamic loads in the wagger a needle - wedge are shown. The obtained relation, with the help by which one, analysing correlation functions of inaccuracies of manufacturing of a profile of a wedge, is possible to establish indispensable tolerance requirements of its manufacturing.

Ключові слова: робочий профіль клину, в'язальна машина, пара голка-клин.

Вступ

Ефективність роботи в'язальних машин зумовлена динамічними навантаженнями, що виникають у зоні взаємодії голок з клинами в'язальних систем. Як відомо [1], ці навантаження негативно позначаються як на якості трикотажного полотна, так і на надійності та довговічності роботи клинів і машини в цілому.

Питанню зниження динамічних навантажень у в'язальних системах шляхом конструктивних удосконалень клинів присвячено ряд робіт [2-5]. Але питання впливу точності виготовлення робочого профілю клина в'язальної машини на динамічні навантаження в парі голка-клин практично не вивчено і потребує подальшого дослідження.

Дослідження авторів присвячені розробці методу оцінки впливу точності профілю клина в'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають в парі голка-клин, за допомогою якого можна було б установити необхідні вимоги на точність виготовлення профілю клина.

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи в'язальних машин шляхом підвищення якості виготовлення їх клинів, розробка методу оцінки впливу точності виготовлення профілю клина на динамічні навантаження в парі голка-клин є актуальною для сучасного легкого машинобудування.

Об'єктом досліджень обрано клин механізму в'язання в'язальної машини.

При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії вірогідності та математичної статистики.

Завданням досліджень стала розробка методу оцінки впливу точності робочого профілю клина в'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають в парі голка-клин.

Основний розділ

З метою ефективного зниження динамічних навантажень в парі голка-клин одним із авторів був розроблений метод синтезу раціонального профілю клина [5]. Результатом цього методу було рівняння (поліном шостого порядку), що визначає шуканий (оптимальний стосовно прискорення) профіль клина. Ясно, що реалізація цього профілю не може бути забезпечена абсолютно ідеально. У зв'язку з цим виникає питання: як будуть змінюватися динамічні навантаження в системі клин-голка, якщо фактично реалізований профіль клина буде відрізнятися від оптимального?

Розглянемо профілі клинів, представлені на рис. 1. Тут $S_p(l)$ – реальний (виготовлений) профіль, а $S(l)$ – ідеальний профіль, розрахований за наведеною раніше методикою [5]. Обидва профілі розглядаються в координатах: y – переміщення голки у вертикальному і l – горизонтальному напрямках. Далі $S_p(l)$ будемо називати реальним профілем клина, а $S(l)$ – ідеальним його профілем. Різницю $\delta(l) = S_p(l) - S(l)$ природно називати погрешністю виготовлення клина. Графік погрешності виготовлення клина показаний на рис. 2.

Припустимо, що виготовлено « k » штук клинів. Профіль (реальний) кожного з них позначимо через $S_{pi}(l)$, де $i = 1, 2, \dots, k$. Очевидно, що кожному з цих профілів відповідає один і той же ідеальний профіль. Тому погрешність виготовлення профілю клина з номером i прийме вигляд:

$$\delta_i(l) = S_{pi}(l) - S(l). \quad (1)$$

Графік $\delta_i(l)$ для конкретного значення $i = j \leq k$ будемо називати реалізацією погрешності k -ї операції виготовлення клина.

Перше припущення щодо природи розглянутої тут погрешності полягає в тому, що для будь-якого фіксованого значення $l = l_p \in [0, L]$ величини $\delta_i(l_p)$, де $i = \overline{1, k}$ передбачаються випадковими. Це

припущення виправдується тим, що погрішність $\delta_i(l_p)$ залежить від безлічі факторів, що не повторюються від однієї операції виготовлення до іншої. Тому відмінність $\delta_{j+1}(l_p)$ від $\delta_j(l_p)$ завжди буде. В силу даного припущення погрішність $\delta_i(l)$, як функція від параметра l , і номер операції буде відповідати поняттю випадкової функції [6]. При фіксованому значенні $i + i_1$ ця функція, як функція тільки від l , називається реалізацією даної випадкової функції, а при фіксованому значенні $l + l_p$ значення $\delta_i(l_p)$ цієї функції, як функції від номера реалізації i , являють собою випадкові величини.

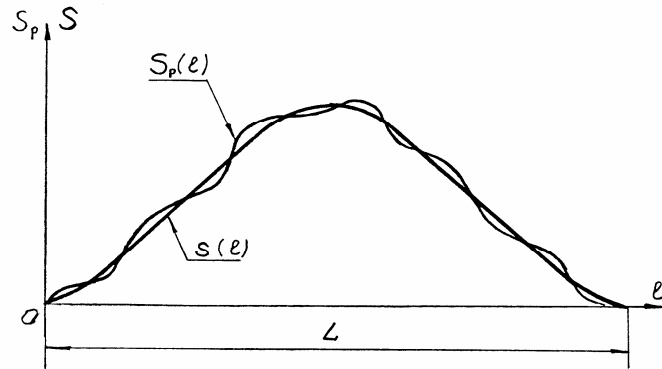


Рис. 1. Фактично реалізований $S_p(l)$ і розрахунковий $S(l)$ профілі клина

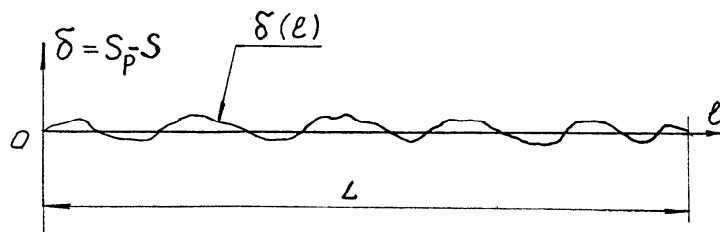


Рис. 2. Графік погрішності виготовлення клина $\delta(l) = S_p(l) - S(l)$

Друге припущення буде полягати в тому, що при кожному фіксованому значенні $l = l_p \in [0, L]$ приймається, що величини $\delta_1(l_p)$, $\delta_2(l_p)$, ..., $\delta_k(l_p)$ розподілені за нормальним законом [7]. Дане припущення звичайно виконується в тому випадку, коли кожна з величин є наслідком декількох діючих одночасно невизначених факторів (практично їхнє число повинне бути не менш трьох-чотирьох). Але це і справді має місце, оскільки на значення погрішності виготовлення $\delta_i(l_p)$ впливають такі фактори, як зазори і люфти в кінематичних ланках, температура і швидкість обробки деталі, неоднорідність оброблюваного матеріалу і т.п.

Нарешті, третє припущення полягає в тому, що на інтервалі $[0, L]$ (рис. 2) середнє відхилення профілю $S_p(l)$ від $S(l)$ дорівнює нулеві або точніше середня погрішність

$$\delta = \frac{1}{L} \int_0^L \delta_i(l) dl \quad (2)$$

дорівнює нулеві на ділянці $[0, L]$ для будь-якої операції $i (i = 1, 2, \dots, k)$. Іншими словами відсутня систематична помилка виготовлення профілю.

Повертаючись до вихідної задачі, поставленої вище, будемо припускати, що виготовлено k штук клинів. Вибираємо деякий крок дискретності, вимірів профілю Δ , рівний, наприклад, $L/10$, де L розмір клина по осі абсцис (рис. 1). У точках $q\Delta$, де $q = 0, 1, \dots, 10$ за допомогою досить точного профілометра вимірюємо значення $S_p(q\Delta)$ ординат фактично виготовленого профілю клина і знаходимо погрішність:

$$\delta(q\Delta) = S_p(q\Delta) - S(q\Delta), \quad (3)$$

де, як і раніше, $q = 0, 1, \dots, 10$.

Зазначену операцію виконуємо з кожним із k клинів. Отримані для кожного окремого клина реалізації погрішності виготовлення клинів (3) розташовуємо послідовно одна за одною (по осі абсцис) у

будь-якому порядку. У результаті одержуємо реалізацію $\delta(r\Delta)$ для $r = 0, 1, \dots, 10K$. Припускаючи, що ця реалізація відповідає реалізації стаціонарної випадкової функції [7], визначаємо характеристики m_δ і $K_\delta(r\Delta)$ цієї функції за формулами (4.350) і (4.352) [5], де $N = 10K$. При цьому математичне чекання при відсутності систематичної погрішності виготовлення повинне дорівнювати нулеві.

Типовий вид кореляційної функції одержуваної при цьому, показаний на рис. 3. Тут кружками позначені точки, у яких обчислюється значення функції $\tilde{K}_\delta(r\Delta)$ (по співвідношенню (4.352) [5]). Суцільною лінією проведена інтерпольована крива. Помітимо, що в силу симетрії функції $\tilde{K}_\delta(r\Delta)$ для позитивних і негативних значень аргументу, на рис. 3 представлена тільки одна половина графіка цієї функції. Далі для суцільної кривої на рис. 3 варто підібрати підходяще аналітичне вираження і визначити його параметри. Для цього потрібно скористатися табл. 4.17 [5]. Так, у розглянутому випадку можна прийняти:

$$\frac{1}{\tilde{K}_\delta(0)} \tilde{K}(\tau) = e^{-h(\tau)} \cos \beta t. \quad (4)$$

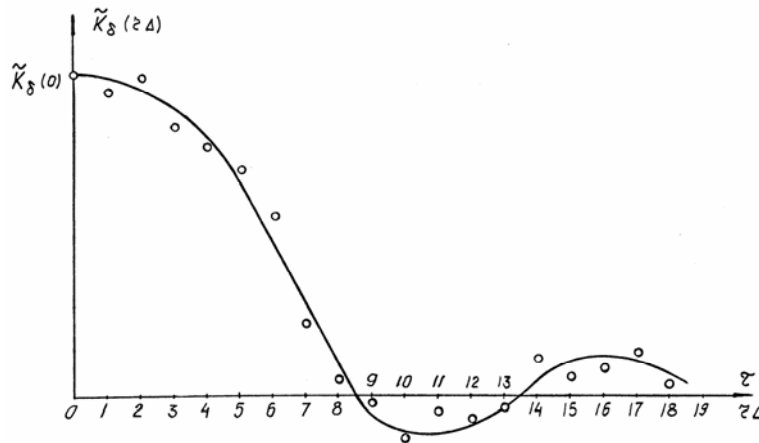


Рис. 3. Кореляційна функція погрішності виготовлення профілю клина

Параметр β неважко визначити з умови рівності нулеві кореляційної функції рис. 3 у точці $\tau = 8,5\Delta$. Після чого, задаючись декількома значеннями параметра h , варто побудувати декілька кривих і вибрати з них найближчу до заданої. Далі по табл. 4.17 [5] потрібно знайти щільність $P(\Omega)$, що відповідає обраному аналітичному виразу для кореляційної функції. У даному прикладі це буде щільність, записана в другому рядку табл. 4.17 [5]. Після чого по формулі (4.359) [5] варто визначити величину дисперсії прискорення голки, обумовлену неточністю виготовлення профілю клина. Як дисперсію σ_x^2 тут варто взяти значення $\tilde{K}_\delta(0)$. Таким чином, шукана дисперсія буде дорівнювати:

$$D_\delta'' = \tilde{K}_\delta(0) \int_{-\infty}^{\infty} \Omega^4 P(\Omega) d\Omega \quad (5)$$

Використовуючи правило трьох сигм [6] і допущення про нормальний закон розподілу погрішності, можна стверджувати, що з імовірністю близькою до одиниці прискорення, зумовлені неточністю виготовлення клина, не перевершать величини $3\sqrt{D_\delta''}$.

Нехай \bar{a} – максимальне прискорення, що набуває голка, переміщуючись по ідеально виготовленому профілю клина. Тоді з урахуванням погрішності виготовлення клина фактичне прискорення не перевершить величини:

$$a \leq \bar{a} + 3\sqrt{\tilde{K}_\delta(0)} \cdot z, \quad (6)$$

де позначено

$$z^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \Omega^4 P(\Omega) d\Omega. \quad (7)$$

Оцінка (6) безпосередньо впливає з попередніх міркувань, заснованих на правилі трьох сигм і гіпотезі нормальності.

З умови (6) можна установити необхідні вимоги на точність виготовлення профілю клина, аналізуючи кореляційні функції погрішностей його виготовлення запропонованим тут способом.

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити висновок, що визначення параметра a по залежності (6) і співставлення його з величиною \bar{a} дозволяє оцінити вплив точності виготовлення профілю клина на величину динамічних навантажень у парі голка-клин, а також на величину напружень, що виникають у голці при роботі в'язальної машини.

Література

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин. – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
2. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 209 с.
3. Повышение надежности трикотажного оборудования / Пипа Б.Ф., Волощенко В.П., Шипуков С.Т., Орлов В.А. – К.: Техника, 1983. – 112 с.
4. Волощенко В.П., Пипа Б.Ф., Шипуков С.Т. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства. – К.: Техніка, 1977. – 136 с.
5. Пипа Б.Ф. Динаміка механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2008. – 416 с.
6. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука, 1965. – 512 с.
7. Пугачев В.С. Введение в теорию вероятностей. – М.: Наука, 1968. – 368 с.

Надійшла 4.11.2009 р.

УДК 621.22

С.В. РЕПІНСЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ОПОРУ ПЛАНШАЙБИ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

В роботі представлено експериментальний стенд для дослідження характеристик аксіально-поршневого насоса з комбінованим автоматичним регулятором. На стенді проведено повний трьохфакторний експеримент для побудови математичної моделі моменту опору планшайби насоса залежно від тиску на виході насоса, подачі насоса і температури робочої рідини. Адекватність визначеної залежності для розгляданого діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера.

In activity the experimental bench for a signature analysis of an axial - piston pump with a combined automatic regulator is shown. On a bench the full three-factor experiment for construction of a mathematical model of drag torque of a circular table of the pump in pressure function on a pump outlet, pump capacity and temperature of working fluid is conducted. The adequacy to definite relation for considered range of levels of the factors is affirmed by yardstick of the Fisher.

Ключові слова: критерій Фішера, автоматичний регулятор.

Вступ

Момент або зусилля, що діє на регулюючий орган, – найважливіша характеристика регульованої гідропердачі, яка необхідна для вибору гідропідсилювача або інших пристроїв для керування гідропередачею. Зокрема для аксіально-поршневих насосів з автоматичним регулятором подачі практичний інтерес представляє момент (або зусилля), який повинен долати механізм регулювання при переміщенні регулюючого органа (при зміні робочого об'єму насоса). Величина цього моменту (зусилля) визначає потужність виконавчого механізму системи керування, який переміщає орган керування або утримує його в спокої. В аксіально-поршневому насосі регулюючим органом є похилий диск (планшайба), поворотом якої регулюється подача насоса. Момент на регулюючому органі в такому насосі залежить від тиску і величини подачі, конструкції насоса, сил тертя, інерційного, гіроскопічного ефектів та інших факторів [1].

Розрахувати вказані параметри практично важко, зважаючи на це для оцінки їх впливу на момент опору планшайби насоса виходять з дослідних даних з використанням сучасних статистичних методів планування і аналізу експерименту, які дозволяють значно підвищити ефективність досліджень.

Основний розділ

На рис. 1 показана схема експериментального стенду, що використовується для дослідження характеристик системи керування аксіально-поршневим насосом. Його основними вузлами є виконавча частина з системою гідравлічного навантаження, основний аксіально-поршневий регульований насос з комбінованим автоматичним регулятором, станція підживлення основного насоса, розподільча частина, кондиціонери робочої рідини (бак, фільтри, теплообмінник) і вимірювально-реєструюча апаратура.

Насосна частина стенду містить насос підживлення НП, який подає робочу рідину з баку Б через фільтри Ф1 і Ф2 до аксіально-поршневого регульованого насоса 1. Планшайба 2 насоса знаходиться під впливом дії циліндрів керування 3, 4 і пружини 5.

Комбінований автоматичний регулятор 6 робочого об'єму насоса включає регулятор подачі 7 і регулятор потужності 9 [2, 3, 4]. Регулятор подачі 7 з пружиною 8 підтримує постійний перепад тиску на дросельній щілині Др.1 пропорційного розподільника Р1. Регулятор потужності 9 з профільним робочим вікном золотника і пружиною 10 обмежує значення максимального тиску в напірній гідролінії та забезпечує роботу насоса в режимі постійної потужності. Запобіжні клапани КЗ1 і КЗ2 обмежують значення максимального тиску в гідросистемі в аварійних режимах.

Виконавча частина стану містить гідромотор М, який послідовно сполучений з регульованим дроселем Др.2. Регульований дросель Др.2 служить для імітації навантаження. Зменшення провідності Др.2 забезпечує збільшення тиску p_1 в робочій гідролінії і відповідно збільшення тиску p_H на виході насоса до необхідної величини. Таким чином, змінюючи провідність регульованого дроселя Др.2 можна забезпечити необхідну величину і режими статичного навантаження.

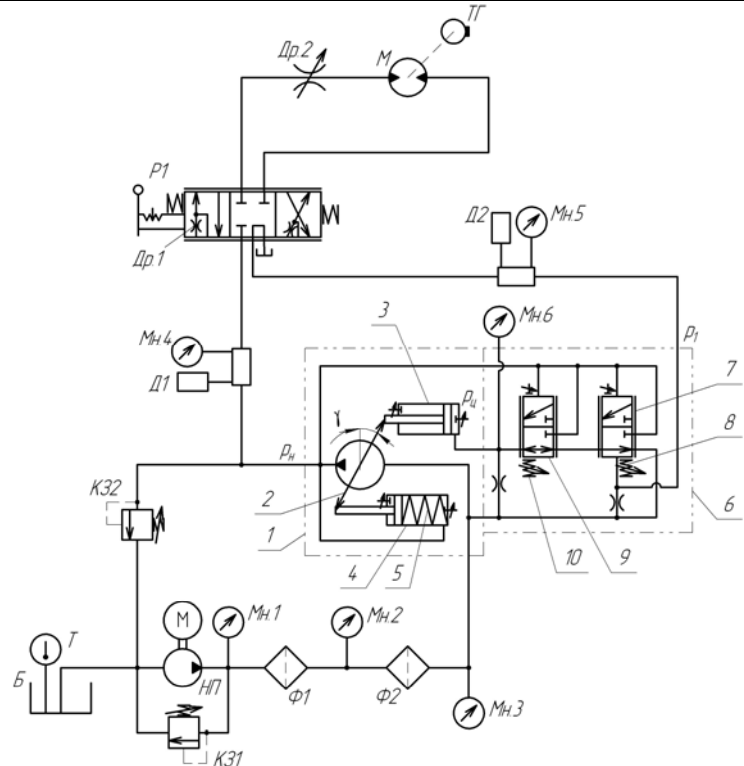


Рис. 1. Схема експериментального стану

Фактична подача регульованого насоса Q_n визначається по частоті обертання вала гідромотора:

$$Q_n = q_M \cdot n_M,$$

де $q_M = 40 \text{ см}^3$ – робочий об'єм гідромотора; n_M – частота обертання вала гідромотора.

На станді можна проводити фізичне моделювання функціонування системи керування в широкому діапазоні зміни навантаження на виконавчому гідродвигуні. У процесі виконання експериментальних досліджень при вимірюванні характеристик досліджуваних об'єктів застосовувалися манометри Мн.1, 2, 3, 4, 5, 6, які дозволяють реєструвати величини тисків робочої рідини в різних точках гідросистеми при статичних режимах навантаження. Тахогенератор ТГ дозволяє фіксувати частоту обертання вала гідромотора n_M . Бак оснащений термометром для контролю температури робочої рідини.

Розроблений стенд дозволяє провести повнофакторний експеримент для побудови математичної моделі моменту опору планшайби насоса M_C . В якості факторів вибрані такі параметри, як тиск на виході насоса p_H , подача насоса Q_n і температура робочої рідини t_P .

Вибрані фактори p_H , Q_n , t_P відповідно позначено через x_1 , x_2 , x_3 .

Перед початком експериментального дослідження встановлено верхній і нижній рівні факторів (табл. 1).

Таблиця 1

Кодові значення рівнів факторів

Рівні факторів	Кодове позначення	p_H , МПа	Q_n , м ³ /с	t_P , °С
		x_1	x_2	x_3
Основний	0	7	$0,417 \times 10^{-3}$	40
Інтервал варіювання		3	$0,25 \times 10^{-3}$	20
Верхній	+	10	$0,667 \times 10^{-3}$	60
Нижній	-	4	$0,167 \times 10^{-3}$	20

Тут інтервал варіювання є окремою величиною для кожного фактора.

Додавання інтервалу варіювання до основного рівня дає верхній, а віднімання – нижній рівні факторів.

Для зручності запису умов досліду і обробки експериментальних даних необхідно виконати кодування факторів, тобто перевести натуральні значення рівнів факторів в кодові безрозмірні величини за формулою $x_i = (x_i - x_{i0}) / \Delta x_i$, де x_i – кодове значення i -го фактора; x_i – натуральне значення i -го фактора; x_{i0} – початковий (основний) рівень фактора; Δx_i – інтервал варіювання i -го фактора.

Після кодування рівні факторів приймають значення -1 або $+1$.

Наприклад: верхній рівень 1-го фактора $x_1 = (10 - 7)/3 = +1$; нижній рівень 1-го фактора $x_1 = (4 - 7)/3 = -1$ і т.д.

Для оцінки впливу вибраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу в якості моделі доцільно використовувати поліном першого степеню

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \dots + b_{12\dots k}x_1x_2\dots x_k. \quad (1)$$

Поліном лінійний відносно невідомих коефіцієнтів, що спрощує обробку експериментальних даних. Для трьох факторів математична модель набуде вигляду

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3.$$

Кількість дослідів, необхідна для реалізації всіх можливих сполучень рівнів факторів, визначається за залежністю $N = 2^k$, де N – число дослідів; k – число факторів; 2 – число рівнів (верхній і нижній).

Для проведення експерименту необхідно прийняти матрицю планування, в якій стрічки відповідають різним незалежним дослідом, а стовпчики – рівням факторів. Матриця планування повного трифакторного експерименту представлена в таблиці 2.

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

Номер дослідів	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$
1	+	-	-	-	+	+	+	-
2	+	+	-	-	-	-	+	+
3	+	-	+	-	-	+	-	+
4	+	+	+	-	+	-	-	-
5	+	-	-	+	+	-	-	+
6	+	+	-	+	-	+	-	-
7	+	-	+	+	-	-	+	-
8	+	+	+	+	+	+	+	+

В таблиці 2 наведені кодові значення факторів $+1$ і -1 . Для спрощення записів одиниці опускаються.

В матрицю введений стовпчик фіктивної перемінної x_0 , яка у всіх випадках приймає тільки значення "+" і призначена для розрахунку вільного члену b_0 . Стовпчики подвійної і потрійної взаємодії отримуються перемноженням стовпчиків x_1 , x_2 , x_3 і призначені для розрахунку відповідних коефіцієнтів рівняння (1).

Для постановки кожного із 8 дослідів фактори $x_1(p_H)$, $x_2(Q_n)$ і $x_3(t_P)$ задаються у відповідності з матрицею планування (табл. 2) на верхньому (+) або нижньому (-) рівнях.

Так, наприклад, 1-й дослід у відповідності з табл. 1 і 2 проводиться при наступних параметрах: $p_H = 4$ МПа, $Q_n = 0,167 \times 10^{-3}$ м³/с, $t_P = 20$ °С. 2-й дослід – $p_H = 10$ МПа, $Q_n = 0,167 \times 10^{-3}$ м³/с, $t_P = 20$ °С і т.д.

В процесі кожного дослідів реєструвалося значення тиску в циліндрі керування положенням планшайби насоса $p_{Ц}$. З метою підвищення точності виміру величини тиску $p_{Ц}$ проводилися 3 паралельних дослідів при незмінних режимах.

Момент опору M_C визначався за формулою

$$M_C = \ell(F_4 \cdot p_{Ц} - F_5 \cdot p_H),$$

де $\ell = 64 \times 10^{-3}$ м – плече дії керуючих циліндрів на планшайбу насоса; $F_4 = 4,15 \times 10^{-4}$ м² – площа циліндра керування 3 (рис. 1); $F_5 = 1,13 \times 10^{-4}$ м² – площа підпружиненого циліндра керування 4.

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожного рядка матриці визначається за формулою $\bar{y}_j = \sum_u y_{ju} / r$, де r – число паралельних дослідів; u – номер паралельного дослідів; y_{ju} – значення параметра оптимізації в u -му паралельному дослідів j -го рядка матриці.

При проведенні 1-го дослідів 3 паралельних виміри тиску $p_{Ц}$ дали наступні результати: 2,52; 2,58 і 2,7 МПа. Відповідно момент опору планшайби насоса M_C складає: 38,00; 39,6; 42,78 Н·м.

Тоді $\bar{y}_j = (38,53+41,19+40,66)/3 = 40,13$ Н·м і т.д.

Для оцінки відхилень параметра оптимізації від середнього його значення обчислено дисперсію паралельних дослідів

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^r (y_{ju} - \bar{y}_j)^2 / (r-1).$$

В 1-му досліді дисперсія рівна $S_1^2 = (4,54 + 0,28 + 7,02)/2 = 5,92$ і т.п.

Результати дослідів і їх розрахункові параметри приведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати дослідів

Номер дослідів	Момент опору планшайби насоса M_C , Н·м				$y_1 - \bar{y}$	$y_2 - \bar{y}$	$y_3 - \bar{y}$	$(y_1 - \bar{y})^2$	$(y_2 - \bar{y})^2$	$(y_3 - \bar{y})^2$	S_j^2
	y_1	y_2	y_3	\bar{y}							
1	38,00	39,6	42,78	40,13	-2,13	-0,53	+2,65	4,54	0,28	7,02	5,92
2	39,95	41,53	36,21	39,23	+0,72	+2,3	-3,02	0,52	5,29	9,12	7,47
3	42,23	38,29	31,89	37,47	+4,76	+0,82	-5,58	22,66	0,67	31,14	27,24
4	5,54	7,46	13,07	8,69	-3,15	-1,23	+4,38	9,92	1,51	19,18	15,31
5	34,17	30,37	35,93	33,49	+0,68	-3,12	+2,44	0,46	9,73	5,95	8,07
6	33,42	28,12	32,24	31,26	+2,16	-3,14	+0,98	4,67	9,86	0,96	7,75
7	32,16	38,36	25,96	32,16	0	+6,2	-6,2	0	38,44	38,44	38,44
8	6,75	5,82	1,53	4,7	+2,05	+1,12	-3,17	4,2	1,25	10,05	7,75
Σ				227,13							117,95

Однорідність дисперсії паралельних дослідів перевіряється за G -критерієм Кохрена, що представляє собою відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій

$$G_p = S_{j \max}^2 / \sum_{j=1}^N S_j^2 = 38,44/117,95 = 0,326.$$

Гіпотеза про однорідність дисперсії підтверджується, якщо розрахункове значення критерію не перевищує табличного [5].

Рівень значущості всіх розглядуваних критеріїв $\alpha = 0,05$. При цьому вірогідність P вірної відповіді складе

$$P = 1 - 0,05 = 0,95 \text{ або } 95 \%.$$

Розрахункове значення критерію порівнюється з табличним для степенів вільності чисельника $f_1 = r - 1 = 3 - 1 = 2$ і знаменника $f_2 = N = 8$. Оскільки $G_{табл} = 0,5157 > G_p = 0,326$, то гіпотеза про однорідність паралельних дослідів приймається.

Звідси дисперсія відтворюваності буде рівною

$$S^2(y) = \sum_{j=1}^N S_j^2 / N = 117,95/8 = 14,74.$$

Помилка експерименту складе

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = \sqrt{14,74} \approx 4,0.$$

Далі проводимо розрахунок коефіцієнтів математичної моделі (1).

Вільний член b_0 обчислено за формулою $b_0 = \sum_{j=1}^N \frac{\bar{y}_j}{N} = 28,39$.

Коефіцієнти, які характеризують лінійні ефекти моделі (b_1, b_2 і b_3), визначено з виразу

$$b_1 = \sum_{j=1}^N \frac{x_1 \bar{y}_j}{N} = -7,42. \text{ Аналогічно } b_2 = -7,636; b_3 = -2,988.$$

Коефіцієнти ефекту взаємодії ($x_1 x_2, x_1 x_3, x_2 x_3$ і $x_1 x_2 x_3$) розраховано за залежністю

$$b_{12} = \sum_{j=1}^N \frac{x_1 x_2 \bar{y}_j}{N} = -6,64. \text{ Аналогічно } b_{13} = 0; b_{23} = 0,664; b_{123} = 0,332.$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння (1)

$$\hat{y} = 28,39 - 7,42x_1 - 7,636x_2 - 2,988x_3 - 6,64x_1x_2 + 0,664x_2x_3 + 0,332x_1x_2x_3. \quad (2)$$

Перевірка статистичної значущості коефіцієнтів виконується за t -критерієм Стьюдента. Для повного факторного експерименту помилки всіх коефіцієнтів рівні між собою і визначаються по формулі

$$S(b_i) = S(y) / \sqrt{N \cdot r} = 4 / \sqrt{8 \cdot 3} = 0,82.$$

Далі визначається довірчий інтервал довжиною $2\Delta b_i$.

$$\Delta b_i = \pm t_{кр} \cdot S(b_i) = 2,12 \cdot 0,82 = \pm 1,74.$$

Критичне значення $t_{кр} = 2,12$ прийалося по [5] для числа степенів вільності $N(r-1) = 8 \cdot 2 = 16$ (при $\alpha = 0,05$).

Коефіцієнт є значимим, якщо $|b_i| \geq \Delta b_i$. В рівнянні (2) такими коефіцієнтами є $|b_{23}| = 0,664$ і $|b_{123}| = 0,332$, тому їх можна виключити без перерахунку інших.

Після виключення статистично незначущих коефіцієнтів рівняння (2) набуде вигляду

$$\hat{y} = 28,39 - 7,42x_1 - 7,636x_2 - 2,988x_3 - 6,64x_1x_2, \quad (3)$$

або у розгорнутому вигляді з використанням натуральних значень факторів

$$M_C = 28,39 - 7,42 \frac{p_H - 7 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^6} - 7,636 \frac{Q_n - 0,417 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}} - 2,988 \frac{t_P - 40}{20} - 6,64 \left(\frac{p_H - 7 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^6} \right) \left(\frac{Q_n - 0,417 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}} \right). \quad (4)$$

Коефіцієнти в рівнянні вказують на силу впливу факторів. Чим більша величина коефіцієнта, тим більший вплив здійснює даний фактор.

Якщо коефіцієнт має знак "+", то зі збільшенням значення фактора параметр оптимізації збільшується.

Знак "-" при коефіцієнті вказує, що при збільшенні значення даного фактора параметр оптимізації зменшується. В даному випадку такими факторами є тиск на виході насоса p_H , подача Q_n і температура робочої рідини t_P .

Отримане рівняння перевіряється на адекватність по критерію Фішера

$$F_p = S_{ag}^2 / S^2(y).$$

Тут дисперсія адекватності

$$S_{ag}^2 = r \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 / (N - \lambda),$$

де λ – число значущих коефіцієнтів рівняння; \bar{y}_j – середнє арифметичне значення параметра оптимізації в j -му досліді; \hat{y}_j – значення параметра оптимізації, яке обчислене по моделі для умов j -го досліді.

Якщо виконується умова $F_p \leq F_{табл}$, то розроблена модель є адекватною.

Значення параметра оптимізації \hat{y} обчислено по математичній моделі (3) і матриці планування (табл. 2). Наприклад, для 1-го досліді

$$\hat{y} = 28,39 - 7,42(-1) - 7,636(-1) - 2,988(-1) - 6,64(+1) = 39,79 \text{ і т.д.}$$

В результаті проведених розрахунків визначено дисперсію адекватності $S_{ag}^2 = 3 \cdot \frac{4,41}{8-5} = 4,41$.

Критерій Фішера (розрахунковий) $F_p = 4,41/14,74 = 0,299$.

По [5] визначено критичне значення F_p -критерію для степенів вільності $F_{ag} = N - \lambda = 8 - 5 = 3$ і $f_E = N(r-1) = 8(3-1) = 16$ (при $\alpha = 0,05$).

Оскільки $F_p = 0,299 < F_{табл} = 3,24$, то модель є адекватною.

Висновки

1. Проведений повний трьохфакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності моменту опору M_C планшайби аксіально-поршневого насоса від таких параметрів, як тиск на виході насоса p_H , подача насоса Q_n і температура робочої рідини t_P .

2. Отримана математична модель підтверджує значущість впливу вибраних факторів p_H (x_1), Q_n

(x_2) і $t_P (x_3)$, а також ефекту взаємодії p_H і $Q_n (x_1x_2)$ на момент опору планшайби насоса M_C .

3. Виявлено, що зі збільшенням тиску на виході насоса p_H і подачі Q_n момент опору планшайби насоса M_C зменшується, так як коефіцієнти b_1 і b_2 вийшли від'ємними. При цьому більший вплив в діапазоні вибраних рівнів варіювання факторів здійснює подача насоса $Q_n (b_2 > b_1)$. При збільшенні температури робочої рідини t_P момент опору планшайби насоса M_C зменшується, але вплив цього фактору менш значний, чим вплив тиску на виході насоса p_H і подачі Q_n , оскільки $b_3 < b_1 < b_2$.

4. Адекватність визначеної залежності для розглядуваного діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера.

Література

1. Прокофьев В. Н. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод / Под ред. В. Н. Прокофьева. – М.: Машиностроение, 1969. – 496с.
2. Буренников Ю. А. Удосконалення схем регуляторів подачі насосів гідросистем, чутливих до навантаження, та їх статичні характеристики / Ю. А. Буренников, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник ВПІ. – 2004. – № 5. – С.88-92
3. Буренников Ю. А. Експериментальний стенд для дослідження характеристик гідроприводу з насосом змінної продуктивності / Ю. А. Буренников, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Промислова гідраліка і пневматика – 2007. – № 4 (18). – С. 79-82
4. Буренников Ю. А. Динаміка системи керування регульованим насосом з автоматичним регулятором подачі / Ю. А. Буренников, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»). – Луцьк, 2009. – Випуск 25, частина II. – С.26-30
5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский – М.: Наука, 1976. – 280с.

Надійшла 9.11.2009 р.

УДК 621.891

В.П. СВИДЕРСЬКИЙ, Л.П. МЕЛЬНИЧУК, В.С. НАРАЄВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАТЯЖНОГО БАШМАКА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЯ ВАЗ – 21011

Виконано аналіз роботи і видів зношування башмака газорозподільчого механізму автомобіля ВАЗ – 21011. Обґрунтовано вибір матеріалу для заміни базового матеріалу башмака газорозподільчого механізму. Виконані лабораторні дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів башмака газорозподільчого механізму показали доцільність застосування в якості башмака матеріалу графелон-20.

The analysis of operation and kinds of wearing of the gas-distributing gear VAZ-21011 shoe is determined. Selection of the material for replacing of the basis material of the gas-distributing gear shoe is grounded. The laboratory investigations of the wear of the antifriction materials of the gas-distributing gear shoe show the necessity of application the material Graphelton-20 as a shoe.

Ключові слова: газорозподільчий механізм, зносостійкість, графелон-20.

Вступ

Двигун внутрішнього згорання складається із трьох систем і двох механізмів: кривошипно-шатунний механізм, механізм газорозподілу, система мащення, система охолодження, система живлення й система запалювання.

Розподільний вал – чавунний, встановлений на п'яти опорних шийках та обертається в алюмінієвому литому корпусі в підшипниках ковзання, встановлений на головці циліндрів [1]. До передньої частини розподільчого валу кріпиться ведуча зірочка. Від осьових переміщень вал утримується опорним фланцем, що розміщений у проточці передньої опорної шийки розподільчого валу. Привід розподільного валу здійснюється від ведучої зірочки 5 (рис. 1) колінчастого валу дворядним втулково-роликівим ланцюгом 2. Цим же ланцюгом приводиться в рух зірочка 4 вала приводу масляного насоса. Ланцюговий привід має напівавтоматичний натяжник 8 із башмаком 7 та заспокоювачем 3 ланцюга з гумовими накладками.

У нижній частині блоку циліндрів встановлений обмежувальний палець 6, який запобігає спаданню ланцюга в картер при знятій зірочці 1 розподільчого валу. Натяжник складається з корпуса 2 (рис. 2), стержня 3 з двома пружинами, плунжера 7 та ковпачкової гайки 1 з зажимним сухарем 9, який фіксується в гайці з стопорним кільцем 4. Пружина 8 діє на стержень через шайбу 6. Плунжер утримується від випадання

з корпусу стопорним кільцем 4.

Після відкручування гайки 1 стержень 3 звільняється, пружина 5 та 8 тиснуть на плунжер 7, а він – на башмак, таким чином, ланцюг натягується. Після затягування гайки 1 стержень зажимається цангами сухаря 9, та при роботі двигуна на плунжер 7 діє тільки пружина 5. Вона відтягує плунжер від головки стержня 3, і в зазор між ними затікає мастило, що грає роль амортизатора при ударах ланцюга. Завдяки гарантованому зазору 0,2 – 0,5 мм між стержнем 3 та плунжером 7 при сильних ударах ланцюга вступає в дію пружина 8. Для розрізнення башмаків натяжника ланцюга зроблена мітка на торцевій поверхні кронштейна.

Для правильного взаємного розташування зірочок, тобто для встановлення фаз газорозподілу існують верхні і нижні установчі мітки. Верхні розміщені на зірочці розподільчого валу й корпусі підшипників. Нижні мітки – на зірочці колінчастого валу й блоці циліндрів. Дворядний втулково-роликівий ланцюг у двигуні автомобіля ВАЗ призначений для приведення в дію механізму газорозподілу.

Натяжний башмак ланцюга газорозподільного механізму автомобіля ВАЗ виготовлений у вигляді колодки зі сталі Ст. 10, на яку вулканізовано гумову накладку. Гумова накладка натяжного башмака – це СКН – бутадієнітрильний каучук – продукт сумісної полімеризації бутадієна з нітрилом акрилової кислоти. Залежно від складу каучук випускають наступних марок: СКН – 18, СКН – 26, СКН – 40. Наявність

у молекулах каучука групи CN надає йому полярні властивості. Чим вища полярність каучука, тим вищі його механічні і хімічні властивості, і тим нижча морозостійкість (наприклад, для СКН – 18 від – 50 до – 60°C, для СКН – 40 від – 26 до – 28°C). Для натяжника застосовується каучук СКН – 40. Вулканізують СКН за допомогою сірки. Гуми на основі СКН можуть працювати в середовищі бензину, палива, масел в інтервалі температур від – 30 до 130°C.

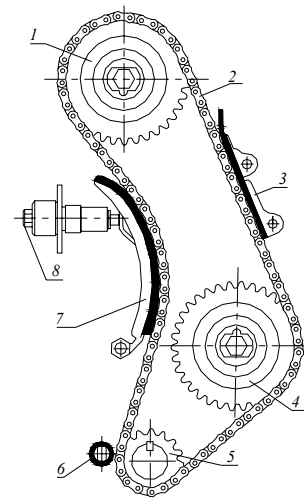


Рис. 1. Ланцюговий привід автомобіля ВАЗ – 21011: 1 – зірочка, 2 – ланцюг, 3 – заспокоювач, 4 – зірочка валу приводу масляного насоса, 5 – ведуча зірочка, 6 – обмежувальний палець, 7 – башмак, 8 – натяжник

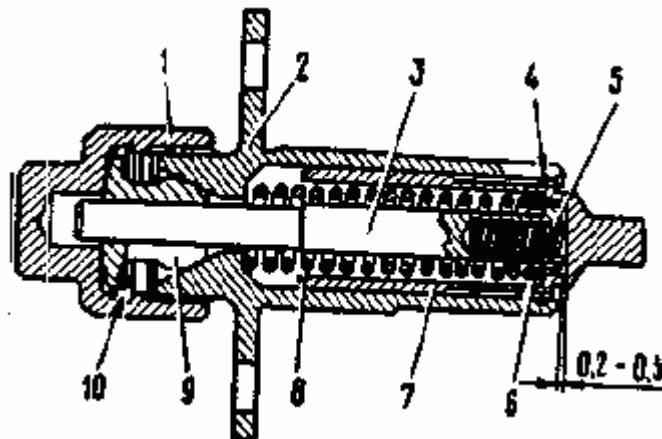


Рис. 2. Натяжник ланцюга: 1 – ковпачкова гайка, 2 – корпус, 3 – стержень, 4 – стопорне кільце, 5, 8 – пружини, 6 – шайба, 7 – плунжер, 9 – сухар, 10 – ущільнення

Ланцюг автомобіля ВАЗ дворядний і складається з таких частин: валиків, втулок, роликів, пластин зовнішніх та внутрішніх. Валики виготовляють зі сталі 40Х. Зі збільшенням вмісту вуглецю зростає міцність, але знижується пластичність і в'язкість. Прокаленість хромистої сталі 40Х невелика. Хромисті сталі схильні до відпускнуї ламкості, тому після високого відпуску охолодження повинно бути швидким, для малих деталей – в маслі і для великих – в воді. Втулки і ролики виготовляють із сталі 45. Прокаленість сталі невелика; критичний діаметр після загартування в воді не перевищує 10 – 12 мм (95 % мартенситу). Зовнішні й внутрішні пластинки ланцюга виготовляють із сталі 65Г. Ця сталь має підвищену міцність та зносостійкість й пружні властивості; застосовують її після загартування й відпуску, нормалізації й відпуску й поверхневого загартування для деталей, які працюють в умовах тертя при наявності високих статичних вібраційних навантажень.

Мета досліджень.

Виконати аналіз роботи і видів зношування башмака газорозподільного механізму автомобіля ВАЗ – 21011. Обґрунтувати вибір матеріалу для заміни базового матеріалу башмака газорозподільного механізму. Виконати лабораторні дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів башмака газорозподільного механізму: каучука і графелону-20.

Основний розділ.

1.1 Види відмов деталей та вузла в цілому

У даному вузлі тертя найчастіше трапляються такі відмови, як розрив ланцюга приводу газорозподільного механізму, через надмірно великі навантаження, обрив заспокоювача та натяжного башмака в результаті ослаблення ланцюга та надмірного його биття по ньому, велике зношування зірочок приводу газорозподільного механізму, ланцюга, заспокоювача, та натяжного башмака.

Основний ресурс роботи газорозподільного механізму становить 60000 кілометрів пробігу автомобіля. А отже, оскільки ланцюг і натяжний башмак ланцюга працюють у системі газорозподільного механізму і є невід'ємними частинами, тобто головними частинами в газорозподільному механізмі, то їх ресурс теж становить 60000 кілометрів [1].

1.2 Аналіз умов роботи і видів зношування башмака

Розрахунковий максимальний контактний тиск в спряженні башмак-ланцюг складає 11.2 МПа. Шлях тертя визначили з виразу:

$$s = s_l \cdot \kappa_n; \quad (1)$$

де s_l – шлях, який пройшов ланцюг по башмаку за одну годину; κ_n – коефіцієнт перекриття;

$$s_l = l_{\sigma} \cdot n_y; \quad (2)$$

l_{σ} – довжина башмака; n_y - кількість циклів за одну годину; $s_l = 30.6 \text{ км}$

$$\kappa_n = \frac{a_k \cdot 8}{s_{\sigma}}, \quad (3)$$

a_k – площа контакту, s_{σ} - площа башмака.

$\kappa_n = 0,094$; $s_l = 30.6 \text{ км}$

У даному вузлі тертя, тобто між ланцюгом і натяжним башмаком має місце абразивний і втомлювальний знос [2]. Ці зношування виникають завдяки дії граничного тертя.

Абразивне зношування характеризується процесами безпосередньої взаємодії контактуючих поверхонь тертя з абразивними частинками. Результатом абразивного зношування є інтенсивне руйнування робочих поверхонь деталей машин.

У результаті взаємодії абразивних частинок процес руйнування може відбуватись:

- а) шляхом мікрорізання;
- б) шляхом багаторазового пластичного деформування поверхневих шарів;
- в) шляхом ударно-механічного деформування.

Абразивне зношування викликає ґрунт, руда, вугілля й порода, зола, пил, які попали на поверхню тертя, металева стружка, окисні плівки, які закріплені на поверхні тертя чи зруйновані, нагар, і продукти зношування, особливо викришені частинки твердих структурних складових.

Абразивні частинки можуть мати різну форму і бути по-різному розміщені відносно спряженої поверхні. Здатність абразивного зерна втискуватись в поверхню залежить не тільки від співвідносності їх твердостей, але й від геометричної форми зерна.

При допущенні, що середовище неагресивне до поверхні деталі, слід розрізнити два випадки взаємодії абразивних частин із матеріалом.

1. Удар прямий, кут атаки $\alpha = 90^\circ$. Залежно від маси частинок, швидкості їх падіння, властивостей абразиву й фізико-механічних властивостей матеріалу деталі виникають пружна деформація, пластична деформація, крихке руйнування, перенаклеп з відокремленням матеріалу у вигляді луски.

2. Косий удар, $0 < \alpha < 90^\circ$. При кутах атаки не більше кута тертя на характер пошкодження поверхні значно впливає дотична складова імпульсу й опір матеріалу дії дотичних сил на поверхню. У гуми швидкість зношування зменшується при збільшенні кута атаки до кута тертя, а потім стає постійною; у інших матеріалів залежно від співвідношення твердостей абразиву й матеріалу зношуваної поверхні швидкість зношування може постійно зростати і досягти максимальної величини при деякому куті атаки, а потім спадати.

В одних випадках зносостійкість гуми в декілька разів вища, ніж загартованої сталі, в інших випадках (при нулевому куті атаки) зносостійкість гуми нижча, ніж сталі, у зв'язку з фрикційною природою втомлюваного пошкодження поверхні. Щоб зменшити дію абразивного зношування, потрібно вчасно замінювати мастило й фільтруючий елемент.

Втомлювальний знос представляє собою вид механічного зношування в результаті втомлювального руйнування при багаторазовому повторному деформуванні мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару. Цей процес має прихований латентний період, внаслідок якого здійснюється накопичення пошкоджень всередині матеріалу. До особливостей пластичної деформації поверхневих шарів при терті відносяться локалізація деформацій у найтонших поверхневих шарах, фізико-хімічна, структурна й термічна активність поверхневого шару при терті. Протікання пластичної деформації в поверхневому шарі має дві стадії. На першій стадії наявність великої кількості невідосконалень роблять легшим рух дислокацій. Взаємодія дислокацій при подальшій деформації приведе до їх самогальмування й сприяє виходу полос ковзання на поверхню, підвищуючи цим самим напруження течії. Внаслідок порушення структури кристалістичної решітки в результаті механічних, термічних і хімічних факторів у матеріалі виникають внутрішні напруження. Наявність у поверхневому шарі розтягуючих напружень знижує його зносостійкість. У

процесах пластичного деформування при терті приймають участь також сторонні тверді тіла, які потрапляють у зону контакту із зовнішнього середовища й з мастильним матеріалом. Дія сторонніх тіл у зоні контакту на процеси зношування неоднозначна й залежить від розмірів і форми частинок, їх механічних властивостей, співвідношення твердості частинок і спряжених поверхонь. Ці частинки можуть приймати участь в деформуванні поверхневого шару, руйнуватись і дробитись на більш мілкі фрагменти під дією сил в контакті, можуть пошкоджувати м'які поверхні, різати і пластично деформувати, швидко змінюючи характер пластичного деформування поверхневих шарів. При визначеній геометрії й закріпленні частинки в одному з тіл вона може працювати як різець, і зрізати зі спряженої поверхні стружку. Утворення стружки є одним із видів пластичного деформування матеріалу і виникає шляхом зсуву ділянок матеріалу по лініях ковзання. Матеріал стружки може виноситись із зони контакту у вигляді продуктів зносу чи брати участь у подальшому деформаційному процесі поверхневого шару. Винесення частинок із зони контакту можливе шляхом переміщення третього тіла до границі контакту, винесення з мастильним матеріалом, зняття частинок при повторній взаємодії деталей. Час існування частинок у контакті й винесення із зони контакту залежить від геометрії вузла тертя, коефіцієнту взаємного перекриття, кінематики відносного руху деталей, наявності мастильного матеріалу, порожнин для осадження продуктів зносу.

На деформування пружно-деформаційного стану фрикційного контакту здійснюють великий вплив фактори силового впливу, обумовлені динамікою роботи вузлів і деталей, кінематикою спряження й формою деталей. Велику роль відіграють вібраційні й ударні навантаження. У вузлі тертя спряжені деталі знаходяться в неоднакових умовах. Шлях тертя точок поверхонь контакту спряжених деталей неоднаковий. Напружено-деформаційний стан залежить від форми й співвідношення твердостей поверхонь.

При встановленому режимі зношування вид поверхонь тертя й інтенсивність зношування залежать від властивостей фрикційного контакту й режимів роботи. При зміні режимів і умов роботи змінюються товщини поверхневого і приповерхневого шарів, також змінюється склад і властивості поверхневого шару.

Зміна масштабів і характеру фрикційного руйнування, зміна структурного стану речовини поверхневих шарів проходить скачкоподібно, що проявляється на ході кривої зношування. Ця зміна виникає при певній комбінації режимних параметрів: навантаження, температури й швидкості.

Втомлювальне зношування виникає в результаті багаторазового пластичного й пружного відтиснення матеріалу. Цей процес має прихований латентний період, внаслідок якого виникає накопичення пошкоджень всередині металу, оскільки тверді тіла, в тому числі метали, неоднорідні, тріщини втоми виникають на недосконалоостях структури кристалу. У результаті повторюваних дій на поверхню тертя втомливі тріщини збільшуються по числу і глибині. Достатньо $10^6 - 10^7$ циклів для руйнування матеріалу навіть при малих напруженнях.

При терті полімерів пружні деформації викликають утворення втомливих тріщин, які розміщуються в поперечному напрямку по відношенню до швидкості ковзання. Ці тріщини ведуть до руйнування фрикційного вузла.

Для ударно-втомливого зношування характерне поступове формування рельєфу й повільне збільшення зношування. Поверхня зношування не має явно визначеного рельєфу у вигляді рисок і лунок, і в результаті співудару зразків високої твердості згладжуються початкові нерівності і технологічна шорсткість на поверхні.

1.3 Порівняння фізико-механічних властивостей матеріалів “графелон-20” і “каучук СКН-40”

На автомобілях ВАЗ у газорозподільчому механізмі найчастіше виходить із ладу натяжний башмак ланцюга ГРМ. Натяжний башмак ланцюга складається з металевої колодки, на яку наклеєно гумову накладку, яка дуже швидко зношується під дією на неї ланцюга. Щоб забезпечити довговічність роботи башмака, і в цілому всього газорозподільчого механізму потрібно здійснити заміну матеріалу заспокоювача.

Пропонується використати матеріал графелон-20, на основі ароматичного поліаміду [3], який стійкий до ударів і зношування під дією тертя, а також стійкий до високих температур: 180-320 °С. Порівняння фізико-механічних властивостей матеріалів графелон-20 і каучука СКН-40 наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості матеріалів графелон-20 і каучука СКН-40

Найменування	Графелон-20	Каучук СКН- 40
Характеристики матеріалу		
Модуль пружності при стиску, МПа	4 – 5	2 – 2.5
Температура крихкості, °С	-80	-45
Відносне видовження при розриві, %	6.6	4.5
Руйнуючі напруження при розтягу, МПа	80 – 90	60 – 70

Аналіз фізико-механічних характеристик досліджуваних матеріалів показав, що матеріал графелон-20 переважає каучук СКН-40.

1.4 Методика та результати лабораторних випробувань

За основу лабораторних випробувань був обраний метод випробувань на зношування за схемою “перехресних циліндрів”.

Контактування відбувається за наступних умов [4]:

- 1) розглядається контакт двох перехресних циліндрів, проекції осей яких перетинаються під кутом 90° , радіуси циліндрів r_1 і r_2 у загальному випадку різні: $r_1 \neq r_2$;
- 2) циліндри притискаються один до одного постійним навантаженням Q ;
- 3) циліндр 1 – обертовий, не зношується, циліндр 2 – не обертовий, зношується;
- 4) під час дослідження утворюється еліптична площадка контакту, розміри якої a і b періодично вимірюються; у результаті іспиту стають відомими експериментальні функції $a(s)$ і $b(s)$, де s – шлях тертя;
- 5) знос $u_w(s)$ необертового циліндра відбувається за моделлю сталого зносу. При $r_1 = r_2$ результат умови контактування куль.

Випробування проводились за наступних умов:

частота обертання робочого валу $n = 900$ об/хв; діаметр робочого валу $d_g = 16$ мм; діаметр випробовуваного зразка $d_{1z} = 10$ мм, загальне навантаження на контакт $Q = 0,1$ кг.

Під час випробувань через визначений проміжок часу вимірювалися розміри осей еліптичної плями контакту, що позначаються $2a$ і $2b$.

Еквівалентний радіус кола визначали по співвідношенню $a = (a^* b)^{0.5}$.

Результати випробувань на знос зразків з матеріалів графелон-20 і качука СКН-40 наведені на рис. 3.

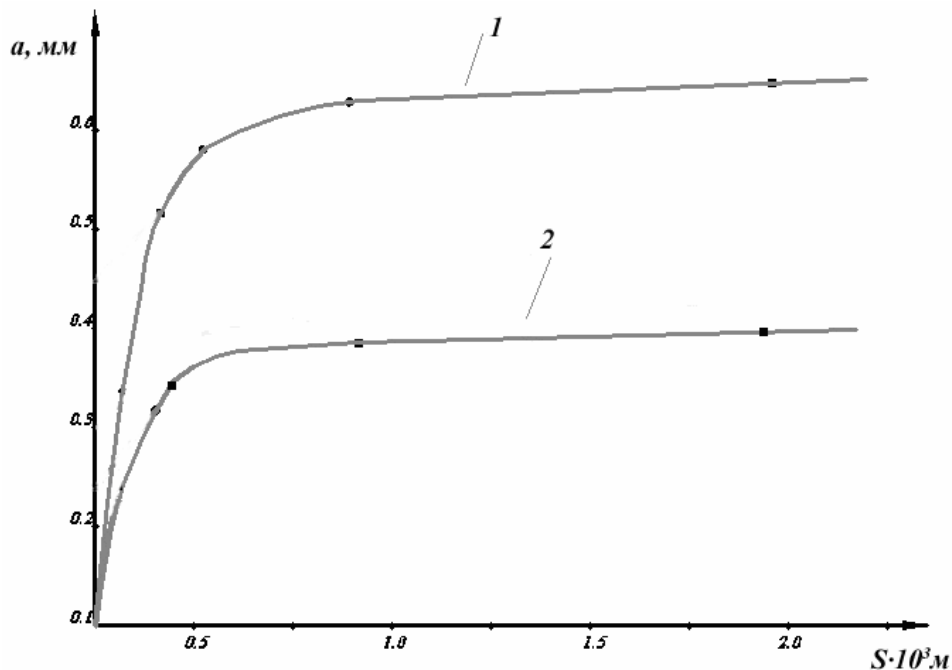


Рис. 3. Залежність розміру площадки контакту (a) від шляху тертя (S): 1 – каучук СКН-40, 2 – графелон-20

Аналіз отриманих результатів показав, що накладки башмака, виготовлені з матеріалу графелон-20 за зносостійкістю переважають накладки з матеріалу каучук СКН-40 в 1,74 разів.

Висновки

1. Виконано аналіз роботи і видів зношування башмака газорозподільчого механізму автомобіля ВАЗ – 21011.
2. Обґрунтовано вибір матеріалів для заміни базового матеріалу башмака газорозподільчого механізму.
3. Результати лабораторних досліджень показали, що в якості накладок башмака газорозподільчого механізму доцільно застосовувати матеріал графелон-20.

Література

1. Карагодін В. И., Митрохін Н. Н. Ремонт автомобилей и двигателей: Учеб. для студ. проф. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр.
2. Автомобили “Жигули” моделей ВАЗ – 2101, – 2102, – 21011, – 21013: Устройство и ремонт/ В. А. Вершигора, А. П. Игнатов, К. В. Новокшенов, К. Б. Пятков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
3. Сиренко А. Г. Антифрикционные карбопластики. – К.: Техника, 1985. – 195 с.
4. Кузьменко А. Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність: Навч. посібник для студ. вищих навч. закладів. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 151 с.

Надійшла 17.11.2009 р.

HEATING AND COOLING OPERATIONS OF T-PIPE OF THE USE TRD REGULATIONS

1. Introduction

В статі представлено методику визначення максимальних допустимих швидкостей нагрівання і охолодження, розроблену на основі німецького стандарту TRD 301. Об'єктом досліджень є трійник, виконаний із сталі 13 HMF. У праці приведено геометричний опис трійника, властивості матеріалів, а також характеристику робочих умов. Представлені також отримані значення максимальних допустимих швидкостей нагрівання і охолодження.

The mentioned T-pipe is pressurized element of a power unit. Temperature's changes appear there during starting, load changing and stopping. A non-homogeneous temperature distribution is a cause of thermal stresses. The stresses should not to exceed allowable values thus an identification of allowable heating and cooling rates is so important, particularly for the T-pipe [1-3]. The author presents the calculations of allowable heating and cooling rate conducted according to German TRD 301 regulations [4].

Ключові слова: стандарт TRD 301, трійник, властивості матеріалів.

2. Description of the approach and work methodology

2.1. Geometrical properties of the T-pipe and their mean substitutes

The calculation of allowable cooling and heating rates for the T-pipe made from ferritic steel 13HMF (Fig.1) was conducted. The T-pipe is typically utilized in pipelines of a fresh and overheated steam in a power unit of a power plant 360 MW.

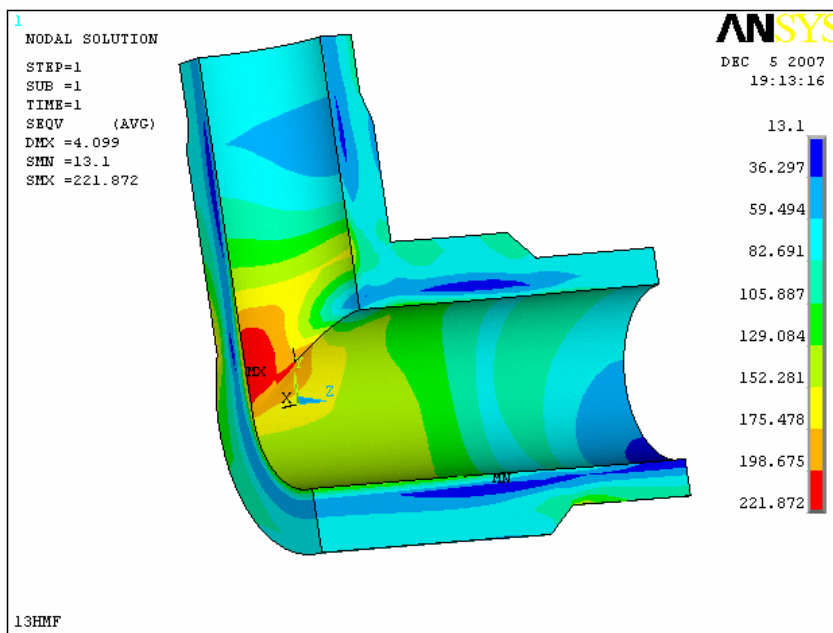


Fig.1. Dimensions of T-pipe made from ferritic steel 13HMF

Dimensions of the T-pipe are as following:

- external diameter of the T-pipe $d_a = 506$ [mm]
- internal diameter of the T-pipe $d_i = 290$ [mm]
- thickness of the T-pipe wall $s_e = 108$ [mm]
- external diameter of the ramification $d_A = 448$ [mm]
- internal diameter of the ramification $d_{Ai} = 290$ [mm]
- thickness of the ramification wall $s_A = 79$ [mm]
- ovality $U = 0\%$

2.2. Working environment for the T-pipe made from steel 13HMF

There was assumed that the element works in the following conditions:

- minimum pressure in a cycle $p_{min} = 0$ [MPa]
- maximum pressure in a cycle $p_{max} = 18$ [MPa]
- minimum temperature in a cycle $\vartheta_{min} = 20$ [°C]
- maximum temperature in a cycle $\vartheta_{max} = 540$ [°C]
- required start and stopping cycles $n = 2000$

- number of cycles (start from cold state 20°C) till cracking appears $n_{\max} = 5n = 10000$
- For the considered load cycle a reference temperature ϑ^* was calculated following the formula:

$$\vartheta^* = 0,75 \cdot \vartheta_{\max} + 0,25 \cdot \vartheta_{\min} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \vartheta^* = 410 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

2.3. Material properties

Material properties for the steel of 13HMF may be read from strength tables for an assumed temperature, evaluated according to linear interpolation or calculated according to table's factors. The greatest allowable pressure of a working medium is assigned as a working pressure p_4 . For the mentioned element made from the steel 13HMF the following material properties were determined:

- minimum tensile strength at the environment temperature 20 [°C] $\sigma_{\min B} = 490$ [MPa]
- Poisson's ratio..... $\nu = 0,3$
- elastic modulus $E_{\vartheta} = 1,841 \cdot 10^5$ MPa
- minimum yield strength..... $\sigma_{0,2/\vartheta^*} = 224$ [MPa]
- linear coefficient of thermal expansion..... $\beta_{L,\vartheta^*} = 1,404 \cdot 10^{-5}$ [1/K]
- temperature equalization ratio $\alpha_{\vartheta^*} = 528$ [mm²/min]

All variables mentioned above dependent on temperature relate to the reference temperature ϑ^* for the considered load cycle.

2.4. Stresses calculations

The calculations of stresses were the next stage. The stresses in the T-pipe originated from the working pressure p_4 are equal to $\sigma_{ip4} = 88,5$ [MPa]. The stresses in the element originated from the minimum pressure are equal to $\sigma_{ip} = 0$ [MPa]. The minimum stresses in the cycle are equal to $\sigma_{i\min} = -214,5$ [MPa]. The maximum stresses in the cycle are equal to $\sigma_{i\max} = 303$ [MPa]. The stresses were calculated with the assumption that stress concentration ratio is equal to $a_m = 3,2$.

When the maximum and minimum allowable stresses were determined, allowable differences of the temperature were calculated and – at last – allowable heating and cooling rates. For the simplicity, a code-based V factor was introduced:

$$V = \frac{\alpha_{\vartheta^*}}{\Phi_f \cdot s_b^2} \left[\frac{1}{\min} \right] \quad (2)$$

where: α_{ϑ^*} – temperature equalization ratio, Φ_f – shape factor, s_b – substituted wall thickness. The shape factor is evaluated from the formula:

$$\Phi_f = \frac{1}{8} \cdot \frac{(u_0^2 - 1) \cdot (3 \cdot u_0^2 - 1) - 4 \cdot u_0 \cdot 4 \cdot \ln(u_0)}{(u_0^2 - 1) \cdot (u_0^2 - 1)^2} \quad \Phi_f = -0,469 \quad (3)$$

where: u_0 – quotient of the external to internal diameters. Then V factor may be evaluated from formula (2) giving:

$$V = -0,073 \left[\frac{1}{\min} \right] \quad (4)$$

3. Achieved results

The allowable heating rate at the beginning of the starting phase is given by the formula:

$$v_{\vartheta 1} = V \cdot \Delta_{\vartheta 1} \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad v_{\vartheta 1} = 2,119 \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad (5)$$

The allowable heating rate at the end of the starting phase is given by the formula:

$$v_{\vartheta 1'} = V \cdot \Delta_{\vartheta 1'} \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad v_{\vartheta 1'} = 2,993 \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad (6)$$

The allowable cooling rate at the beginning of the stopping phase is given by the formula:

$$v_{\vartheta 2} = V \cdot \Delta_{\vartheta 2} \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad v_{\vartheta 2} = -2,119 \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad (7)$$

The allowable cooling rate at the end of the stopping phase is given by the formula:

$$v_{\vartheta 2'} = V \cdot \Delta_{\vartheta 2'} \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad v_{\vartheta 2'} = -2,993 \left[\frac{\text{K}}{\min} \right] \quad (7)$$

4. Proposed procedure for calculation of heating and cooling rates for any element

Calculations were executed in system Mathcad using formulas from TRD 301 regulations. Presented below is a procedure enabling the calculation, allowable heating and cooling rates for a T-pipe of any geometry or other element working under conditions of high temperature and pressure. The first stage of the calculations is to provide the geometry of the element its thermophysical and strength parameters and conditions under which it will work (fig.4.1).

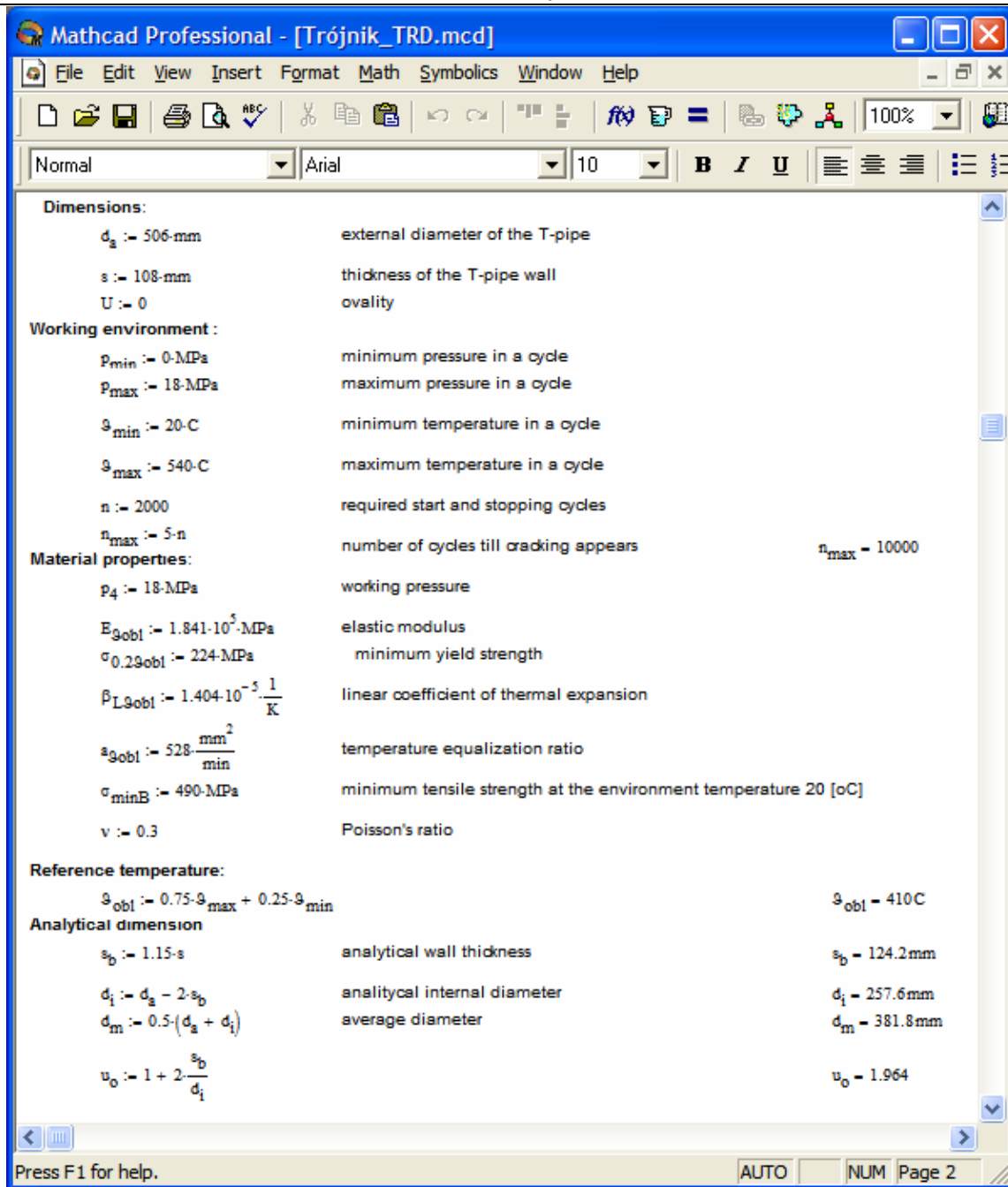


Fig. 4.1. The geometry, thermo-physical properties and working environment condition – definitions in Mathcad

Keeping determined geometrical parameters, the allowable amplitude of stress changes σ_a is evaluated. If the allowable range of stress changes at the reference temperature σ_a is greater than or equal to doubled minimum yield strength at the reference temperature, it is necessary to calculate reduced allowable range of stress changes (fig. 4.2). The next step are an evaluation of T-pipe stresses induced by pressure (fig. 4.3), minimum stresses in the cycle and maximum stresses in the cycle (fig. 4.4). The factor $f_u(p)$ – dependent on the ovality – is assumed to be equal to 0 on the cause of the assumption of the ovality $U = 0$.

Allowable amplitude of stress

$$S_1 := 78724.99997 + \frac{965775936.9 \cdot K}{(S_{obl} - 13137.5 \cdot K)} \quad S_1 = 2.844 \times 10^3$$

$$S_2 := 2877.06645 + \frac{4861735.668 \cdot K}{(S_{obl} - 2542.868719 \cdot K)} \quad S_2 = 597.631$$

$$S_3 := 528.0508475 + \frac{261452.4563 \cdot K}{(S_{obl} - 1448.305085 \cdot K)} \quad S_3 = 276.244$$

$$C_1 := \sqrt{\frac{S_2 - S_3}{S_1 - S_2}} \quad B := \frac{S_1 - S_2}{(C_1)^2 \cdot [1 - (C_1)^2]} \quad A := S_1 - B \cdot (C_1)^2$$

$$C_1 = 0.378 \quad B = 1.832 \times 10^4 \quad A = 222.585$$

$$\sigma_a := A + B \cdot (n_{max})^{\log(C_1)} \quad \sigma_a = 597.631 \text{ MPa}$$

Press F1 for help. AUTO NUM Page 3

Fig. 4.2. Calculation of allowable amplitude of stress changes

Stresses from pressure calculations

$$\alpha_{mo} := 3.2 \quad \text{theoretical stress concentration factor} \quad \alpha_{mo} = 3.2$$

$$f_4 := 1.0 \quad f_4 = 1$$

$$f_u(p_4) := 0 \quad \text{if } U = 0 \text{ then } f_u(p_4) = 0 \quad f_u(p_4) = 0$$

$$\alpha_m(p_4) := \alpha_{mo} \cdot f_4 + 2 \cdot f_u(p_4) \quad \alpha_m(p_4) = 3.2$$

$$\sigma_{ip4} := \alpha_m(p_4) \cdot p_4 \cdot \frac{d_m}{2 \cdot s_b} \quad \text{stress from working pressure} \quad \sigma_{ip4} = 88.533 \text{ MPa}$$

$$f_u(p_{max}) := 0 \quad f_u(p_{max}) = 0$$

$$\alpha_m(p_{max}) := \alpha_{mo} \cdot f_4 + 2 \cdot f_u(p_{max}) \quad \alpha_m(p_{max}) = 3.2$$

$$\sigma_{maxip} := \alpha_m(p_{max}) \cdot p_{max} \cdot \frac{d_m}{2 \cdot s_b} \quad \text{stress from maksimum pressure} \quad \sigma_{maxip} = 88.533 \text{ MPa}$$

$$f_u(p_{min}) := 0 \quad f_u(p_{min}) = 0$$

$$\alpha_m(p_{min}) := \alpha_{mo} \cdot f_4 + 2 \cdot f_u(p_{min}) \quad \alpha_m(p_{min}) = 3.2$$

$$\sigma_{minip} := \alpha_m(p_{min}) \cdot p_{min} \cdot \frac{d_m}{2 \cdot s_b} \quad \text{stress from minimum pressure} \quad \sigma_{minip} = 0 \text{ MPa}$$

Press F1 for help. AUTO NUM Page 4

Fig. 4.3. Calculation of stresses induced by pressure

Stresses calculations

$\gamma := 1.0$ $\gamma = 1$

$S_1 := \sigma_{minip} + \frac{\sigma_{maxip} - \sigma_{minip} - \Delta\sigma_i}{1 + \gamma}$ $S_1 = -214.451 \text{ MPa}$

$S_2 := \sigma_{ip4} - 600 \cdot \text{MPa}$ $S_2 = -511.467 \text{ MPa}$

$R := S_1 - S_2$ for water σ_{mini} always equals S1

$\sigma_{mini} := \text{if}(R \geq 0 \cdot \text{MPa}, S_1, S_2)$ minimum stresses in the cycle $\sigma_{mini} = -214.451 \text{ MPa}$

$S_3 := \Delta\sigma_i + \sigma_{mini}$ $S_3 = 302.984 \text{ MPa}$

$S_4 := \sigma_{ip4} + 200 \cdot \text{MPa}$ $S_4 = 288.533 \text{ MPa}$

$R_1 := S_3 - S_4$ for water σ_{maxi} always equals S3

$\sigma_{maxi} := \text{if}(R_1 \geq 0 \cdot \text{MPa}, S_3, S_4)$ maximum stresses in the cycle $\sigma_{maxi} = 302.984 \text{ MPa}$

Press F1 for help. AUTO NUM Page 4

Fig. 4.4. Calculation of maximum and minimum stresses in the cycle

Keeping determined maximum and minimum allowable stresses, the allowable temperature differences is evaluated. The allowable temperature difference (a difference between element internal surface temperature and an average temperature of the wall) is evaluated on the base of formulas for four cases: the beginning of the starting phase, the end of the starting phase, the beginning of the stopping phase, the end of the stopping phase. For the formulas simplicity, the factor W is introduced (fig. 4.5). And finally the allowable heating and cooling rates are determined (fig. 4.6).

Allowable temperature difference

$W := \frac{1 - \nu}{2 \cdot \beta_{L\vartheta_{obl}} \cdot E_{\vartheta_{obl}}}$ $W = 0.135 \frac{\text{K}}{\text{MPa}}$

$\Delta\vartheta_1 := W \cdot (\sigma_{mini} - \sigma_{minip})$ beginning of the starting phase $\Delta\vartheta_1 = -29.039 \text{ K}$

$\Delta\vartheta_{1'} := W \cdot (\sigma_{mini} - \sigma_{maxip})$ end of the starting phase $\Delta\vartheta_{1'} = -41.027 \text{ K}$

$\Delta\vartheta_2 := W \cdot (\sigma_{maxi} - \sigma_{maxip})$ beginning of the stopping phase $\Delta\vartheta_2 = 29.039 \text{ K}$

$\Delta\vartheta_{2'} := W \cdot (\sigma_{maxi} - \sigma_{minip})$ end of the stopping phase $\Delta\vartheta_{2'} = 41.027 \text{ K}$

Press F1 for help. AUTO NUM Page 4

Fig. 4.5. Calculation of allowable temperature differences

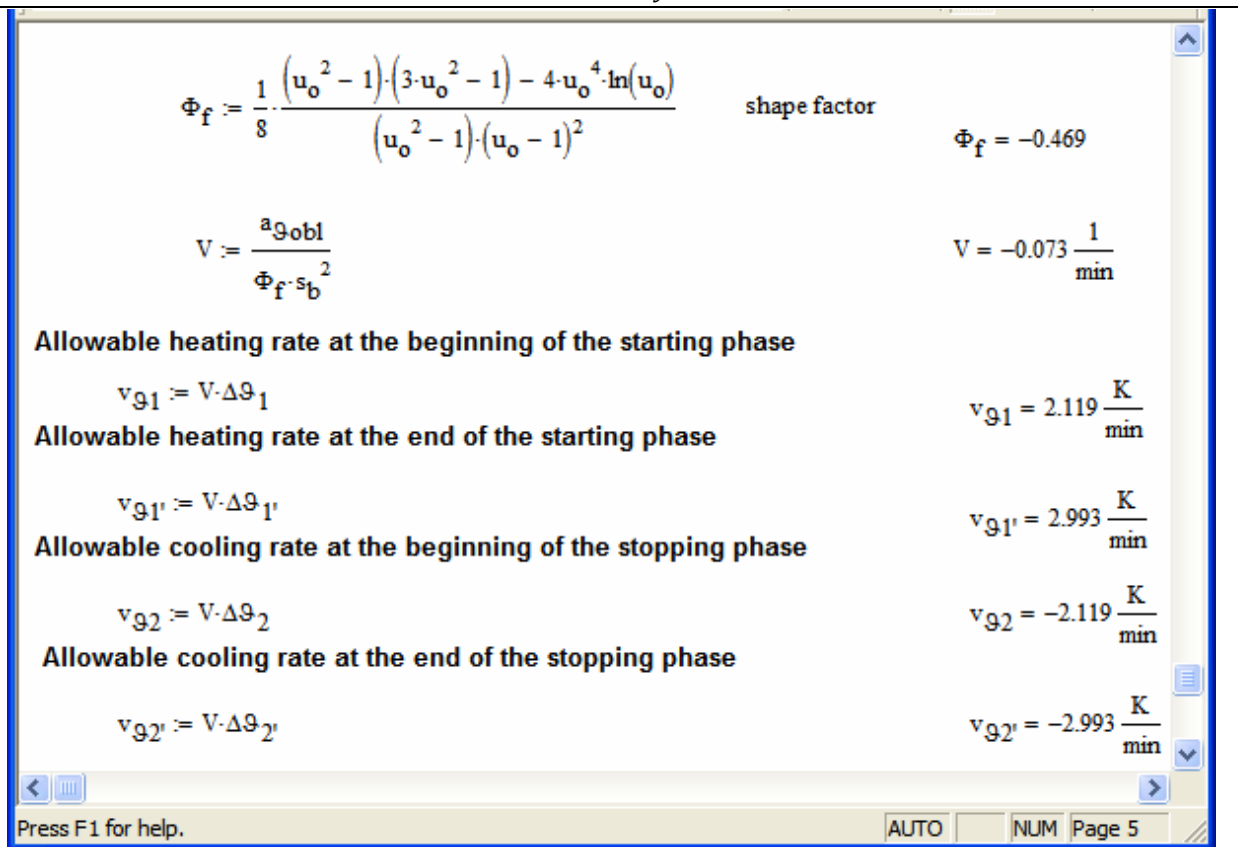


Fig. 4.6. Calculation of allowable temperature rates

4. Conclusion

The valid determination of the rates, which power plant pressurized elements may be heated and cooled with, is very important because assuming improper working parameters may lead to lesser durability of elements or their damage. The allowable cooling and heating rates for the T-pipe were calculated basing on TRD 301 regulations [4]. The details of the calculation are presented in this paper. This article presents a procedure enabling the calculation of allowable heating and cooling rates for any pressure element following definition of its dimensions, working parameters and thermophysical properties. This procedure has been suitably verified on such power unit components as: T-piece, main steam valve and drum.

References

1. Taler J., Duda P., Solving direct and inverse heat conduction problems, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2006.
2. Duda P., Taler J., Roos E., Inverse Method for Temperature and Stress Monitoring in Complex-Shape-Bodies, Nuclear Engineering and Design 3960 (2003) 1-17.
3. Duda P., Dwornicka R., Optimization of heating and cooling operations of steam gate valve, Structural and Multidisciplinary Optimization (early preview).
4. TRD 301, Technische Regeln für Dampfkessel, Carl Heymans Verlag, Köln und Beuth-Verlag, Berlin, 1986, 98-138.

Надійшла 16.11.2009 р.

УДК. 004

Л.П. РИБАК

Хмельницький національний університет

**ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЗАКОНІВ
ФОРМУВАННЯ «РОЗУМУ» НА РІВНІ НАНО- І МІКРОСТРУКТУР ВОДИ**

Приведені результати нейромережних конструкторських системних досліджень нано- та мікроструктур води. Визначено закони взаємодії протонів в молекулі води.

Reduced outcomes of neuro-network designer system researches nano- and microstructures of water. The laws of interplay of positive protons in a molecule of water are determined.

Ключові слова: наноструктура води, закони формування "розуму".

Вступ

Вивчення структури води породило безліч концепцій, для більшості яких признається наявність впорядкованих доменів у воді (структурних дефектів Самойлова, структур Бернара-Фалуєра, "гідратів" Полінга, мерехтливих кластерів Франка і Вена). Лабільна трансформація водневих зв'язків обумовлює рухливість води і є однією з її властивостей [1].

Визначення конструкції та законів формування «Розуму» на рівні наноконструкцій води

Вода має незвично високі температури плавлення й кипіння, теплоту випару, питому теплоємність, теплоту плавлення, а також великий поверхневий натяг. Так, дані показують, що теплота випару води значно вища, ніж у багатьох рідин. Теплота випару безпосередньо визначається кількістю енергії, необхідної для подолання сил зчеплення між сусідніми молекулами рідини, у результаті чого сусідні молекули можуть відриватися одна від другої й переходити в газоподібний стан.

Більша міцність зв'язку між молекулами в рідкій воді обумовлена електричною полярністю молекул води, що у свою чергу є результат специфічного розташування електронів в атомах кисню й водню. Атом кисню поєднує пари своїх електронів з електронами атомів водню шляхом перекривання *1s*-орбіталей атомів водню з гібридними *sp³*-орбіталями атома кисню. Кожен зі зв'язків, що утворюються при цьому, має на одну третину йонний і на дві третини ковалентний характер. Середній кут зв'язку Н – О – Н становить 104,5°; що лише ненабагато відрізняється від величини 109,5° – кута, що відповідає ідеальному тетраедричному розташуванню чотирьох можливих *sp³*- орбіталей атома кисню. Це відхилення від ідеального кута пояснюють прагненням неспарених електронів атома кисню відштовхнути спарені електрони.

Характерне розташування електронів у молекулі води надає їй електричну асиметрію. Більш електронегативний атом кисню прагне притягти електрони атомів водню, залишаючи водневі ядра оголеними. У результаті кожний із двох атомів водню має частковий позитивний заряд, а атом кисню несе частковий негативний заряд, локалізований в області не усупільнених орбіталей. Таким чином, молекула води в цілому хоча й не має сумарного заряду, являє собою електричний диполь. Виходячи з величини дипольного моменту води кожен атом водню несе частковий позитивний заряд, рівний $+0,33 \cdot 10^{-10}$ електростатичної одиниці, а атом кисню – негативний заряд, рівний приблизно $0,66 \cdot 10^{-10}$ електростатичної одиниці.

Завдяки поляризації дві сусідні молекули H₂O можуть утворити водневий зв'язок, який майже в 20 разів слабший ковалентного. Молекули води поєднуються водневими зв'язками в просторову решітку. Навіть при 37° С 15% молекул води утворюють агрегати, у яких кожна із цих молекул з'єднана із чотирма іншими – «мерехтливі кластери». Фізика води вважає, що когезивна природа води обумовлює багато з її незвичайних властивостей, наприклад високий поверхневий натяг, питому теплоємність і теплоту випару [2].

Отже, вода має дуже складну структуру, і багато її особливостей до цих пір не знайшли чіткого пояснення. Для води характерна яскраво виражена здібність до самоорганізації внаслідок створення водневих зв'язків. Дані по акустичній емісії з водних розчинів в інтервалі від 500 Гц до 2,5 кГц свідчать про наявність навіть існування джерела генерації звукових хвиль з лінійними розмірами на багато порядків більшими, ніж молекулярні кластери (Смирнов А.Н., 2001).

З наведених вище даних видно, що сучасна фізика води побудована виключно на диференціальному аналізі, основою якого є експериментальна емпірика, яка, як видно, нездатна самостійно вирішувати проблеми інтегрального аналізу. Тому, наприклад, визначення причин високої питомої теплоємності води є одною з основних проблем дослідження системних характеристик природних інтелектуальних структур. Для вирішення цих проблем необхідне володіння базою даних і базою знань теорії побудови конструкцій матеріальних систем та сучасним конструкторським системним аналізом.

За основу досліджень візьмемо гіпотезу формування інтелектуальних властивостей рідкої води як квантової системи, де повнозв'язність є основною її характеристикою, на базі конструктивних структур, що

являють собою повнозв'язну нейронну мережу (НМ) Хопфілда – мультистійку систему, що, будучи виведена зі стану рівноваги, робить коливання, які завершуються переходом у найближчий стійкий стан – аттрактор, що відповідає мінімуму потенційної енергії. Теоретично й експериментально встановлена невідома раніше властивість системи з n -ї кількості ($n = 1, 2, \dots$) нелінійних резонансних динамічних елементів, що являються кристалами НМ (2) «молекули води», містять у своїй структурі суматор зв'язаних станів вхідних впливів і механізм, який формує нелінійну функцію активації, забезпечує нагромадження енергії, детермінацію внутрішнього і, у зоні досяжності, зовнішнього простору і продовження терміну життя свого динамічного існування за допомогою реалізації автоколивальних процесів обумовлене наявністю повнозв'язності всіх елементів системи [3].

Основною проблемою, яку необхідно вирішити в ході конструкторського системного аналізу, є визначення конструкції молекули води і законів функціонування цієї конструкції. Протони мають магнітний момент, виражений через спин, і здатні в режимі резонансу поглинати енергію випромінювання, яка співпадає по напрямленню з віссю обертання. Така система характеризується магнітним моментом пропорціональним кутовому моменту кількості руху.

Розщеплення рівнів енергії в магнітному полі означає, що можна викликати енергетичні переходи між сусідніми рівнями, витративши чи одержавши енергію $\Delta E = h\nu$, де ν – частота електромагнітного випромінювання, а h – постійна Планка, що поглинається чи виділяється при такому переході. Поглинання кванта енергії $h\nu$ змушує ядерний диполь «перескочити» з однієї орієнтації в іншу. Для збудження переходів в системі ядерних спинів (рис. 1) необхідно:

а) дія на систему постійного магнітного поля (а вода завжди знаходиться в магнітному полі Землі H_z);

б) дія на систему змінного магнітного поля B_v , яке має енергію достатню для виконання зємановського розщеплення енергетичних рівнів системи. При цьому можливе резонансне поглинання енергії за умови $B_v \perp H_z$.

Нейромережний конструкторський системний аналіз показує, що згідно з законами квантової механіки наявність двох протонів створює резонансну систему, де функція активації формується енергетичними переходами (порогова функція) в режимі протонного магнітного резонансу (ПМР). Тому конструкція молекули води, за рахунок повнозв'язності складових елементів та наявності механізму, який формує функцію активації, має в своїй структурі мережу з двох резонансних нейроподібних елементів НМ (2), розміщених в кристалі (протони розміщені в вузлах кристалічних ґрат) з фазовим зсувом 180° .

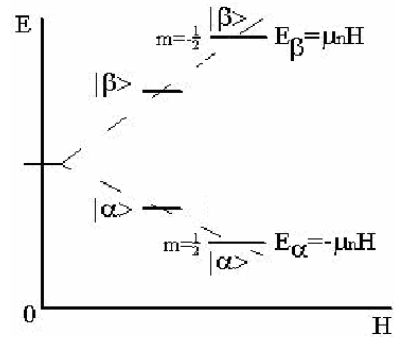


Рис. 1. Схема енергетичних рівнів E протона в магнітному полі

Конструктивне моделювання взаємодії протонів в молекулі води

Виходячи з наведених вище досліджень конструктивна схема НМ (2) буде мати вигляд показаний на рис. 2 НМ (2) містить клапанні камери 1 і 8 в яких розміщені клапани 10 і 15 з пружинами 9 і 16. Клапани перекривають вхід стисненого повітря в пневматичні камери пневмозбуджувачів 2 і 7.

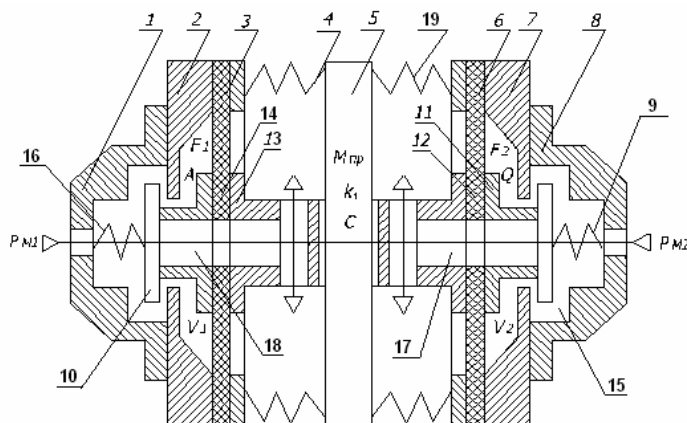


Рис. 2. Конструктивне схема НМ (2) моделювання взаємодії протонів в молекулі води

Камери 2 і 7 в якості силового елемента мають мембрани 3 і 6. Жорсткі центри мембран 3 і 6 виконані з клапанів 11 і 14 і втулок 12 і 13. Через ці втулки 12 і 13 мембрани 3 і 6 жорстко зв'язані робочою масою 5. В клапанах 11, 14 і втулках 12 і 13 зроблені канали 17 і 18, які з'єднують пневмокамери 2 і 7 з атмосферою. Активна система НМ (2), що спроможна виконувати роботу в зовнішньому середовищі, умовно зображена масою 5 на пружинах 4, 19. Пневмокамери 2 і 7 з'єднані відповідно з магістраллю стисненого повітря входами P_{M1} і P_{M2} . В вихідному положенні клапани 10 і 14 являються нормально

закритими, а клапани 11 і 15 нормально відкритими. Тобто пневмокамера 7 з'єднана з магістрально стисненого повітря P_{M2} .

НМ (2) має наступний принцип роботи. З входу P_{M2} стиснене повітря через щілину між клапаном 15 і сідлом поступає в пневмокамеру 7. Тиск в цій камері збільшується і через мембрану 6 переміщує масу 5 стискаючи пружини 4. В певний момент клапан 15 перекриває вхід повітря з магістралі P_{M2} , але маса 5 по інерції переміщується далі. При цьому камера 7 з'єднується атмосферою через канал 18, а пневмокамера 2 з'єднується з магістраллю стисненого повітря P_{M1} . Переміщення маси 5 проходить до тих пір поки пружини 4 її не зупинять, перетворивши кінетичну енергію руху маси 5 в потенціальну енергію стиснених пружин 4. В цей момент маса починає рухатись в зворотну сторону. В цьому зворотному русі на масу 5 діють не тільки сили стиснених пружин 4, а і пневмокамера 2, яка з'єднана з магістраллю P_{M1} . Рух продовжується, клапан 10 закривається і пневмокамера 2 по каналу 17 з'єднується з атмосферою. Маса 5 по інерції продовжує рухатися, ще більше відкриваючи клапан 15. Так проходить розкачка системи до певної амплітуди, при якій приплив енергії в систему буде зрівнюватись з затратами енергії на подолання сил опору. Тобто НМ (2) вийде на усталений режим.

Математичне моделювання взаємодії протонів в молекулі води по конструктивній схемі НМ (2)

Динаміка системи має вигляд:

1) рівняння руху маси M_{np} :

$$M_{np} \frac{d^2y}{dt^2} + k_1 \frac{dy}{dt} + cy = F(P_1 - P_0) - F(P_2 - P_0); \tag{1}$$

2) рівняння стану повітря в пневмокамері першого вібробуджувача:

$$\frac{1}{RT} \left[P_1 F_1 \frac{dy}{dt} + (V_1 + F_1 y) \frac{dP_1}{dt} \right] = \begin{cases} m_{ml}, y < y_0 \\ M_{11a}, y > y_0, (P_1 - P_a) > 0 \\ M_{1a1}, y > y_0, (P_1 - P_a) < 0 \end{cases}; \tag{2}$$

3) рівняння витрати повітря в першому вібробуджувачі:

$$m_{m1} = \begin{cases} \mu_{M1} f_{M1} P_{M1} \times \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1} \left[\left(\frac{P_1}{P_{M1}} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_1}{P_{M1}} \right)^{\frac{k+1}{2}} \right]}, & \text{при } \frac{P_1}{P_{M1}} > 0.528 \\ \mu_{M1} f_{M1} P_{M1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k+1}} \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1}}, & \text{при } \frac{P_1}{P_{M1}} < 0.528 \end{cases} \tag{3}$$

$$m_{11a} = \begin{cases} \mu_{1a} f_{1a} P_1 \times \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1} \left[\left(\frac{P_a}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_a}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{2}} \right]}, & \text{при } \frac{P_a}{P_1} > 0.528 \\ \mu_{1a} f_{1a} P_1 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k+1}} \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1}}, & \text{при } \frac{P_a}{P_1} < 0.528 \end{cases} \tag{4}$$

$$m_{1a1} = \begin{cases} \mu_{a1} f_{a1} P_{a1} \times \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1} \left[\left(\frac{P_1}{P_a} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_1}{P_a} \right)^{\frac{k+1}{2}} \right]}, & \text{при } \frac{P_1}{P_a} > 0.528 \\ \mu_{a1} f_{a1} P_a \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k+1}} \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1}}, & \text{при } \frac{P_1}{P_a} < 0.528 \end{cases} \tag{5}$$

4) рівняння зміни площі вхідного отвору першого вібробуджувача:

$$f_{m1} = \pi d_1 (y_0 - y), \quad \text{при } y < y_0; \tag{6}$$

5) рівняння зміни площі вихідного отвору першого вібробуджувача:

$$f_{1a} = \pi d_2 (y - y_0), \quad \text{при } y > y_0; \tag{7}$$

6) рівняння стану повітря в пневмокамері другого вібробуджувача:

$$\frac{1}{RT} \left[P_2 F_2 \frac{dy}{dt} + (V_2 + F_2 y) \frac{dP_2}{dt} \right] = \begin{cases} m_{m2}, y > y_0 \\ M_{12a}, y < y_0, (P_2 - P_a) > 0 \\ M_{1a2}, y < y_0, (P_2 - P_a) < 0 \end{cases}; \tag{8}$$

7) рівняння витрати повітря в другому вібробуджувачі:

$$m_{m2} = \begin{cases} \mu_{m2} f_{m2} P_{m2} \times \\ \times \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1} \left[\left(\frac{P_2}{P_{m2}} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_{m2}} \right)^{\frac{k+1}{2}} \right]}, \\ \text{при } \frac{P_2}{P_{m2}} > 0.528 \\ \mu_{m2} f_{m2} P_{m1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k+1}} \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1}} \\ \text{при } \frac{P_2}{P_{m2}} < 0.528 \end{cases} \quad (9) \quad m_{t2a} = \begin{cases} \mu_{2a} f_{2a} P_2 \times \\ \times \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1} \left[\left(\frac{P_a}{P_2} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_a}{P_2} \right)^{\frac{k+1}{2}} \right]}, \\ \text{при } \frac{P_a}{P_2} > 0.528 \\ \mu_{2a} f_{2a} P_2 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k+1}} \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1}} \\ \text{при } \frac{P_a}{P_2} < 0.528 \end{cases} \quad (10) \quad m_{ta2} = \begin{cases} \mu_{a2} f_{a2} P_a \times \\ \times \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1} \left[\left(\frac{P_2}{P_a} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_a} \right)^{\frac{k+1}{2}} \right]}, \\ \text{при } \frac{P_2}{P_a} > 0.528 \\ \mu_{a2} f_{a2} P_a \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k+1}} \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot \frac{k}{k+1}} \\ \text{при } \frac{P_2}{P_a} < 0.528 \end{cases} \quad (11)$$

8) рівняння зміни площі вхідного отвору другого вібробуджувача:

$$f_{m2} = \pi d_3 (y - y_0), \quad \text{при } y > y_0; \quad (12)$$

9) рівняння зміни площі вихідного отвору другого вібробуджувача:

$$f_{2a} = \pi d_4 (y_0 - y), \quad \text{при } y < y_0. \quad (13)$$

Дослідження характеристик НМ (2)

Динаміка конструктивної схема кластерної системи повнозв'язної НМ (2) досліджувалась на ЕВМ розробленою програмою "Neural Net".

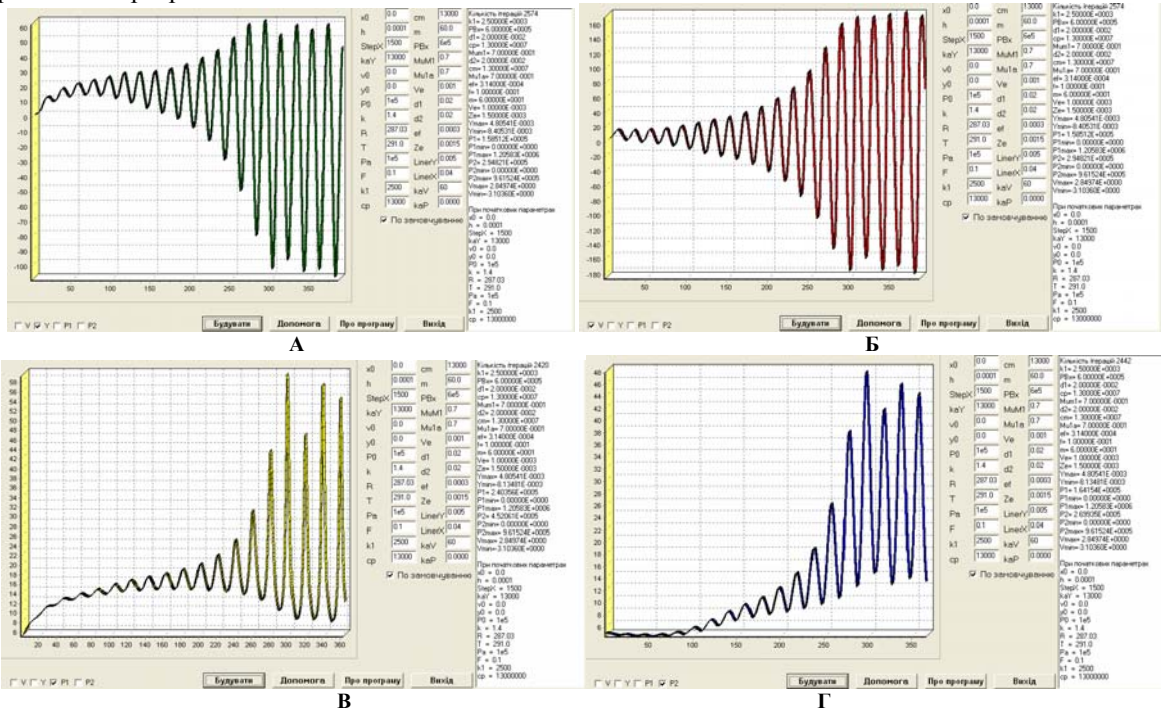


Рис. 3. Машинні осцилограми НМ (2): А - $Y(t)$; Б - $V(t)$; В - $P_{m1}(t)$; Г - $P_{m2}(t)$

З рис. 3 видно, що внутрішній простір НМ (2) детермінований коливаннями $Y(t)$, $P_1(t)$ і $P_2(t)$, причому після закінчення перехідного процесу НМ (2) виходять на усталений режим з постійною амплітудою та частотою коливань – аттрактор. Також видно як НМ (2) накопичує енергію в системі і можна стверджувати, що в НМ (2) проходить динамічна затримка енергії коливальною системою – резонансне поглинання і використання енергії від джерела живлення порціями.

Машинні осцилограми (рис. 4) при $P_{вх} = 9 \cdot 10^5$ Па показують наявність дивних коливань, які наближено мають певну впорядкованість, при цьому чітко виражені чередування і в першому і в другому НЕ розмахів коливань з малою та великою амплітудою.

Отже, встановлена невідома раніше властивість конструкції резонансного нейроподібного елемента та кластерної конструкції мережі з резонансних нейроподібних елементів з пороговою функцією активації, забезпечувати накопичення енергії, детермінацію внутрішнього і, в зоні досяжності, зовнішнього простору та збільшення тривалості існування свого динамічного стану через реалізацію автоколивальних процесів, яка зумовлена наявністю повнозв'язності нейроподібних елементів.

Отже, висока теплоємність води пояснюється тим, що при випроміненні протоном енергії остання з конструкції не зникає, а поглинається другим протоном, а при випроміненні енергії другим протоном остання поглинається першим і т.д. [3], тобто проходить акумулювання системою енергії. При доступі в систему

зовнішньої енергії проходить динамічне її накопичення. Тобто основою законів функціонування НМ (2) є динаміка поглинання та випромінювання квантів енергії в режимі ПМР. Динаміка цієї квантової системи повністю відповідає результатам досліджень НМ (2) макромодельюванням [4]. Відповідно до сказаного наноконструкція кристалу води матиме вигляд, представлений на рис. 5.

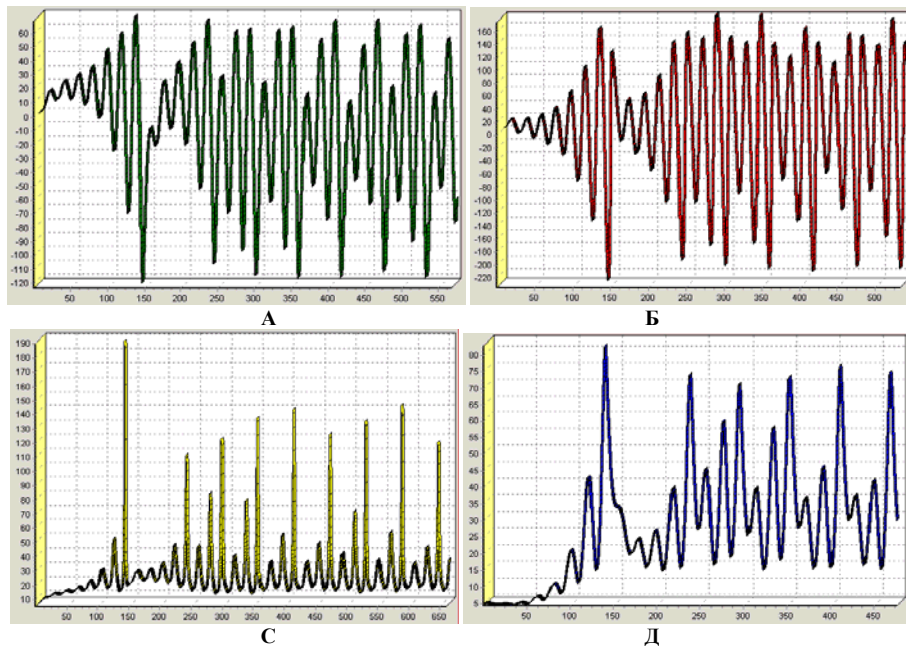


Рис. 4. Осцилограми: А – $Y(t)$; Б – $V(t)$; С – $P_1(t)$; Д – $P_2(t)$ при збільшенні надходження енергії в систему

Визначення конструкції та законів формування «Розуму» на рівні мікроконструкцій води

Для збільшення інтелектуальної потужності наноконструкції кристалу НМ (2) використовує метод кластеризації, тобто формування мікроконструкції квантового нейрокомпьютера спеціальним з'єднанням нанокристалів НМ (2). Для цього використовуються неспарені електрони, які формують зв'язок атому кисню одного кристалу з атомами водню іншого кристалу (рис. 6). Цей зв'язок і називають водневим. А так як біологічна система планети більш ніж на половину складається з води, то водневий зв'язок є системою нанотехнологій для створення конструкцій наномашин (аналогами в машинобудуванні є зварні, клеєві, гвинтові та інші з'єднання). Тому водневий зв'язок в наномашинобудуванні та в макросистемах, побудованих методом нанотехнологій, є таким же важливим, як і ковалентні з'єднання.

Кластерна неймережа – нейрокомпьютер, складений кристалами води, дуже просто вирішує проблему реалізації дії на НМ (2) змінного магнітного поля B_v . В масі кластерної неймережі завжди знайдеться змінне магнітне поле B_v , перпендикулярне H_z .

НМ (2) в системі кластерної неймережі генерують автоколивальні процеси руху енергії, проводячи динамічну затримку енергії в своїй системі, тобто мають в своїй функціональній структурі динамічний акумулятор енергії та виконавчі механізми, які можуть виконувати корисну роботу направлену на детермінацію енергетичних динамічних процесів в своєму внутрішньому середовищі і, в зоні досяжності, в зовнішньому середовищі в напрямку зменшення витрат власної енергії, що призводить до високої питомої теплоємності. Це є після детермінації зовнішнього середовища плазмоїдом Сонця другою основною передумовою створення біологічної системи планети.

Приведені результати не вступають в суперечність з відомими раніше результатами, але дозволяють науково пояснити і незвичайні властивості води, і появу біологічної системи планети.

Сказане вище підтверджують дані, де методами малокутового розсіяння і амплітудно-фазової модуляції лазерного випромінювання (633 нм) показано існування гігантських гетерофазних кластерів ділянок впорядкованої води з розмірами від 10 до 120 мкм, що чергуються з менш впорядкованими ділянками (рис. 7).

Був виявлений кооперативний анізотропний рух дисперсних гідрофільних частинок з розмірами 0,5 – 30 мкм, що відновлюється після будь-якого механічного гідродинамічного збурення розчину в межах

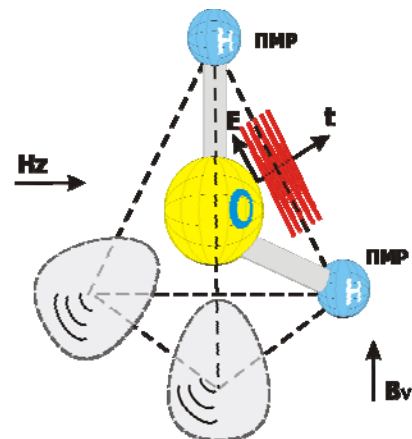


Рис. 5. Наноконструкція кристалу квантової системи «молекула води» у вигляді НМ (2) з двох резонансних нейроподібних елементів

однієї хвилини, що пояснюється створенням молекулярними комплексами води фрактальних структур з розмірами вищих порядків. Ці структури формують гігантські гетерофазні кластери води [5].

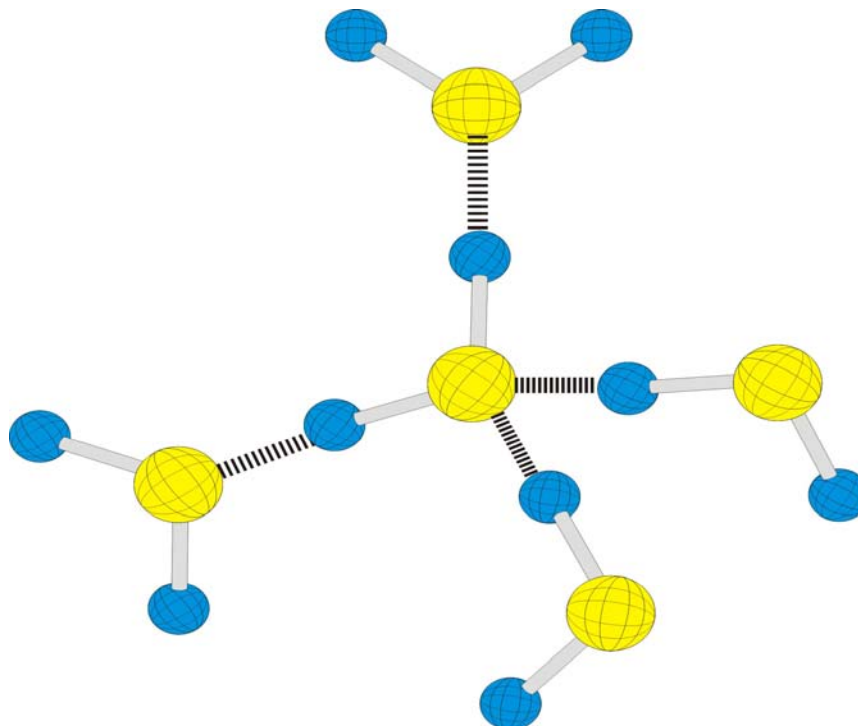


Рис. 6. Формування кластерної нейромережі – нейрокомпютера кристалами води

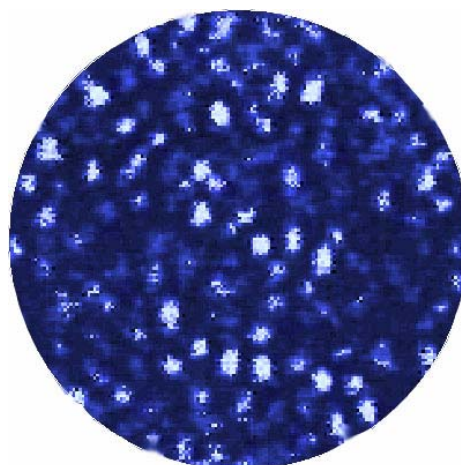


Рис. 7. Кластерний нейрокомпютер – гігантські гетерофазні кластери ділянок впорядкованої води з розмірами від 10 до 120 мкм при 20 °С

Ці конструкції є кластерними нейрокомпютерами, що є живими істотами (система знаходиться в збудженому стані за рахунок наявності динамічного акумулятора енергії) і відіграють одну з основних ролей в розробці та побудові біологічної системи планети.

Висновки

Виходячи з результатів проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. В основі динамічних процесів кристалу НМ (2) «молекули води» та кластерного нейрокомпютера на базі кристалів НМ (2) лежать резонансні явища поглинання, випромінювання та акумуляції енергії.
2. Кристали НМ (2) «молекули води» генерують автоколивальні процеси руху енергії детермінуючи динамічні процеси в своєму внутрішньому середовищі і, в зоні досяжності, в зовнішньому середовищі, проводячи динамічну затримку енергії в своїй системі, скочуючись в режим з найменшими витратами енергії – аттрактор, виконуючи при цьому роль акумулятора енергії.
3. Кристали НМ (2) «молекули води» мають в своїй функціональній структурі динамічний акумулятор енергії, сенсорну систему та виконавчі механізми, які можуть виконувати корисну роботу направлену на детермінацію внутрішнього і зовнішнього простору в напрямку зменшення витрат власної енергії.
4. Пункти від 1 до 3 дають можливість стверджувати, що кристали НМ (2) «молекули води» з'єднані в кластер проявляють розумну поведінку детермінуючи внутрішнє та зовнішнє середовища з метою

економії витрат власної енергії. Детермінація динамічних процесів і зниження ентропії простору з метою економії витрат власної енергії це і є фізичною суттю розумного поведіння матеріальної системи.

5. Поняття „Розуму” має чисто енергетичний зміст і виражається в безграничній економії витрат енергії системою для максимального збільшення циклу знаходження системи в збудженому енергією стані (життєвий цикл).

6. Кристали НМ (2) «молекули води» зєднані в кластер є по своїй суті живою інтелектуальною кібернетичною системою.

Література

1. Гончарук В.В., Кармазіна Т.В. Регулювання молекулярно-динамічного стану води // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27. – № 2. – С. 138-145.
2. Антонченко В.Я. Физика воды. – К.: Наукова думка. – 1986. – 127 с.
3. Рибак Л.П. Визначення характеристик системи з n-ї кількості нелінійних резонансних елементів, які мають в своїй структурі суматор зважених станів вхідних збуджень та механізм, який формує нелінійну функцію активації // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – Ч1. – Т.2. – С. 53-61.
4. Рибак Л.П. Інтелектуальні нанороботи. – Хмельницький. – 2004. – 402 с.
5. Структура воды: гигантские гетерофазные кластеры воды / Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Бальшев А.В. та ін // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27. – № 2. – С. 111-137.

Надійшла 9.11.2009 р.

УДК 685.34.016.3+514.181.22

Т.А. НАДОПТА
Хмельницький національний університет

ДОСВІД АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБМІРУ СТОПИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ

*Проведено аналіз автоматизованих процесів обміру стопи та проектування деталей взуття.
The analysis of the automated processes of foots measurement and details planning by shoe are conducted.*
Ключові слова: обмір стопи, деталі взуття.

В загальному виді система автоматизованого проектування (САПР) – це комплекс засобів автоматизації і проектування, взаємозалежних та взаємопов'язаних з необхідними підрозділами проектних організацій чи колективами фахівців (користувачів), що виконують автоматизоване проектування.

Метою автоматизованого проектування є підвищення якості, зниження матеріало- та трудомісткості, скорочення штатів проектувальників та термінів виконання проектно-конструкторських робіт. Останнє особливо важливе в умовах індивідуалізації виготовлення взуття, коли на перше місце висуваються вимоги вільного вибору моделей, врахування індивідуальних особливостей споживача та оперативність реалізації замовлення.

Використання існуючих методів проектування взуття не відповідає сучасним вимогам, оскільки витрачається багато часу на вирішення поставленої мети, тільки автоматизація процесу проектування й створення математичної моделі дозволить якісно та з меншими витратами провести необхідну технологічну підготовку виробництва.

Як відомо, зменшення часу виготовлення взуття є принципово важливим для створення конкурентоздатної продукції. Традиційні методи отримання вихідної інформації часто виявляються дорогими, трудомісткими й неточними. З допомогою технології швидкого копіювання прототипу стало можливим впровадити виготовлення індивідуального взуття з врахуванням анатомії ноги конкретного замовника.

Розглянемо відомий досвід впровадження САПР. Насамперед, слід відзначити, що на даний час реалізується проект EUROSho, головним завданням якого розробка й фінансування проектів, на основі уніфікованого масового виробництва продукції, спрямованих на розвиток і модернізацію взуттєвої промисловості.

Лідером розробки та постачання CAD/CAM систем для розробки взуття є фірма "Delcam", яка обрана провідним розробником комп'ютерних продуктів та програм для EUROSho. Цей проект підтримують тридцять чотири організації з дев'яти європейських країн, включаючи компанії, які продукують взуття, і постачальників устаткування, а також ряд науково-дослідних центрів. Метою EUROSho є розвиток взуттєвої галузі, на основі виробництва ексклюзивного взуття із ціною, доступною для масового споживача. Рішення цього завдання вимагає застосування сучасних систем комп'ютерного моделювання, які пропонує "Delcam" у рамках свого спеціалізованого рішення для взуттєвої промисловості PS-Shoemaker.

Система PS-Shoemaker побудована на базових продуктах сімейства Power Solution (PowerSHAPE, PowerMiLL, CopyCAD). В ній повною мірою реалізовані всі унікальні можливості, запатентовані фірмою "Delcam" технології Total Modelling. Вона дозволяє використати програми сімейства Power Solution як

повністю інтегрований пакет для створення комп'ютерних моделей і їхнього дизайну, що дає можливість простіше й швидше розробляти нові оригінальні моделі, обходячи обмеження звичайних CAD систем. Гібридне моделювання поєднує твердотіле моделювання із гнучкістю поверхневого моделювання, проте відмінність від інших CAD систем, з аналогічними підходами полягає у зворотному інжинірингу, фасетному моделюванні, моделюванні рельєфів.

Перший програмний модуль був створений як додаток до системи тривимірного гібридного моделювання PowerSHAPE для автоматизації ряду стандартних операцій, які зустрічаються при моделюванні підшов взуття й проектуванні прес форм для них [1]. Оскільки даний модуль добре себе зарекомендував на взуттєвому ринку Італії, тому було розширено його функціональність і доповнено додатками систему реверсивного інжинірингу CopyCAD (модуль градирування взуттєвих колодок) і системою багатокординатної фрезерної обробки PowerMiLL (модуль електронного фрезерування по копії). Система постійно розвивається, розробляються нові спеціалізовані модулі, наприклад, створені додаток для автоматизації моделювання каблуків і проектування прес форм для них, модуль автоматичного проектування пуансонів ливарних форм для підшов і каблуків Punch Wizard.

В лінійці програмного забезпечення "Delcam" є спеціалізоване рішення для взуттєвої промисловості – Delcam Crispin, що дозволяє вирішувати завдання дизайну, проектування й виготовлення всіх типів взуття. Програмні продукти Power Solution забезпечують усі етапи проектування деталей верху взуття (ДВВ). Провідні виробники взуттєвої галузі, як "Nike" (США), "Clarks" (Великобританія), "Ecco" (Данія), "Eram" (Франція), "Feng Tay i Pou Chen" (Тайвань), "Azaleia" (Бразилія), "Arego i STM Meccanica" (Італія) використовують програмні рішення на базі Power Solution для створення нових моделей взуття та виготовлення необхідного оснащення для взуттєвої промисловості. Програмний продукт Delcam Crispin це CAD – система, що складається з декількох модулів, які можуть працювати як самостійно, так і в сполученні з іншим. ShoeDesign – сукупність усіх додатків для одержання проектного рішення моделювання й дизайну взуття. Використовуючи модуль ShoeDesign можливе одержання реального фотозображення майбутнього виробу, проектування контурів ДВВ, створення таких елементів дизайну як шви, шнурки й інші аксесуари, задавання кольору, текстури, різних товщин та видів матеріалу для виготовлення вибору. Модуль ShoeDesign був розроблений з метою допомоги виробникам взуття знизити витрати й зменшити час на проектування.

Взуттєва колодка є основою для виробництва як модельного та спортивного, так і ортопедичного взуття. Використання підсистеми LastMaker дозволить виконати оцифровку колодки після сканування, редагування отриманої моделі (випрямлення, згладжування, градирування). Одержаний макет зберігається в електронній базі даних та використовується на всіх наступних етапах проектування й виготовлення деталей верху взуття. Модель колодки при цьому передається одразу в модуль ShoeDesign. Додаток ShoeStyle дозволяє створити ескіз виробу на 3D моделі колодки, а також автоматично отримати розгортку даної колодки. Функціональні можливості додатка Engineer: створення плоских шаблонів, їх градації по розмірах та автоматична подача на устаткування для розкрою. Додаток ShoeCost призначений для розрахунку витрат шкіри, синтетичних матеріалів, оцінки трудомісткості робіт і собівартості готового виробу. Додаток StitchTec використовується для роботи з технологічними картами та схемами складання заготовок. Переваги додатка KnifeCut полягають у виборі найбільш раціональної схеми укладки деталей, розкрої по шаблону та програмуванні розкрою з мінімальними відходами.

Одночасно компанією "Delcam" створене спеціалізоване програмне рішення для проектування ортопедичного взуття й ортопедичних устілок. Crispin Orthopaedic – CAD/CAM саме такий програмний продукт в області ортопедії стопи. Принциповою відмінністю цього програмного продукту є орієнтація на проектування індивідуального ортопедичного взуття, на основі сканування стопи пацієнта й подальшої підготовки персональної колодки. Модулі OrthoScan та OrthoLast призначені для сканування ноги пацієнта, розробки індивідуальної ортопедичної колодки, вибору найбільш прийняттого прототипу колодки з бази даних і його модифікація для одержання оптимальної моделі проектування взуття.

Для отримання анатомічних та антропологічних характеристик, які застосовуються при виготовленні раціональних та ергономічних виробів із шкіри необхідно використовувати прогресивну технологію обмірів. Використання сканерів дає можливість швидко і якісно одержувати та опрацювати інформацію, отриману в процесі антропометричних досліджень [2].

Використання 3D-сканування у взуттєвому виробництві як процесу визначення координат точок, що належать поверхням багатопрофільних фізичних об'єктів, дозволяє створювати цифрову модель нижньої кінцівки та на її основі проектувати ДВВ, враховуючи індивідуальні антропометричні властивості користувача.

Для сканування стопи використовують різноманітні сканери та маніпулятори, які базуються на описаному вище програмному забезпеченні. Традиційні методи проектування взуття розраховані на масове виробництво, використання ж цифрових тривимірних моделей дозволить реалізувати концепцію виготовлення взуття індивідуального замовлення за технологією масового.

3D сканер – пристрій, який оцифровує фізичний об'єкт, і за допомогою отриманих даних, створює 3D модель. За методом сканування 3D сканери діляться на контактні та безконтактні. Контактний метод 3D сканування передбачає безпосередній контакт чутливого елемента 3D сканера з досліджуванним об'єктом. В цьому випадку принцип роботи сканера полягає в обведенні контуру об'єкта вручну самим оператором. Такі сканери мають спеціальне механічне пристосування у вигляді сенсора-щупа, за допомогою його в

комп'ютер передаються тривимірні координати моделі, яка сканується.

Прилад фірми "MicroScribe" дозволяє будувати точні комп'ютерні моделі, знімаючи тривимірні координати реальних фізичних об'єктів. Процес зняття розмірів швидкий, точний і легкий [3]. За своєю суттю такі системи являють собою контактний щуп, який за допомогою декількох потенціометрів, установлених на складних арматурах із шарнірними з'єднаннями, фіксує інформацію про те, в якому місці перебуває контактна частина, і передає цю інформацію у вигляді координат у тривимірному просторі при натисканні відповідної кнопки. Досить зробити необхідну кількість вимірів, і з'являється готова сітка для моделювання поверхні майбутнього виробу.

Компанія "CimCore" пропонує три типи маніпуляторів: INFINITE 2.0, INFINITE 2.0 SC і Stinger Iii. Всі моделі працюють із програмним забезпеченням Delcam PowerINSPECT для контролю точності виготовлення складних просторових поверхонь і Delcam PowerSHAPE Pro із драйвером для оцифровки фізичних прототипів і створення на їхній основі комп'ютерних моделей виробів [4].

Координатно-вимірювальна рука Vaces3D M100 фірми "FriulROBOT" забезпечує отримання тривимірних моделей для зразків будь-якої складності з точністю до 0,06 %. Крім того, одержані тривимірні координати можуть записуватися в текстовий файл або електронну таблицю (наприклад, MS Excel) для створення конструкторської документації або в системи тривимірного проектування для створення комп'ютерних 3D моделей промислових об'єктів і установок [5].

Перевагами контактного 3D сканера є простота сканування деталей призматичної форми, незалежність від освітлення, прекрасне 3D сканування ребер, простота використання, малий розмір одержуваних файлів. Головним же недоліком цього типу пристроїв є їхня напівавтоматичність: модель, по суті, формує оператор [6], а не сам пристрій, що значно повільніше, ніж в сканерах, які використовують лазерну технологію. До того ж, на відміну від лазерних, безконтактних сканерів, сенсорні сканери не зчитують текстуру, що може бути визначальним критерієм при виборі сканера для його практичного використання.

Безконтактний метод 3D-сканування, у свою чергу, розділяється на два окремі види: пасивні та активні 3D сканери. Активні 3D сканери випромінюють на предмет хвилі (частіше світло, промінь лазера) і виявляють відбиття.

Переваги лазерного 3D-сканування полягають у відносно малій ціні 3D сканера для промислового застосування, можливості 3D сканування поза приміщеннями і при різній освітленості, безконтактній технології, можливості роботи з об'єктами, недоступними для 3D-сканування з використанням технології звичайного світла.

Пасивні 3D-сканери замість цього базуються на виявленні відбитого навколишнього випромінювання і не випромінюють нічого на предмет. Більша частина таких 3D сканерів виявляє видиме світло – легкодоступне навколишнє випромінювання. Прив'язка до об'єкта здійснюється простим і ефективним способом: на предмет 3D – сканування в довільному порядку на відстані від 20 до 100 мм приклеюють круглі маркери, які відбивають світло, це дозволяє сканувати всі сторони, також процес 3D-сканування можна перервати, уточнювати й, уважно розглянувши вже відскановане, продовжити. Переваги цього 3D-сканування – у більшій швидкості 3D сканування, високій точності, одержанні порядку 100 000 точок 3D сканування за один прохід, можливості 3D сканування людського організму завдяки відсутності лазерів, безконтактній технології [7].

Отримані методом 3D сканування тримірної моделі в майбутньому можуть бути оброблені засобами САПР і застосовуватися для розробки технології виготовлення (САМ) та інженерних розрахунків (САЕ).

Завдяки безконтактній технології сканування об'єкти залишаються недоторканими й не деформуються. Сканування обмежується тільки безпосередньо деякими властивостями поверхні. Так глясові, блискучі й темні об'єкти не будуть оцифровані ефективно, для досягнення кращої якості модель повинна бути пофарбована в червоний, білий або жовтий кольори.

Отримані в результаті тривимірного сканування координати точок, описують геометрію об'єкта у системі координат, яка закладена у сканері. Ці дані використовують для створення комп'ютерної моделі виробу по його фізичному прототипу, контролю точності геометричних параметрів виробів та проектування окремих вузлів виробу.

Обладнання фірми "Roland" дає можливість оцифровувати об'єкти у двох напрямках: площинне та ротаційне сканування [8]. При ротаційному скануванні швидко сканується весь об'єкт, котрий встановлено на столі, що обертається. При площинному скануванні модель може скануватися в шести різних площинах, що дозволяє отримувати зображення впадин та різноманітних заглиблень. Такі результати сканування можна отримати за допомогою лазерних сканерів LPX-1200, LPX-250, PICZA PIX-4, але використовувати дані моделі сканерів можливо тільки для опрацювання виробів габаритним розміром не більше 255мм.

За допомогою обладнання, яке пропонує компанія "Konica" можливе отримання просторового вимірювання різноманітних об'єктів, зокрема, частини тіла людини. Комп'ютерна модель може бути оброблена спеціалізованими програмами й експортована в усі основні додатки для роботи з 3D-моделями [9]. Наприклад, Konica Minolta представляє RANGE 7 – безконтактний 3D сканер, що виводить можливості технології 3D сканування на новий рівень, зводить до мінімуму механічні відхилення й температурні коливання, забезпечує високу точність вимірів (до 40 мікрометрів) та дозволяє сканувати об'єкти незалежно від форми та структури поверхні, при цьому забезпечується висока якість 3D-даних. Сканери типу Konica

Minolta VI -910 та VI-9i призначені спеціально для сканування технічних об'єктів (деталей, вузлів і т.п.), де необхідна висока точність. Прилад має підвищену точність вимірів (до 0.05 мм) і поставляється в комплекті зі спеціальною розробленою каліброваною системою.

Американська фірма "Cyberware", по праву вважається одним з лідерів у виробництві лазерних 3D сканерів, пропонує послугу тривимірного сканування об'єктів за допомогою лазерного ручного 3D-сканера ZScanner700, який самостійно забезпечує вибір позицій для сканування. Даний сканер дозволяє отримувати цифровий вид поверхонь складної форми, у тому числі колодок [10]. При цьому він дуже мобільний, що дає можливість скоротити час його встановлення й роботи до мінімуму і не вимагає особливих умов щодо місця проведення сканування. На виході зі сканера одержуємо полігональну модель об'єкта з трикутних елементів (STL, як варіант – множину точок). За необхідністю можливе перетворення полігональної моделі в NURBS-поверхні (STP, IGES). Недоліком даної моделі є те, який необхідно наклеювати на об'єкт, який сканується, точки-прив'язки, на основі яких формують унікальну пов'язану з об'єктом систему координат, де будується поверхня, крім того необхідно покривати поверхню антибликом для створення матової поверхні, придатної для лазерного 3D сканування. Сканер Cyberware дозволяє отримувати цифрове зображення ноги людини. Сканування здійснюється протягом 17 секунд та дає повний набір точок, на основі яких будується тримірна модель стопи.

Німецька компанія "Vitronic" випускає дві моделі сканерів: 3D Body scanner Vitus pro 8C і 16 C. Ці системи комплектуються відео- (для зчитування форми) і фото- (для зйомки кольору) камерами, принцип роботи яких, базуються на використанні лазера [11]. Процес сканування займає 21 секунду при розділюваній здатності 2 мм по осі Z і 11 секунд – при 4 мм. Загальні показники сканування: глибина кольору – 12 bit, розділювана здатність по всіх осях – 2 мм. Крім того, необхідний програмний пакет Human Solutions для роботи з отриманим зображенням і переведенням його в 3D формати.

Лазерний сканер Handyscan REVscan канадської компанії "Creaform" здатний самостійно позиціюватися в просторі завдяки спеціальним маркерам, що закріплюють на об'єкті [12], щоб повністю охопити всю його поверхню й виключити "білі плями" – нерозпізнані ділянки при обробці 3D моделі в цілому, забезпечує точність до 0,05 мм та дозволяє комбінувати сканер з портативними комп'ютерами й працювати практично в будь-яких умовах.

Лазерний 3D сканер виробництва фірми "FastScan" дає можливість сканування великогабаритних об'єктів на місці [13], забезпечує високу швидкість і якість сканування об'єктів, можливість конвертування файлів під різне програмне забезпечення для роботи з 3D об'єктами та забезпечує точність 0.1мм (максимальні розміри об'єкта до 10 метрів).

3D принтери Z Corporation здатні швидко й недорого створювати наочні прототипи будь-якої складності безпосередньо за цифровим даними. Зокрема, Connex500™, 3D принтер, який надає унікальну можливість виготовлення деталей і складальних одиниць за технологією PolyJet Matrix із застосуванням різних матеріалів. Технологія дозволяє будувати моделі одночасно з декількох матеріалів, теоретично необмежені можливості по швидкому виготовленню моделей-прототипів, які візуально максимально наближені до еталону [14].

Лондонська взуттєва фірма "Priog 2 Lever" (P2L), яка спеціалізується на виробництві взуття для спортсменів, запропонувала виробництво індивідуального взуття на основі 3D-сканування. Сутність даних послуг полягає в тому, що форма ноги потенційного власника кросівок сканується лазером з метою побудови цифрової моделі, а потім замовникові варто надягти спеціальні сенсорні устілки й виконати ряд вправ для фіксування основних анатомічних точок стопи [15]. На основі отриманої інформації проектується взуття за допомогою пошарового лазерного зшивання. Переваги полягають у виготовленні моделей нових зразків в натуральну величину; скороченні термінів розробки нових моделей взуття; швидкій адаптації виробничих потужностей до випуску нового зразка взуття.

Новинкою є програма для 3D-сканування об'єктів DAVID. Для використання досить мати наявності потужний комп'ютер, недорого веб-камеру й просту лазерну вказівку. Об'єкт розміщується між двома площинами, розташованими одна відносно іншої під кутом в 90 градусів, активується камера та DAVID і променем лазерної вказівки проходиться по об'єкту [16]. Програма прораховує координати конструкції й складає на їхній основі точну 3D-модель однієї зі сторін. Зробивши сканування об'єкта із трьох сторін, що залишилися, одержується повноцінна 3D-модель, яку можна імпортувати в один із сучасних графічних пакетів, наприклад, в 3DS Max.

Як описано вище, існуючі пристрої для виміру форми й розмірів стопи людини безконтактним методом дуже складні й мають обмежену точність через неповний обхват поверхні. Приклади вітчизняних систем обміру стопи представлені наступними винаходами. Винахід [17] призначений для автоматичного виміру поверхні стопи й гомілки в системі з ЕОМ і може бути використаний для виміру колодок і деталей оснастки. Принцип його дії полягає у тому, що вимір ноги відбувається у двох зонах: стопи й широкої частини гомілки з бічних сторін стопи, причому стопа висвітлюється системою променів, паралельних опорній площині, а зображення одержують на площині, паралельній опорній площині оптичної системи, оптична вісь якої перпендикулярна опорній площині. При цьому одержують зображення променів без геометричних перекручувань. Це спрощує розрахунки й процедуру зняття мірки. Застосування лінійних фотоприймачів з підвищеною розрізняльною здатністю й окремих для кожної зони вимірів забезпечує підвищення точності.

Запропоновано засіб для обмірювання об'єкта в трьох площинах, який можна використовувати у взуттєвій галузі [18]. Це важіль, на кінці якого встановлено знімний щуп з можливістю обертання. Платформа прозора й на ній нанесені базові осі зі шкалами. На кожній осі виконано відповідно установчий отвір для початку відліку шкали знімного кутоміра, розташованого в площині платформи. Крім того, є другий кутмір, розміщений у місці з'єднання його із платформою перпендикулярно до прозорої площини з можливістю обертання знімного першого кутоміра із засобом для обмірювання об'єкта. Засіб для обмірювання має дві симетричні осі з кутміром, розсувну лінійку зі шкалою й фіксатором положення.

Сутність винаходу [19] полягає в тому, що відбувається проектування на вимірювану поверхню плоских променів, спрямованих під кутом до опорної площини, у межах від 30 до 65°, фотографування сліду цих променів на вимірюваній поверхні за допомогою знімальної камери, оптична вісь якої спрямована перпендикулярно до опорної площини, з нанесеною координатною сіткою. При висвітленні стопи, розміщеної на оптично контрастній площині, розсіяним світлом від джерела з потужністю, меншої потужності джерела плоских променів, визначаються габаритні розміри по границі зображення стопи на опорній площині й периметри перетинів стопи по фотографії, а також висоти перетинів за формулою

$$H_{ij} = H_0 \left(1 - \frac{L_{ij}}{L_{i0}} \right),$$

де i – номер променю;

j – номер перетину;

H_0 – висота джерела над опорною площиною;

L_{i0} – відстань від сліду на опорній площині до проекції джерела на опорну площину;

L_{ij} – відстань від j -го перетину до проекції джерела на опорну площину.

Винахід [20] передбачає установку стопи на опорній площадці, висвітлення поверхні стопи плоскими променями світла, одержання зображення сліду цих променів роздільно для зовнішньої й внутрішньої бічних поверхонь стопи двома телекамерами, оптичні вісі яких спрямовані під гострими кутами до опорної площини й до плоских променів. При розміщенні телекамери, яка розташована біля п'яткової частини стопи, проекція оптичних осей телекамер на опорну площину утворює кут. Вершина кута спрямована вбік п'яткової частини стопи й перебуває в точці, розташованій на проекції бісектриси кута між оптичними осями камер. П'яткову частину стопи сполучають за допомогою п'яткового упору із заданою точкою відліку, розташованою на проекції бісектриси кута.

Висновки.

1. Сучасне ефективне виробництво взуття неможливе без впровадження автоматизації процесів обміру стопи та на основі одержаних даних – проектування взуття.
2. Відома широка гама устаткування для реалізації цих процесів, проте вони мають досить значну вартість і випускаються закордоном.
3. Для розробки та впровадження аналогічного устаткування в першу чергу, необхідно розробити відповідний аналітичний апарат.
4. Впровадження автоматичної системи проектування дозволить організувати процес виробництва взуття з врахуванням індивідуальних особливостей споживачів на основі технологічних та відповідних економічних показників масового виробництва.

Література

1. <http://www.delcam.com/>
2. Разина Е.В. К вопросу применения 3D-сканеров в кожевенно-обувной промышленности / Е.В. Разина, Л.Г. Семенова // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – № 6. – С. 45-46.
3. <http://www.delcam.spb.ru/equipment/microscribe.htm>
4. <http://www.cimcore.com/>
5. <http://www.abuniversal.ru/measure-tools/measure-tools01.htm>
6. <http://www.office-tec.ru/3-dprint.html>
7. <http://www.compress.ru/>
8. <http://www.delcam.spb.ru/equipment/cimcore/scanners.htm>
9. <http://www.konicaminolta.ua/>
10. <http://www.cybercom.ru/servicesrp>
11. <http://www.vitus.de/>
12. <http://www.handyscan3d.com/>
13. http://www.kaiprototyping.com/ru/tech_3dscan.html
14. <http://www.3dlab.com.ua/products/>
15. <http://3d-master.com.ua/ru/production/>
16. www.david-laserscanner.com
17. Пат. 1762449 РФ, МПК А43D1/02 Устройство для бесконтактного измерения поверхности стопы и голени / Комиссаров А.Г., Карагезян Ю.А., Оршанский Г.И., Алексеев Ю.И. (РФ). – № 4821456/12 Заявлено 05.03.90; Оpubл. 05.10.96.

18. Пат. 2026623 РФ, МПК А43D1/02 Прибор для трехкоординатного определения формы объекта/ Быстрова Н.Л., Карагезян Ю.А., Комиссаров А.Г., Гозман Л.М. (РФ). – № 4828492/12 Заявлено 28.05.90; Опубл. 20.01.95.

19. Пат. 2031617 РФ, МПК А43D1/02 Способ бесконтактного измерения стопы / Арисланова А.И., Комиссаров А.Г., Данилов Е.Н., Панкратов П.М. (РФ). – № 5021574/12 Заявлено 09.01.92; Опубл. 27.03.95.

20. Пат. 2034509 РФ, МПК А43D1/02 Способ бесконтактного измерения поверхности стопы / Комиссаров А.Г., Карагезян Ю.А., Сиротина И.О. (РФ). – № 4829044/12 Заявлено 25.05.90; Опубл. 10.05.95.

Надійшла 20.11.2009 р.

УДК 621.321

Л.В. ТРОЦИШИНА
Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЧАСТОТИ ЗА МЕТОДОМ КОІНЦИДЕНЦІЇ

Розглянуті моделювання утворення вимірювальної шкали вимірювання частоти за методом коінцидентії. Проаналізовано утворення дробової та дробово-раціональної шкал вимірювання. Вперше вказано на особливості поведінки позначок та їх розподіл на відрізках шкали.

The considered questions of formation of measuring scale of measuring of frequency are after the method of coincidence. It is analysis formation of shot and shot-rationales scales of measuring. It is first indicated on the features of conduct of poacher and their distributing on the segments of scale.

Ключові слова: моделювання, дробово-раціональна шкала, вимірювання частоти, метод коінцидентії, ефективність.

Вступ

Вимірювання частоти є одним із основних видів вимірювань у засобах телекомунікацій, а також радіотехнічних системах різного призначення, де вимоги до точності та швидкодії вимірювання вказаного параметру визначають ефективність та надійність таких систем. Класичні методи цифрового вимірювання частоти не здатні одночасно підвищувати вказані параметри одночасно, тому єдиним можливим напрямком є використання теорії фазочастотних вимірювань та перетворень радіосигналів, яка однозначно довела, що метод коінцидентії забезпечує максимально можливі характеристики за вказаним критерієм. Та в роботах [1-8] питання вимірювання частоти за методом коінцидентії знайшли своє відображення, але частина питань залишилась недослідженими. Особливу увагу необхідно приділити детальному дослідженню не лише процесу утворення шкали вимірювального перетворення, а і аналізу порівняльних характеристик, які є визначальними для вірного розуміння всієї процедури вимірювань та використання їх результатів.

Метою статті є спроба показати в динаміці моделювання кількісних параметрів дробово-раціональної шкали, а також деякі нові особливості утворення та поведінки вимірювальної шкали для методу коінцидентії, з позицій вимірювання частоти із апіорі невідомим часом існування сигналів, які існують в реальних сучасних РТС і ТКС

Основна частина

Не залежно від схеми вимірювання за методом коінцидентії, що представлено на рис. 1 та рис. 2 [1,2,5], рівняння вимірювальної шкали має вигляд

$$f_x = \frac{N_x}{N_{on}} f_{on},$$

де f_x, f_{on} – відповідно вимірювана та опорна частоти,

N_x, N_{on} – відповідно число фазових циклів вимірюваної та опорної частот зафіксованих лічильниками між двома коінцидентіями (збігами).

Другою числовою характеристикою є час вимірювання, рівний проміжку часу (відстані) між двома коінцидентіями, який прийнято визначати за значенням опорної частоти

$$T_{ВИМ} = \frac{N_{on}}{f_{on}}.$$

В той же час такі важливі параметри, як кількість поділок на шкалі, особливо рівномірність їх розташування, рівномірність, густина, наявність відхилень від лінійної тощо, частково досліджено в [3, 9-11], але деталізація поведінки дробово-раціональної шкали не наводилась. Тому незалежно від схеми вимірювання (рис. 1 або рис. 2), доцільним є моделювання саме дробово-раціонального співвідношення N_x / N_{on} , яке і утворює поділки, і відповідно нормоване значення N_{on} , яке визначає час вимірювання.

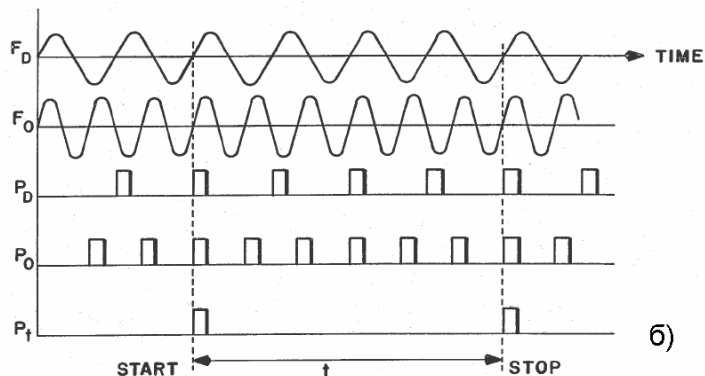
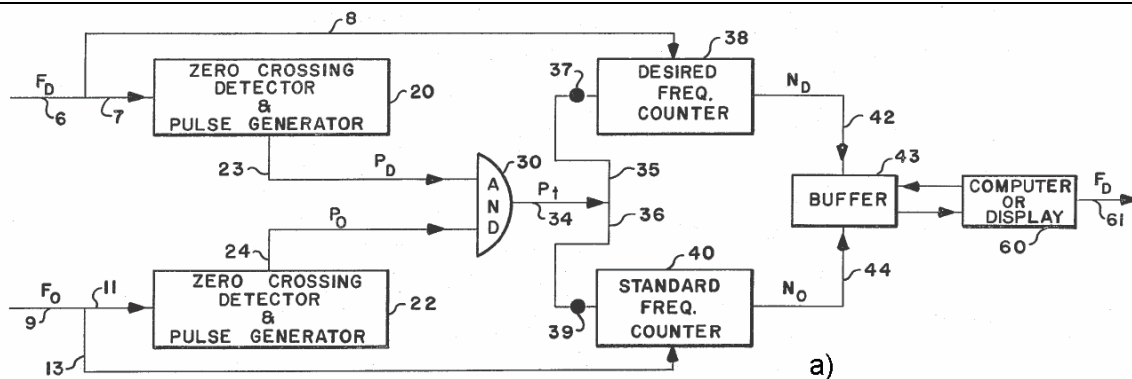


Рис. 1. Схема вимірювання за методом коінциденції 1975 року [1].

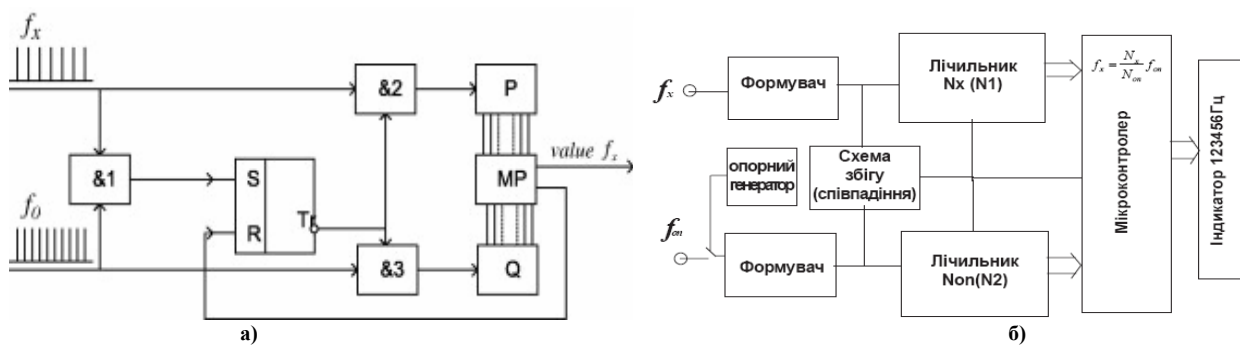


Рис. 2. Сучасні схеми вимірювання частоти за методом коінциденції: а [2] б [5].

Всі схеми досить подібні, але лише за схемою [8], отриманою на основі фазочастотного підходу в рамках фазочастотної теорії вимірювання та перетворення радіосигналів [4, 5, 8, 10], було побудовано та випробувано ряд частотомірів та вимірювальних перетворювачів, які дали унікальні результати [8, 10, 11], але особливості та деталі процесу процедури вимірювання залишались поза увагою і не публікувались. Тому наведені нижче результати не лише детально покажуть утворення вимірювальної шкали (так званої шкали відношень), а й перспективи застосування у РТС та ТКС, де вимоги до точності та швидкодії вимірювання є визначальними.

Спочатку розглянемо результати моделювання зміни розташування поділок та вимірювальної шкалі в нормованих одиницях, залежно від розрядності лічильників. Необхідно відзначити, що розгляду підлягають лише значення шкали, які утворюють правильні дроби $N_x / N_{on} < 1$ (0...1.0); як себе вестиме вимірювальна шкала при чисельнику більшому за знаменник описано в [11]. Так на рис. 3, а-е відображено такі шкали при умові, що N_x, N_{on} змінюються від 3 до 10. Окремо потрібно відзначити, що довжина кожної поділки по вісі Y – нормоване значення часу вимірювання, тобто відображено принципову для нас характеристику – точність вимірювання за час вимірювання.

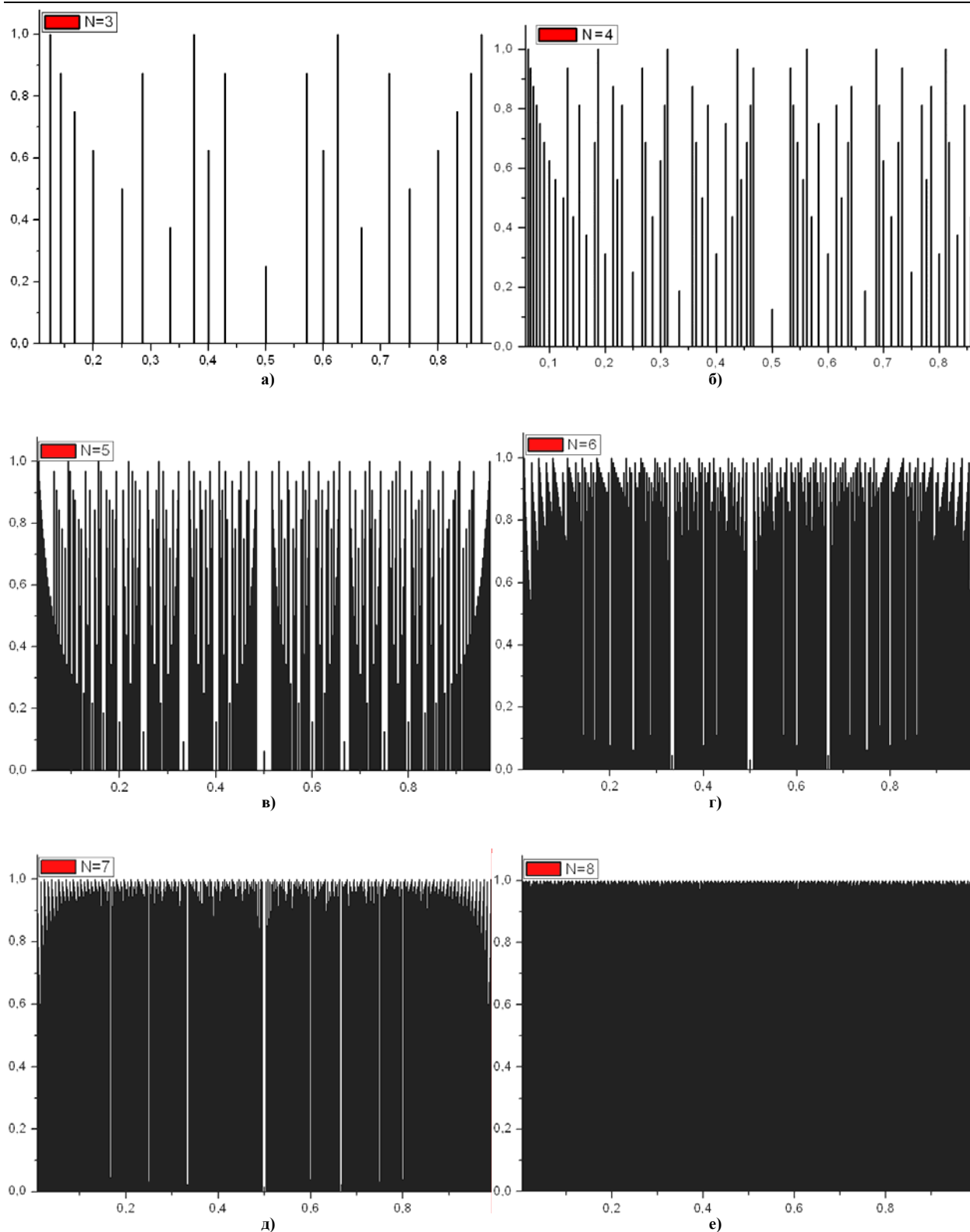
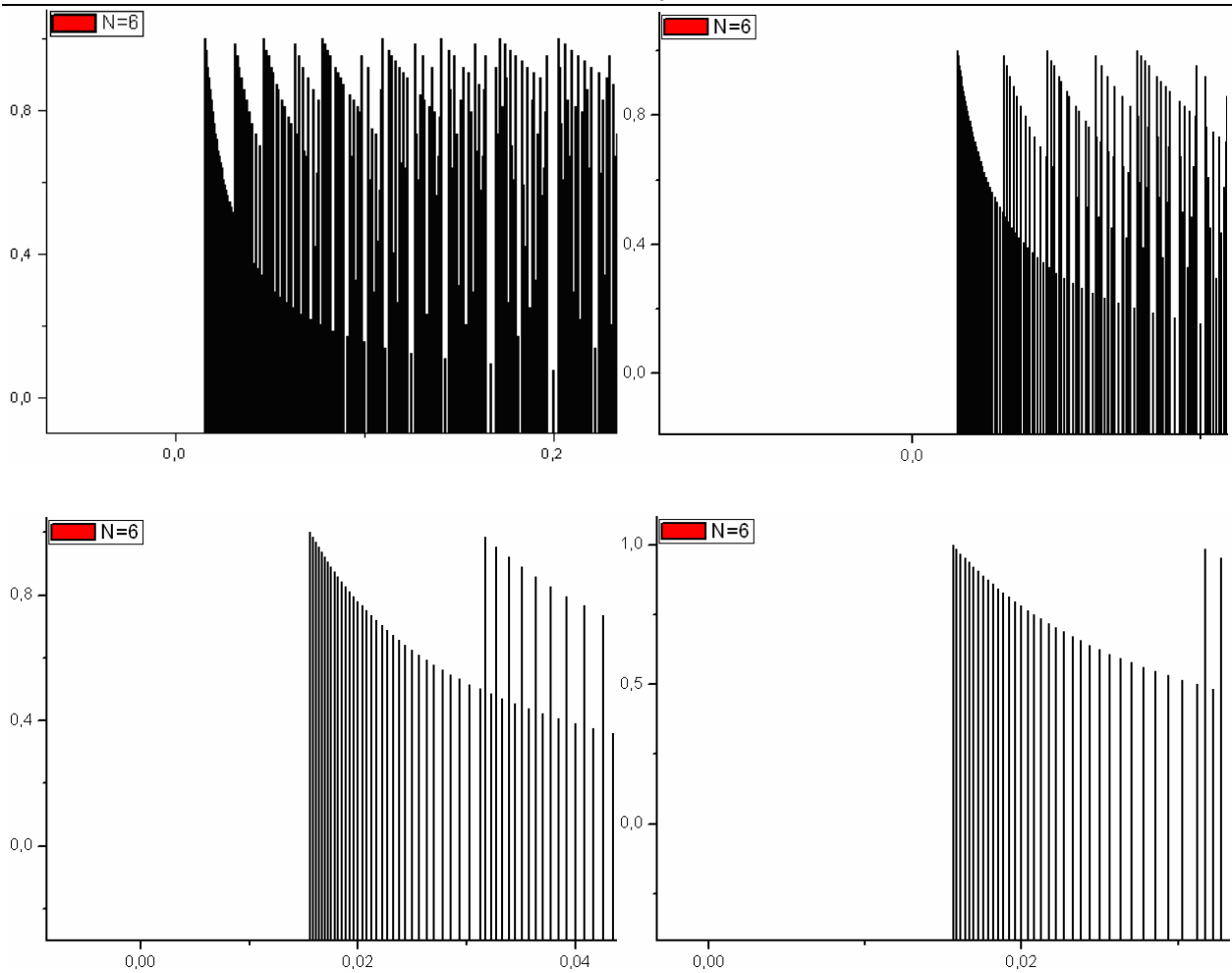
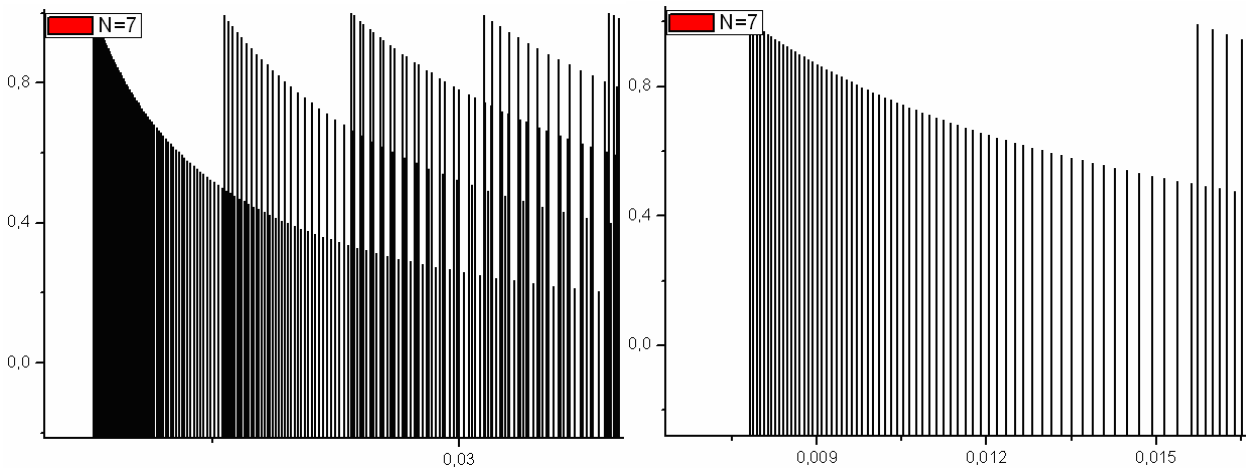


Рис. 3. Характеристики вимірювальної шкали при різній розрядності лічильників N_x, N_{on} (3-8)

Очевидним є ВАК, що при значеннях більше 6 поділки зливаються, тому було проведено масштабування з метою деталізації кількості та довжини поділок при значеннях N_x, N_{on} 6, 7, та 8, які зображено на рис. 4 – рис. 6.

Рис. 4. Деталізація кількості та довжини поділок при значеннях $N_x, N_{on} = 6$ Рис. 5. Деталізація кількості та довжини поділок при значеннях $N_x, N_{on} = 7$

Характерні гіперболічні залежності часу вимірювання викликані наявністю дробової залежності, а густина штрихів характеризує різке зростання роздільної здатності шкали відношень, що підтверджує фундаментальні положення теорії шкал. В той же час на рисунках спостерігається явна нерівномірність розташування кількості поділок у межах еквівалентної рівномірної двійкової шкали, тому доцільним є також питання дослідження розподілу кількості поділок в межах кожного з двійкових значень класичної шкали.

На рис. 7 показано результати моделювання залежності кількості поділок дробової шкали (відношень) в межах двійкової шкали, причому остання зображена і в абсолютних та відповідно нормованих значеннях саме двійкових значень шкали.

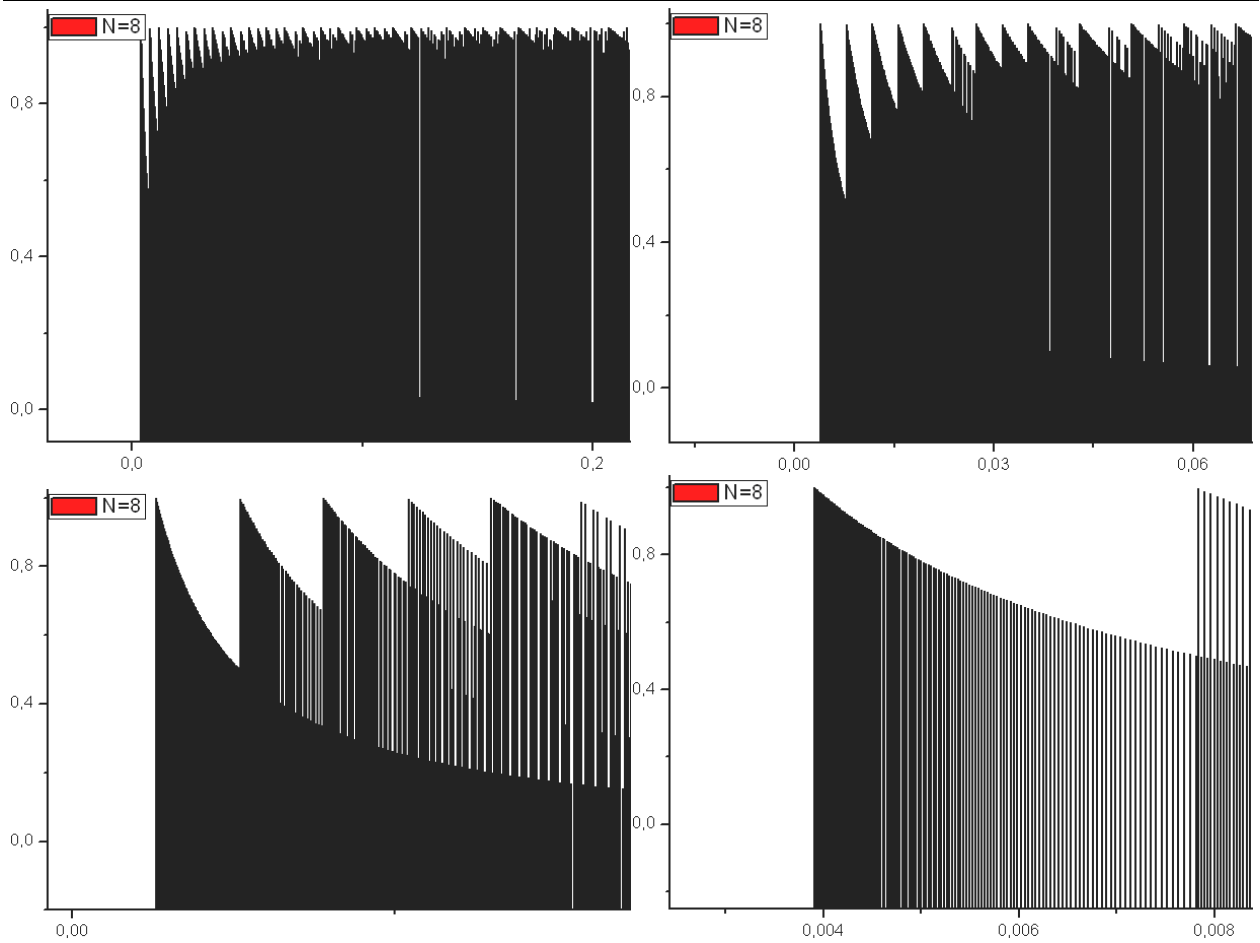


Рис. 6. Деталізація кількості та довжини поділок при значеннях $N_x, N_{on} = 8$

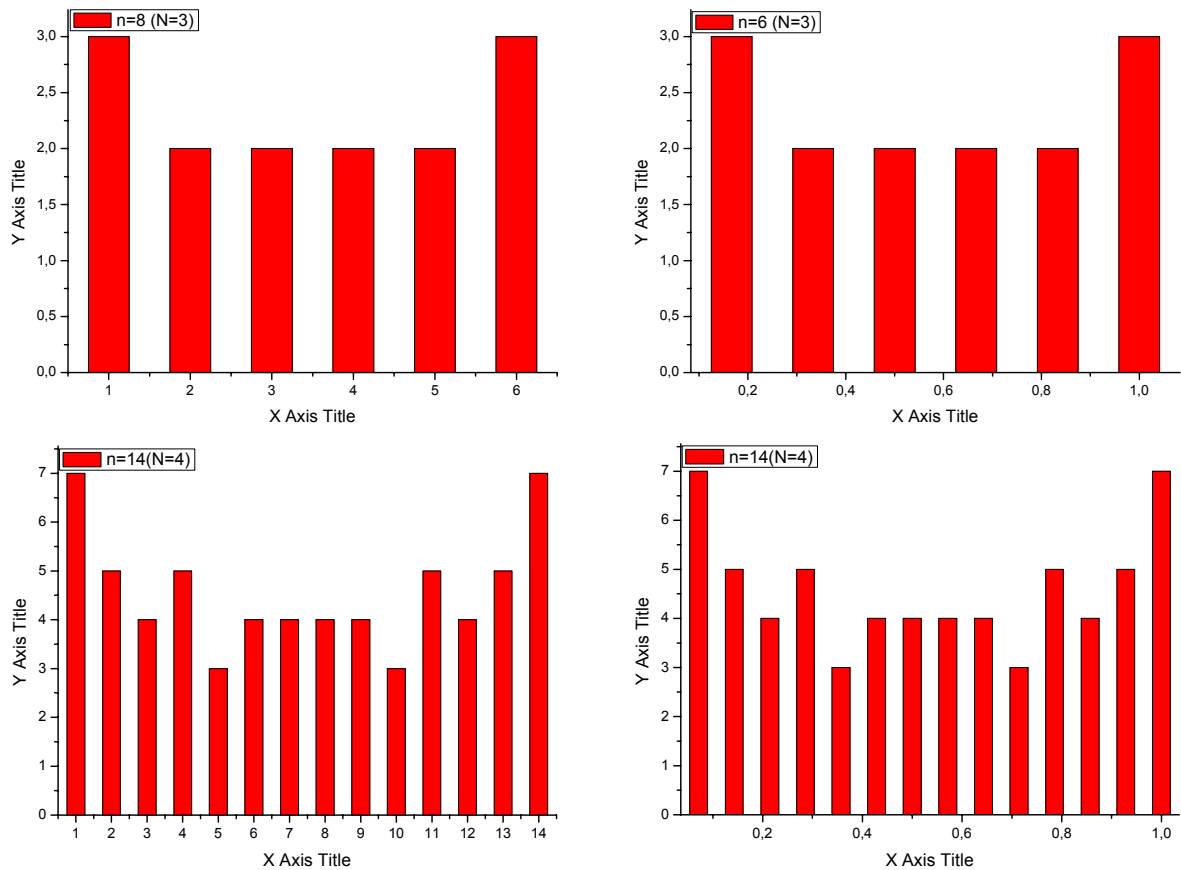


Рис. 7. Залежності кількості додаткових поділок шкали відношень в межах кожної із поділок двійкової шкали для різних співвідношень розрядності лічильників N_x, N_{on}

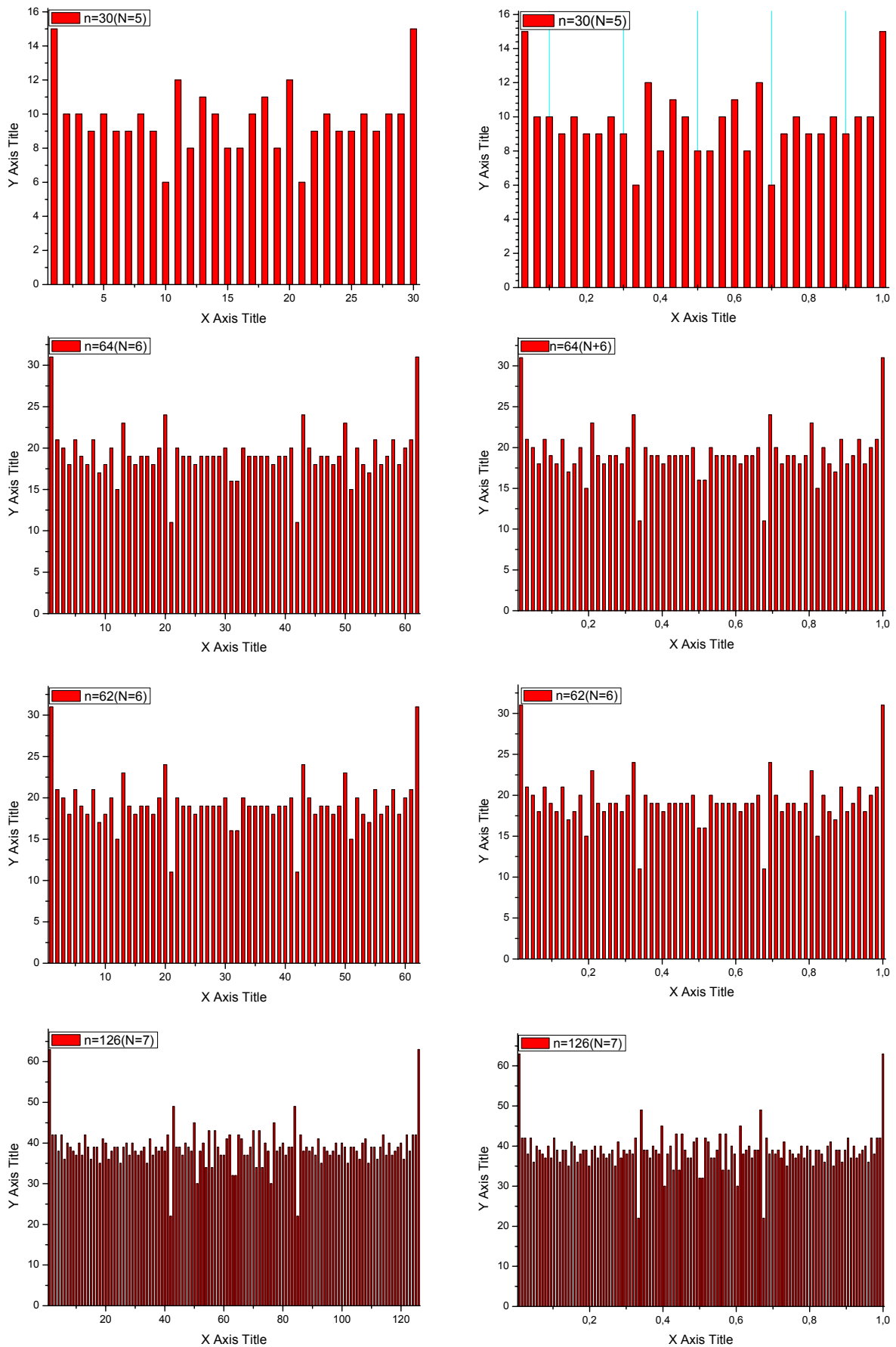


Рис. 7. Залежності кількості додаткових поділок шкали відношень в межах кожної із поділок двійкової шкали для різних співвідношень розрядності лічильників N_x, N_{on} (продовження)

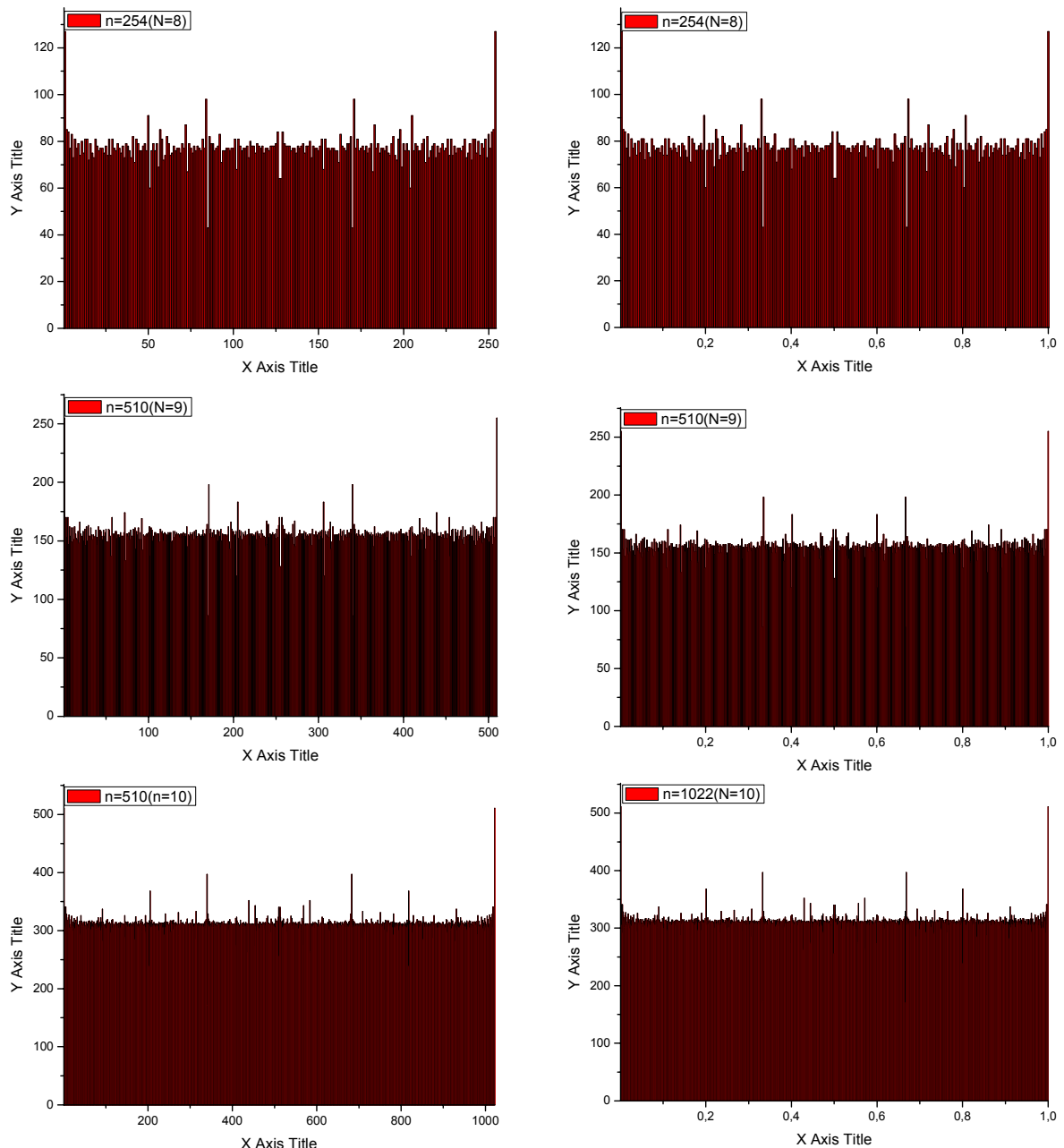


Рис. 7. Залежності кількості додаткових поділок шкали відношень в межах кожної із поділок двійкової шкали для різних співвідношень розрядності лічильників N_x, N_{on} (продовження)

Провівши простий аналіз, можливо зробити кількісні параметри дробово-раціональної шкали, які показують значне підвищення саме роздільної здатності такої шкали у порівнянні із класичною (двійковою), яке подвоюється при подвоєнні розрядності лічильника. В той же час, кількість поділок в межах всієї шкали розташована нерівномірно, найбільше їх на крайніх початкових та кінцевих поділках (4 з 8, 8 з 16, 16 з 32 і т.д), тобто, в межах $[1 - \frac{1}{2^N}]$ міститься 2^{N-1} додаткових поділок. В інших проміжках двійкової шкали кількість поділок змінна, але при збільшенні розрядності (більше 8) такі відхилення зменшуються і для розрахунків можуть бути апроксимовані як 2^{N-2} поділок.

Таким чином, результати моделювання в повній мірі підтвердили теоретичні висновки про можливість одночасного підвищення і точності, і швидкодії вимірювань, також те, що єдиним методом, який забезпечує такий істотний виграв (у десятки сотні разів) є лише метод коінциденції.

Очевидним стає той факт, що використання вказаних результатів саме для вимірювання частоти та її параметрів в сучасних комп'ютеризованих РТС і ТКС дозволить істотно покращити їх тактико-технічні характеристики, саме за критичним параметром.

Висновки

1. Кількість поділок на вимірювальній шкалі вимірювань за методом коінциденції зростає за

рахунок появи додаткових поділок у проміжках класичної рівномірної двійкової шкали, в середньому пропорційно 2^{N-2} .

2. Додаткові поділки у початковій частині вимірювальної шкали розташовуються значно густіше (2^{N-1}), але нерівномірно по всій шкалі, причому із збільшенням розрядності ця нерівномірність густини зменшується.

3. В цілому точність вимірювання частоти в РТС і ТКС можливо покращити в рази, одночасно збільшивши швидкість отримання результатів таких вимірювань, лише за методом коінциденції.

Література

1. Пат. США. № 3924183. J. C. Fletcher, Frequency measurement by coincidence detection with standard frequency. U. S. Patent 3, 924,183. 1975.
2. D. Hernández B., V. E. Tyrsa. Método para la medición de frecuencia usando aproximaciones racionales. Revista Mexicana de Física, 52 (4) 359-364. 2006.
3. L. Busrtseva, V. E. Tyrsa. Maedición de la frecuesnia según el método de las aproximaciones racionales. Electro 2002. Octubre 2002. ISSN 1405-2172. pp 441-446.
4. Троцишин І.В. Вимірювання та перетворення фазочастотних параметрів радіосигналів: – Хмельницький, ПП Ковальський В.В. – 2002. – 382с.
5. Троцишина Л.В. Вимірювання частоти за методом коінциденції/ Троцишина Л.В., Войтюк О.П., Троцишин І.В // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 2. – С. 198-203.
6. Троцишин І.В. Частота, кут фазового зсуву, повний фазовий зсув: – ілюзії та реальність // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 2. – С. 193-198.
7. Троцишин І.В. Теорія та практика фазочастотних вимірювань і перетворень радіосигналів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 2. – С. 7-22
8. Троцишина Л.В. Фазочастотный подход к измерению частоты радиосигналов и частотомер совпадений // “Молодь та сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій” “РТ-2006”. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів і вчених. – Севастополь, -С.93-97.
9. Троцишина Л.В. Особливості частоти як вимірюваної величини та класифікація методів вимірювання / Л.В. Троцишина, О.П. Войтюк, В.Р. Любчик, І.В. Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 2. С. 191-202.
10. Троцишин І.В. Ієрархія сучасних цифрових методів вимірювання частоти та методологія їх застосування у радіотехнічних та телекомунікаційних системах/ І.В. Троцишин, В.Т. Кондратов, Л.В. Троцишина // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 2. С. 226-233.
11. Троцишин І.В. Вимірювання частоти за методом коінциденції та особливості утворення шкали вимірювального перетворення І.В.Троцишин, О.П.Войтюк, Л.В. Троцишина // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 3. – Технічні науки. – С. 240-244.

Надійшла 10.11.2009 р.

УДК 004.41: 616.12-073.96/97

Я.В. ЛИТВИНЕНКО, С.А. ЛУПЕНКО

Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя

А.С. СВЕРСТЮК

Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРОБКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОННО ЗАРЕЄСТРОВАНИХ КАРДІОСИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ЦИКЛІЧНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВІДНОШЕНЬ

В даній роботі розроблено програмний комплекс, що дає змогу проводити сумісну статистичну обробку синхронно зареєстрованих кардіосигналів та їх імітацію на основі моделі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів. Запропоновано використовувати як діагностичні ознаки, коефіцієнти розкладу отриманих статистичних оцінок кардіосигналів в базисі тригонометричних функцій

The program system for statistic processing of synchronously registered cardiosignals and their imitation on basis of the vector model of rhythmically connected cyclic stochastic processes is analyzed in the paper. The coefficients of the analysis of the received statistic data of the cardiosignals in terms of trigonometric functions are suggested to be used as the diagnostic criteria.

Ключові слова: синхронно зареєстровані кардіосигнали, програмний комплекс, статистична обробка, імітаційне моделювання.

Вступ. Ефективність функціонування сучасних кардіодіагностичних систем в значній мірі залежить від методів обробки, які закладаються в програмне забезпечення [1]. В свою чергу, методи базуються на

математичних моделях кардіосигналів, які і задають можливості та специфіку обробки. Зокрема, сумісну обробку синхронно зареєстрованих кардіосигналів (СЗКС) різної фізичної природи (електричної, магнітної, акустичної) можливо проводити лише за умови, що їх математичні моделі є певним чином узгодженими між собою і мають подібну структуру.

Робота багатьох сучасних кардіодіагностичних систем базується здебільшого на аналізі окремо кожного із СЗКС (електрокардіосигналу, фонокардіосигналу, реокардіосигналу та інших). Наприклад, в даний час широко використовуються електрокардіографічні (“Кардіолаб СЕ”, “Стрес-Тест”, “АНКАР-131”; “Валента ЭКГ”); фонокардіографічні (“Кардіолаб+Фоно”, “Сфера-4”, “КАРДИО+”); реографічні (“Реоком Standard”, “РЕАН-ПОЛИ”, “Мицар-РЕО”) системи, що мають спеціальне програмне забезпечення, яке працює переважно лише з одним типом сигналів.

У розробленому програмному комплексі, якому присвячено дану статтю, використано підхід до сумісної статистичної обробки та моделювання СЗКС з використанням моделей та методів теорії циклічних функціональних відношень [2], що дає змогу проводити сумісну статистичну обробку кардіосигналів і отримувати більш повну діагностичну інформацію про стан серцево-судинної системи людини.

Основний розділ. У працях [3-5] описана математична модель та методи обробки СЗКС на основі вектора циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів.

Згідно з роботою [3], дамо означення вектора циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів.

Означення 1. Вектор $\Theta_N(\omega, t)$ циклічних випадкових процесів $\left\{ \xi_i(\omega, t), i = \overline{1, N}, \omega \in \Omega, t \in \mathbf{W} \right\}$

будемо називати вектором ритмічно пов’язаних випадкових процесів, а самі процеси строго ритмічно пов’язаними, якщо існує така функція $T(t, n)$, яка задовольняє умовам функції ритму, що скінченновимірні вектори

$\left\{ \xi_{i_1}(\omega, t_1), \xi_{i_2}(\omega, t_2), \dots, \xi_{i_k}(\omega, t_k) \right\}$ та $\left\{ \xi_{i_1}(\omega, t_1 + T(t_1, n)), \xi_{i_2}(\omega, t_2 + T(t_2, n)), \dots, \xi_{i_k}(\omega, t_k + T(t_k, n)) \right\}$
 $n \in \mathbf{Z}, i_1, \dots, i_k = \overline{1, N}$, де $\{t_1, \dots, t_k\}$ – множина сепарабельності вектора $\Theta_N(\omega, t)$, при всіх цілих $k \geq 1$ є стохастично еквівалентними у широкому розумінні.

Областю визначення \mathbf{W} вектора циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів може бути або впорядкована дискретна $\mathbf{W} = \mathbf{D} = \left\{ t_{ml} \in \mathbf{R}, m \in \mathbf{Z}, l = \overline{1, L} \right\}$ або неперервна $\mathbf{W} = \mathbf{R}$ множина дійсних чисел. У випадку дискретності області визначення $\mathbf{W} = \mathbf{D}$ для її елементів має місце такий тип лінійного упорядкування: $t_{m_1 l_1} < t_{m_2 l_2}$, якщо $m_2 > m_1$, або якщо $m_2 = m_1$, а $l_2 > l_1$, в інших випадках $t_{m_1 l_1} > t_{m_2 l_2}$; $m_1, m_2 \in \mathbf{Z}, l_1, l_2 \in \overline{1, L}$. Причому $0 < t_{m, l+1} - t_{m, l} < \infty$.

Функція ритму $T(t, n)$ визначає закон зміни часових інтервалів між однофазними значеннями вектора циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів. Функція ритму задовольняє таким умовам:

$$\begin{aligned} \text{а) } T(t, n) &> 0 \quad \text{якщо, } n > 0; \quad T(t, 1) < \infty \\ \text{б) } T(t, n) &= 0 \quad \text{якщо, } n = 0 \\ \text{в) } T(t, n) &< 0 \quad \text{якщо, } n < 0, \quad t \in \mathbf{W}, \end{aligned} \quad (1)$$

для будь-яких $t_1 \in \mathbf{W}$ та $t_2 \in \mathbf{W}$, для яких $t_1 < t_2$, для функції $T(t, n)$ виконується строга нерівність:

$$T(t_1, n) + t_1 < T(t_2, n) + t_2, \quad \forall n \in \mathbf{Z}; \quad (2)$$

Функція $T(t, n)$ є найменшою за модулем ($|T(t, n)| \leq |T_\gamma(t, n)|$) серед усіх таких функцій $\{T_\gamma(t, n), \gamma \in \Gamma\}$, які задовольняють (1) та (2).

У частинному випадку, якщо функція ритму $T(t, n) = n \cdot T$ ($T > 0, n \in \mathbf{Z}$), то вектор $\Theta_N(\omega, t)$ будемо називати вектором T - періодично пов’язаних випадкових процесів.

Розглянемо властивості деяких ймовірнісних характеристик вектора $\Theta_N(\omega, t)$ циклічних ритмічно пов’язаних випадкових процесів. Так, для його сумісної k – вимірної функції розподілу, має місце рівність:

$$\begin{aligned} F_{k, \xi_{i_1} \dots \xi_{i_k}}(x_1, \dots, x_k; t_1, \dots, t_k) = \\ = F_{k, \xi_{i_1} \dots \xi_{i_k}}(x_1, \dots, x_k; t_1 + T(t_1, n), \dots, t_k + T(t_k, n)), n \in \mathbf{Z}, i_1, \dots, i_k = \overline{1, N}, t_1, \dots, t_k \in \mathbf{W}. \end{aligned} \quad (3)$$

Змішана центральна моментна функція порядку $p = \sum_{j=1}^k R_j$:

$$r_{p_{\xi_{i_1} \dots \xi_{i_k}}}(t_1, \dots, t_k) = \mathbf{M} \left\{ \left(\xi_{i_1}(\omega, t_1) - m_{\xi_{i_1}}(t_1) \right)^{R_1} \cdot \dots \cdot \left(\xi_{i_k}(\omega, t_k) - m_{\xi_{i_k}}(t_k) \right)^{R_k} \right\} =$$

$$= r_{p_{\xi_{i_1} \dots \xi_{i_k}}}(t_1 + T(t_1, n), \dots, t_k + T(t_k, n)), t_1, t_2, \dots, t_k \in \mathbf{W}, i_1, \dots, i_k = \overline{1, N}, n \in \mathbf{Z}. \quad (4)$$

В роботах [4, 5] описано методи дискретизації кардіосигналів та оцінювання їх функції ритму, що дає змогу проводити сумісну статистичну обробку, з врахуванням мінливості ритмічної структури таких кардіосигналів. Базуючись на отриманих результатах було розроблено програмний комплекс для обробки та моделювання СЗКС з використанням моделей та методів теорії циклічних функціональних відношень, який складається з трьох програмних блоків:

- блок статистичної обробки циклічних сигналів;
- блок сумісної статистичної обробки циклічних сигналів;
- блок моделювання циклічних сигналів.

Структурна схема блоку статистичної обробки циклічних кардіосигналів надана на рис. 1.

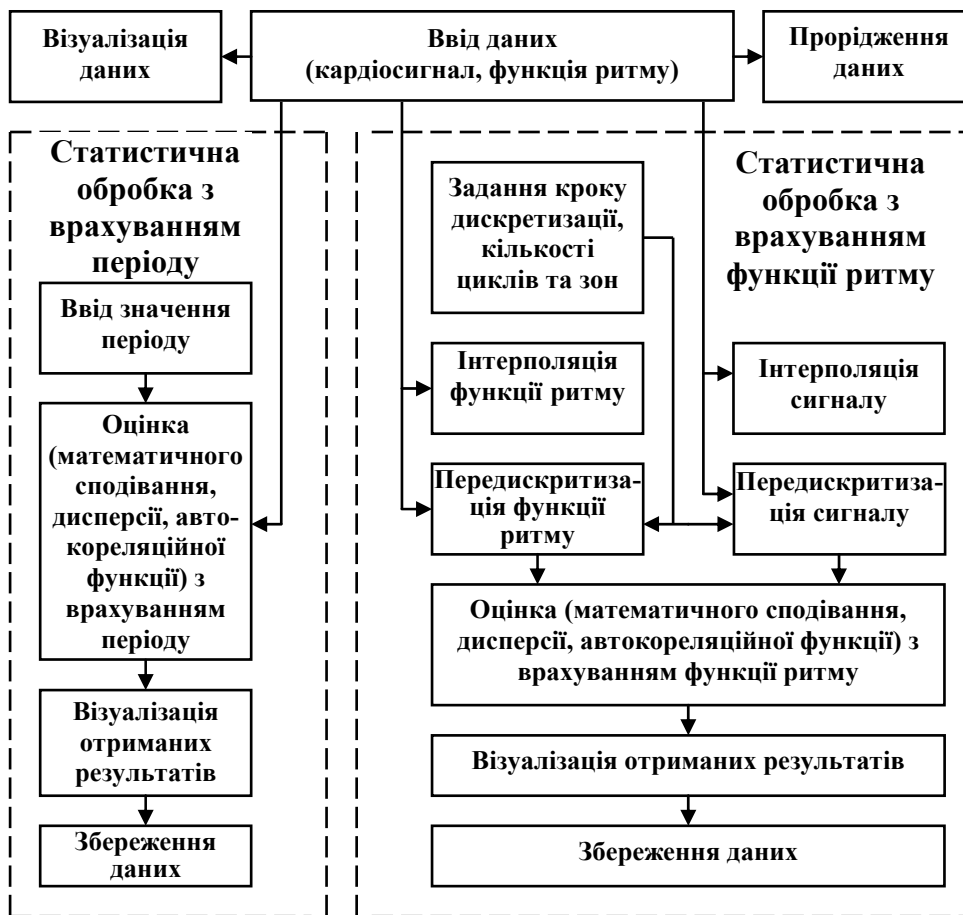


Рис. 1. Структурна схема блоку статистичної обробки кардіосигналів

Програмний комплекс написаний на мові програмування Delphi 7 з використанням стандартних компонентів. Структурна схема основного блоку статистичної обробки складається з двох частин: статистична обробка кардіосигналів з врахуванням періоду; статистична обробка кардіосигналів з врахуванням функції ритму.

Перша частина статистичної обробки дозволяє отримувати оцінки математичного сподівання, дисперсії, автокореляційної функції відомими методами, шляхом усереднення значень реалізації через період. Вхідними даними для здійснення такої статистичної обробки є значення сигналу та значення періоду, оцінка якого може бути проведена відомими методами.

Друга частина статистичної обробки здійснюється з врахуванням ритмічної структури сигналу (функції ритму) згідно з методами, описаними в роботах [4, 5]. Вхідними даними при такій обробці, є значення сигналу, дискретна функція ритму, кількість циклів з яких складається сигнал та кількість зон, з яких складається кожен цикл. Оскільки дана частина статистичної обробки передбачає передискретизацію сигналу, то необхідно задати крок передискретизації сигналу, який на порядок менший від кроку

дискретизації досліджуваного сигналу. Слід відзначити, що дві частини обробки працюють незалежно одна від одної, спільними є лише вхідні значення сигналу, який вони обробляють. На рис. 2 подано зовнішній вигляд інтерфейсу програми для введення та візуалізації вхідних даних.

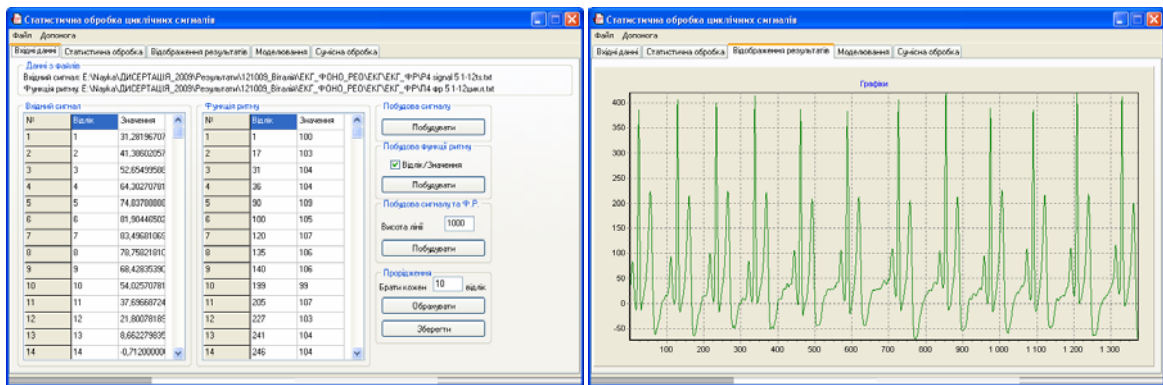


Рис. 2. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми для введення даних: а) введення вхідних даних; б) візуалізація вхідних даних (електрокардіосигнал)

Приклад інтерфейсу програми для проведення статистичної обробки з врахуванням періоду та функції ритму подано на рис. 3.

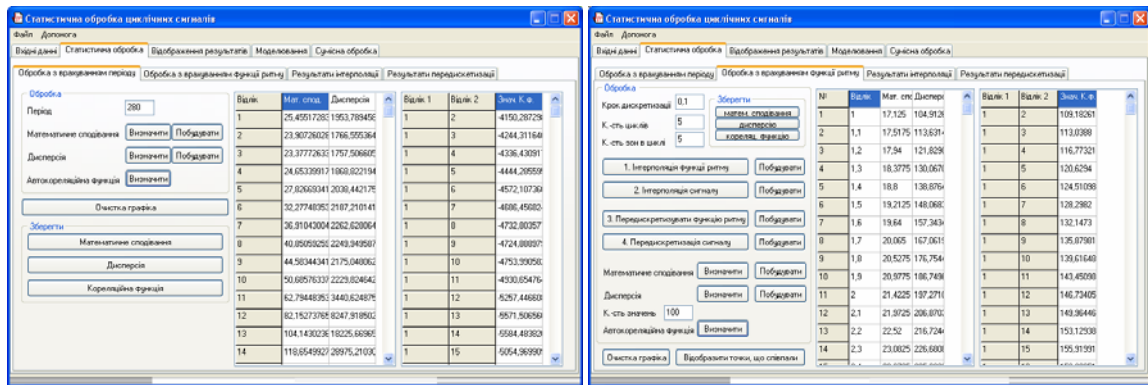


Рис. 3. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми для проведення статистичної обробки: а) з врахуванням періоду; б) з врахуванням функції ритму

На рис. 4 подано, як приклад, результати статистичної обробки оцінок імовірнісних характеристик: математичного сподівання та дисперсії двох СЗКС, отримані методом, що враховує функцію ритму. Всі отримані дані, при необхідності, можна зберегти у файлах для подальших кроків обробки.

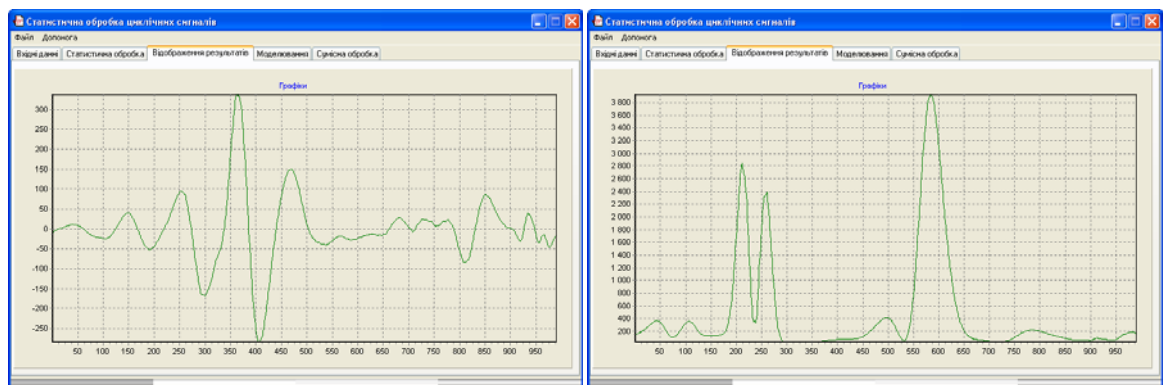


Рис. 4. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми для візуалізації отриманих оцінок: а) математичне сподівання фонокардіограми; б) дисперсія інтегральної реограми

Структурну схему блоку програмного комплексу для проведення сумісної статистичної обробки СЗКС надано на рис. 5.

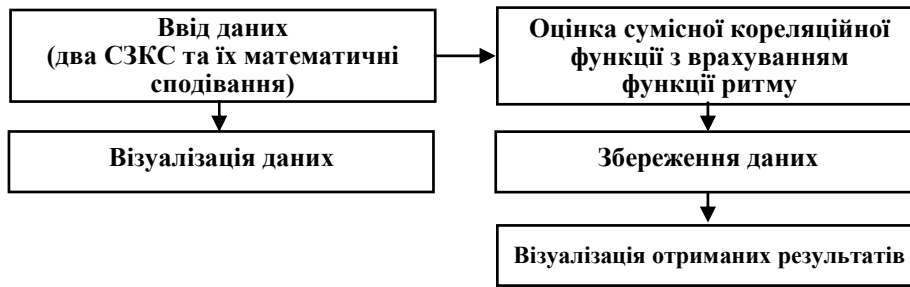


Рис. 5. Структурна схема блоку сумісної статистичної обробки

Для проведення сумісної статистичної обробки необхідно завантажити СЗКС і оцінки їх математичних сподівань. Приклад інтерфейсу програми для введення вхідних даних для сумісної обробки та отримана кореляційна функція двох СЗКС (електрокардіограми та інтегральної реограми) подано на рис. 6.

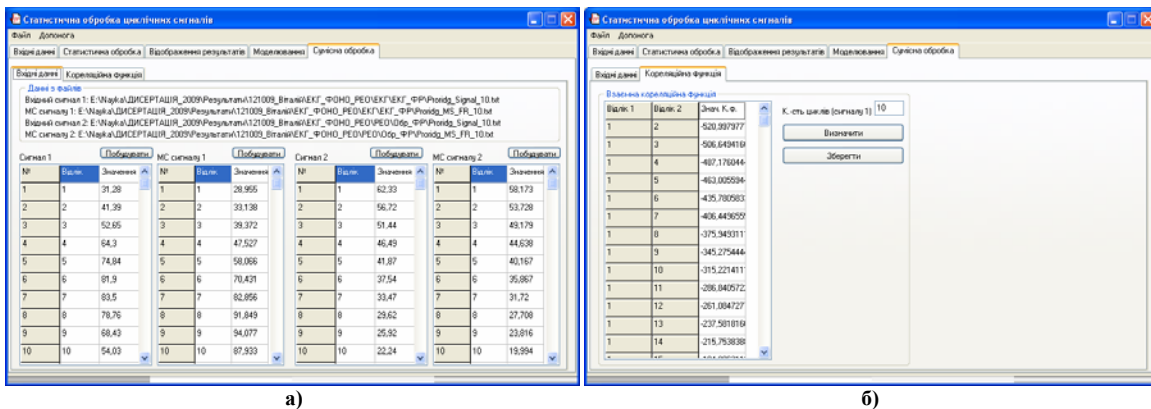


Рис. 6. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми для сумісної статистичної обробки:
а) введення синхронно зареєстрованих даних та оцінок математичних сподівань;
б) визначення сумісної кореляційної функції

Отримані оцінки сумісних кореляційних функцій, за допомогою блоку сумісної статистичної обробки подано на рис. 7.

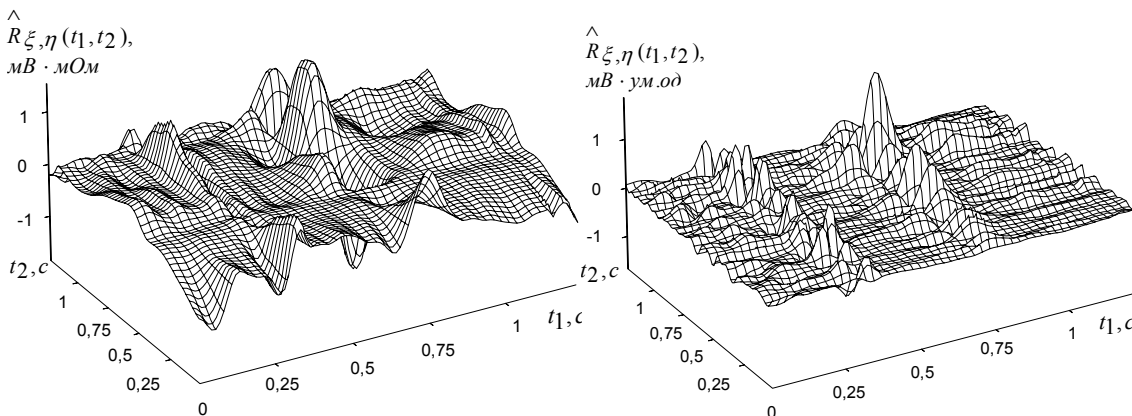


Рис. 7. Оцінки сумісних кореляційних функцій:
а) електрокардіограми та інтегральної реограми; б) електрокардіограми та фонокардіограми

З метою проведення імітаційного моделювання кардіосигналів в програмному комплексі передбачено блок імітації циклічних сигналів, структурна схема якого подана на рис. 8. Вхідними даними для проведення імітації є циклічний сигнал, його функція ритму, кількість значень циклів та зон. Для моделювання циклічного сигналу, спочатку формується дискретна функція ритму, шляхом завдання зонно-часової структури сигналу, що моделюється (задаються тривалості зон), після формування нової дискретної функції ритму, моделюється циклічний сигнал із заданою функцією ритму.

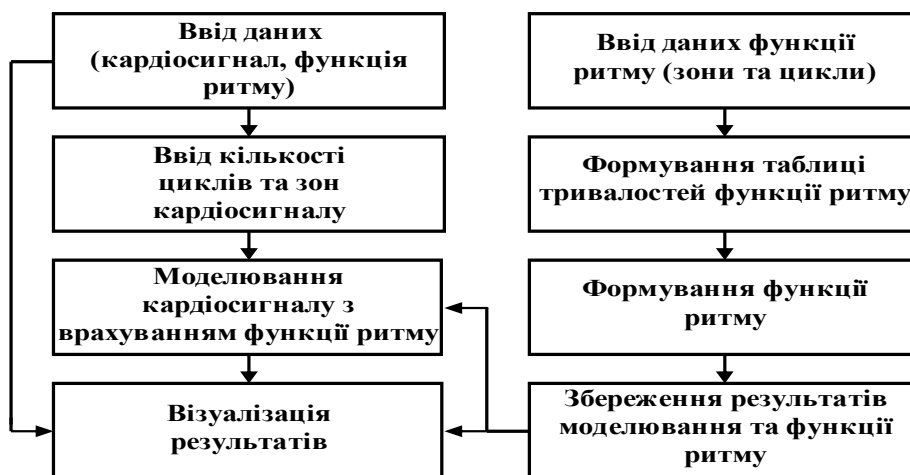


Рис. 8. Структурна схема блоку імітаційного моделювання циклічних сигналів

У роботі [7] описано метод моделювання циклічних функціональних відношень, на базі яких розроблено блок імітаційного моделювання циклічних сигналів. Наведемо основні математичні співвідношення. Для циклічного випадкового процесу необхідно сформулювати послідовність стохастично еквівалентних базових циклів $\{g_m(\omega, t_0), \omega \in \Omega, t_0 \in \mathbf{W}_{c_0}, m \in \mathbf{Z}\}$:

$$\begin{aligned} \{(t, \xi(\omega, t)), t \in \mathbf{W}\} &= \bigcup_{m \in \mathbf{Z}} \{(t, \xi_m(\omega, t)), t \in \mathbf{W}_{c_m}\} = \\ &= \bigcup_{m \in \mathbf{Z}} \mathbf{G}_{y_m(t_0)} \left[\{(t_0, g_m(\omega, t_0)), t_0 \in \mathbf{W}_{c_0}\} \right] = \\ &= \bigcup_{m \in \mathbf{Z}} \{(y_m(t_0), g_m(\omega, t_0)), t_0 \in \mathbf{W}_{c_0}\}, \end{aligned} \quad (5)$$

k – вимірні функції розподілу базових циклів $\{g_m(\omega, t_0), \omega \in \Omega, t_0 \in \mathbf{W}_{c_0}, m \in \mathbf{Z}\}$ задовольняють такій рівності:

$$\begin{aligned} F_{k_{g_{m_1} \dots g_{m_k}}} (x_1, \dots, x_k; t_{01}, \dots, t_{0k}) &= F_{k_{g_{m_1+n} \dots g_{m_k+n}}} (x_1, \dots, x_k; t_{01}, \dots, t_{0k}), \\ x_1, \dots, x_k \in \mathbf{R}, t_{01}, \dots, t_{0k} \in \mathbf{W}_{c_0}, m_1, \dots, m_k, n \in \mathbf{Z}. \end{aligned} \quad (6)$$

Процедура параметричної ідентифікації, а саме, визначення k -вимірної функції розподілу базових циклів та функцій перетворення шкали $\{y_m(t_0) \in \mathbf{W}_{c_m}, t_0 \in \mathbf{W}_{c_0}, m \in \mathbf{Z}\}$:

$$\begin{aligned} F_{k_{g_{m_1} \dots g_{m_k}}} (x_1, \dots, x_k; t_{01}, \dots, t_{0k}) &= F_{k_{\xi}} (x_1, \dots, x_k; t_{01} + T(t_{01}, m_1), \dots, t_{0k} + T(t_{0k}, m_k)), \\ x_1, \dots, x_k \in \mathbf{R}, t_{01}, \dots, t_{0k} \in \mathbf{W}_{c_0}, m_1, \dots, m_k \in \mathbf{Z}. \end{aligned} \quad (7)$$

$$y_m(t_0) = t_0 + T(t_0, m) \in \mathbf{W}_{c_m}, t_0 \in \mathbf{W}_{c_0}, m \in \mathbf{Z}.$$

Зовнішній вигляд інтерфейсу програми для моделювання (введення вхідних даних та візуалізація результату імітаційного моделювання електрокардіосигналу), наведено на рис. 9.

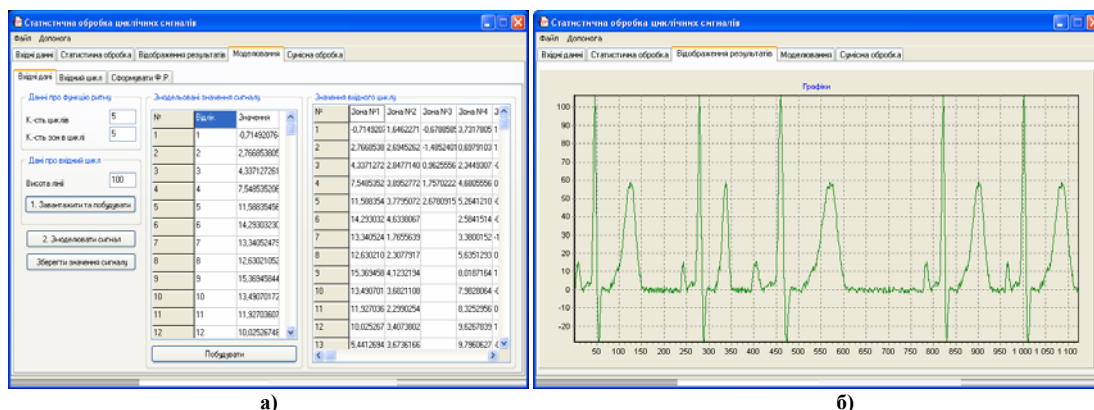


Рис. 9. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми для моделювання:
а) введення вхідних даних; б) візуалізація результату моделювання циклічного сигналу (електрокардіосигнал)

З метою оцінки точності імітаційного моделювання, проведено порівняння заданого математичного

сподівання реального циклічного сигналу $m_{\xi}(t)$ та оцінки математичного сподівання $\hat{m}_{\xi}(t)$ змодельованого електрокардіосигналу, визначена абсолютна похибка моделювання. Відповідні результати наведено на рис. 10.

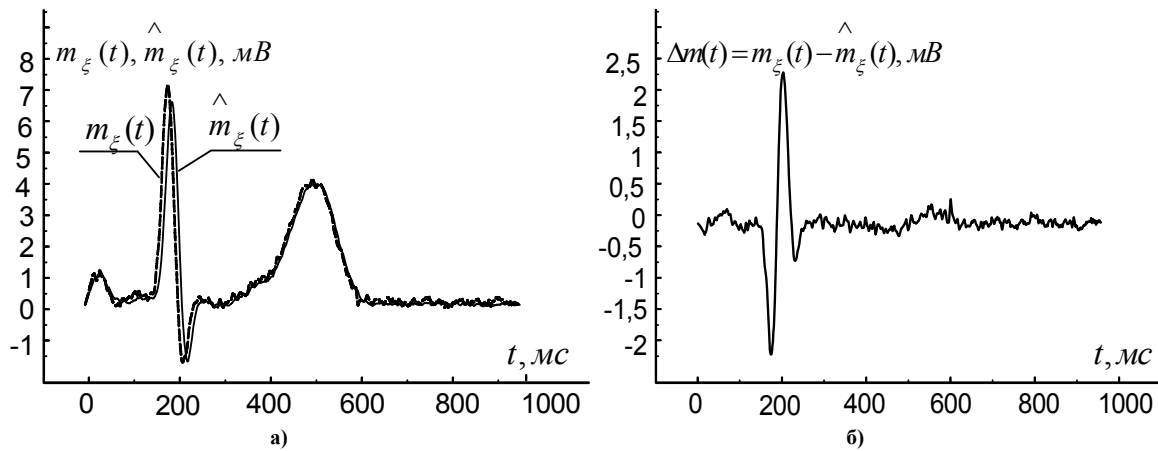


Рис. 10. Результати визначення точності імітаційного моделювання:

а) задане математичне сподівання реального циклічного сигналу $m_{\xi}(t)$ та оцінка $\hat{m}_{\xi}(t)$ математичного сподівання змодельованого електрокардіосигналу; б) абсолютна похибка моделювання електрокардіосигналу

Оцінки імовірнісних характеристик СЗКС різної фізичної природи, які дає змогу отримати програмний комплекс, можуть бути використані, як діагностичні ознаки для функціональної діагностики стану серцево-судинної системи. З цією метою необхідно мінімізувати кількість інформативних (діагностичних) ознак, для потреб їх використання в автоматизованих системах діагностики. Для цього пропонується використовувати коефіцієнти розкладу оцінок імовірнісних характеристик. Як приклад, на рис. 11 наведені результати розкладів оцінок математичних сподівань, в базисі тригонометричних функцій.

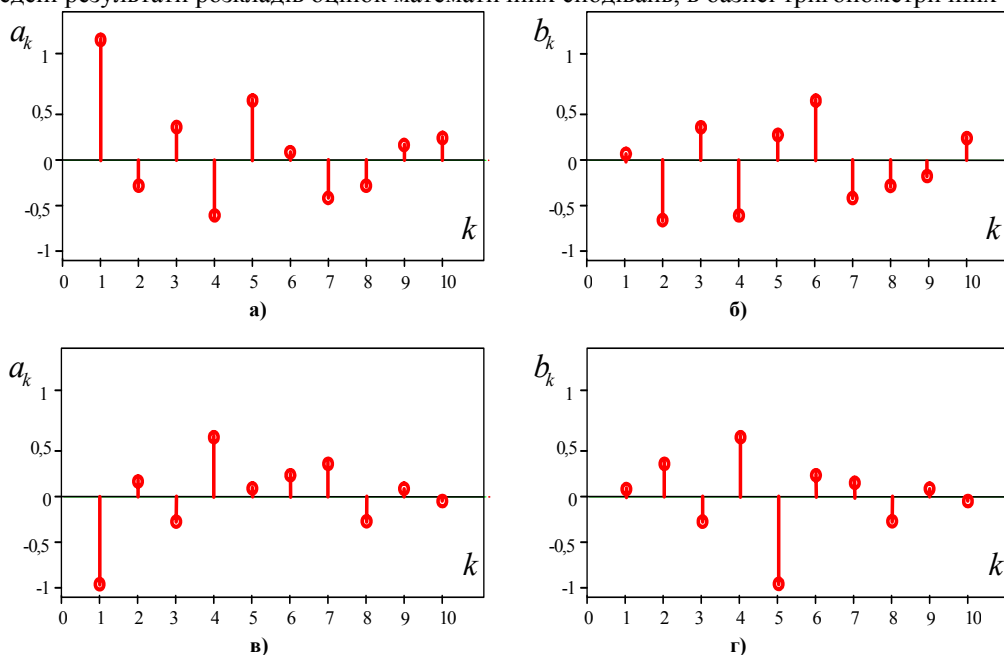


Рис. 11. Коефіцієнти розкладу оцінок математичних сподівань електрокардіосигналів в базисі тригонометричних функцій: а), б) норма; в), г) патологія (порушення внутрішньої провідності шлуночків)

В подальших дослідження планується розглянути розклади одновимірних (математичних сподівань, дисперсій) та двохвимірних (автокореляційна функція, сумісна кореляційна функція) оцінок імовірнісних характеристик СЗКС в різних ортогональних базисах. Такі дослідження необхідно провести з метою вибору та обґрунтування базису, який забезпечить мінімальну кількість коефіцієнтів.

Висновки. Розроблений програмний комплекс дає змогу проводити статистичну обробку СЗКС різної фізичної природи і отримувати оцінки математичного сподівання, дисперсії, автокореляційної та сумісної кореляційної функцій (з врахуванням функції ритму, та з врахуванням періоду). Крім цього, програмний комплекс дає змогу проводити імітаційне моделювання кардіосигналів. В подальших дослідження необхідно обґрунтувати базис ортогональних функцій, коефіцієнти яких можуть бути

використані як інформативні ознаки, під час проведення автоматизованої діагностики. Даний програмний комплекс може бути використаний як складова (програмна) частина в автоматизованих діагностичних системах стану серцево-судинної системи людини.

Література

1. Булдакова Т.И., Гриндев В.И., Кириллов К.И., Ланцберг А.В., Суятинов С.И. Програмно-аналитический комплекс модельной обработки биосигналов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 1. – С.71-77.
2. Лупенко С.А. Циклічне функціональне відношення як основа математичного формалізму теорії моделювання та аналізу циклічних сигналів // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2007. – Т. 12, № 3. – С.183-195.
3. Лупенко С.А., Студена Ю.В. Математичне моделювання сигналів серця в задачах технічної кардіометрії на базі їх моделі у вигляді циклічного випадкового процесу // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2006. – Т. 11, № 1. – С.134-142.
4. Литвиненко Я.В., Лупенко С.А., Студена Ю.В. Методи статистичної обробки сигналів серця на базі їх моделі у вигляді циклічного випадкового процесу із зонною часовою структурою // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2006. – Т.11, № 4, – С. 189-200.
5. Лупенко С.А., Литвиненко Я.В., Сверстюк А.С. Статистичний сумісний аналіз кардіосигналів на основі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів // Електроніка та системи управління (Національний авіаційний університет. – 2008). – № 4 (18). – С.22-29.
6. Лупенко С.А. Статистичні методи сумісної обробки сукупності ритмічно пов'язаних циклічних випадкових процесів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький: Навчальна книга. – 2005. – № 1. – С. 80-84.
7. Лупенко С.А., Дем'янчук Н.Р., Сверстюк А.С. Концептуально-методологічні основи імітаційного моделювання циклічних сигналів на ЕОМ із використанням їх моделі у вигляді циклічного функціонального відношення // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький національний університет. – 2008. – № 4. – С. 101-111.

Надійшла 24.11.2009 р.

УДК 004.8

О.В. БАРМАК

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ

К.М. БАРАБАН

Хмельницький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТРЬОХМІРНОЇ ГОЛОВИ ЛЮДИНИ

В статті запропонована оригінальна технологія отримання трьохмірної моделі голови людини на основі специфічних фотографічних зображень. Запропонований метод обробки та створення цих зображень, і отримання необхідних для побудови моделі параметрів. В якості математичного інструментарію задіяні NURBS-криві та алгебраїчні перетворення векторів координат точок.

The article proposed an original technology of three-dimensional model of the human head based on the unique photographic images. The proposed method of processing and the creation of these images, and obtaining necessary to construct the model parameters. The mathematical tools involved NURBS-curves and algebraic transformation of position vectors.

Ключові слова: трьохмірна модель голови людини, математична модель, NURBS-криві, точкові криві.

Вступ

В сучасному світі досить актуальною в комп'ютерній графіці є задача побудови трьохмірних моделей, що мають фотографічну схожість з реальними об'єктами і людьми.

Сфера використання трьохмірних моделей широка. Інтерфейс з елементами віртуальної реальності полегшує роботу з комп'ютерною технікою користувачам будь-якого рівня, в тому числі й людям з обмеженими фізичними можливостями. Створення навчальних програм з використанням трьохмірних моделей, які мають властивості реальних об'єктів, дозволить більш ефективно використовувати навчальний час і відпрацьовувати складні практичні завдання в безпечних умовах і за відсутності надмірних матеріальних витрат. Окремою складною проблемою, яка може бути вирішена за допомогою моделі трьохмірної голови людини, є задача розпізнавання особистості [1].

Методи побудови трьохмірних моделей

Існує три основних підходи до побудови моделей: 1) вручну за допомогою поширених програм моделювання (наприклад, 3D Max); 2) автоматично за шаблонами, використовуючи відомі фізичні

властивості реальних об'єктів; 3) побудова моделі по зображеннях об'єкта та іншій відомій про нього інформації.

Перший підхід вимагає значних трудовитрат, а бажаних результат часто виявляється просто недосяжним. Другий вимагає точного фізичного моделювання, тому в цілому є занадто складним і на теперішній час мало здійснений. Тому найбільше уваги привертає саме третій підхід.

Під відновленням або реконструкцією розуміється побудова фізично коректної моделі сцени та її представлення в зручній для візуалізації, зберігання та модифікування формі. При візуалізації отриманої моделі синтезовані зображення повинні максимально точно відповідати вихідним зображенням.

Всі методи відновлення сцени поділяються на активні та пасивні. Активні методи використовують пристрої, що знаходяться в прямій взаємодії з об'єктами сцени, здійснюється вплив на сцену і самі являються її учасниками. До таких пристроїв відносяться лазерні сканери, які дозволяються з високою точністю визначати відстань від лазера до поверхні об'єкта, що дозволяє відновити дуже точну геометричну модель об'єкта. Також до активних зараховуються методи, що використовують зображення об'єкта в умовах структурованого освітлення. Головним недоліками всіх активних підходів є висока вартість обладнання і неможливість відновлення динамічних сцен.

Пасивні методи в якості вихідних даних використовують тільки фотографії або послідовності зображень об'єктів, отримані в природному освітленні, або наближеному до нього (і світлі звичайних ламп). Пасивні методи вважаються найбільш перспективними, оскільки дозволяють будувати моделі динамічних сцен, в яких можуть брати участь люди [2].

Поширеним засобом для побудови трьохмірної моделі голови людини є 3D сканер – пристрій 3D введення, який аналізує фізичний об'єкт і на основі отриманих даних створює його 3D модель. Пристрої 3D введення поділяються на два основних типи – контактні та дистанційні. Контактні працюють за принципом обведення контуру користувачем вручну з використанням сенсора. Таке сканування вимагає навиків роботи з даним пристроєм, а також значних витрат часу. Дистанційні системи сканують об'єкт самостійно. Їх недоліками є чутливість до умов сканування, висока вартість пристроїв, обмеженість розмірів сканованих об'єктів, низька продуктивність, а також небезпечність для здоров'я (зору) людини.

Для побудови моделі голови людини більше підходять проєкційні системи, які проєктують деяким чином на сканований об'єкт спеціальну «сітку» і по її спотвореннях визначають контур сканованої поверхні. Ціна таких систем для 3D сканування дуже висока [3].

В головному TAFE центрі комп'ютерної графіки та візуалізації Computer Graphics and Visualisation Centre (CG&VC), Перт, Західна Австралія, розробили метод, який дозволяє сканувати об'єкт та створювати на основі даних сканування тривимірну модель.

Суб'єкт дослідження розміщується перед LCD проєктором, який проєктує паралельні вертикальні лінії. Людина дивиться прямо на проєктор. Нерухома цифрова фотокамера робить фотознімок під кутом 45 градусів до суб'єкта. За допомогою програмного 3D забезпечення, яке має NURBS інструментарій, проводиться процес прослідковування кожної лінії. Далі прорисовуються деякі горизонтальні лінії, які обмежують викривлення результуючої сітки NURBS-кривих, і на їх основі вибираються керуючі точки для побудови NURBS-поверхні [4].

Модель, отримана таким чином, відрізняється високим ступенем схожості з прототипом. Але цей спосіб вимагає навиків роботи з пакетом трьохмірної графіки і часових витрат. Модель не може бути використана для розпізнавання особистості, якщо на фото зафіксовано деякий мімічний вираз, що відрізняється від спокійного.

Відновлення 3D форми по закрасці – це дещо інший принцип побудови моделі реального об'єкта. Під закраскою мається на увазі плавна зміна яскравості між точками об'єкта. Трьохмірна форма об'єкта оцінюється по тому, як він відбиває світло. Формулюється задача відновлення форми об'єкта по яскравості точок його зображення, як задача, обернена до задачі візуалізації. При візуалізації штучних сцен яскравість точки поверхні об'єкта залежить від ряду цілком визначених факторів і обчислюється за деякою математичною моделлю. За допомогою такої моделі можна представити неперервну частину – від лоба до низу носа і з рота до шиї, але не можна представити весь профіль, а також повну модель голови [5].

Постановка задачі

Необхідно запропонувати технологію створення моделі голови людини по фотографічному зображенню з урахуванням недоліків існуючих підходів. Технологія повинна враховувати наступні застереження:

- повинна існувати можливість визначення керуючих елементів моделі за допомогою математичних функцій;
- кількість керуючих елементів моделі повинна бути мінімальною без втрати якості схожості основних рис обличчя з рисами реальної людини і без спотворення плавності природних ліній людського обличчя;
- елементи моделі повинні бути достатньо керованими, щоб існувала можливість змінювати вираз обличчя і емоційний мімічний стан моделі;
- спосіб отримання координат повинен бути мінімально затратним по часу і коштах;
- використання пакетів трьохмірної графіки при створенні і керуванні моделлю повинно бути

максимально простим і доступним для користувача будь-якого рівня.

Математична модель голови

Для моделювання голови людини пропонується використовувати математичний апарат нерівномірних базисних сплайнів, заданих за допомогою рекурсивних функцій Кокса-де Бура. Необхідно задати масив опорних точок (Control Points) p_0, \dots, p_m , знайти функцію $p(u) = [x(u), y(u), z(u)]^T$, задану в інтервалі $u_{\min} \leq u \leq u_{\max}$, яка є досить гладкою і проходить близько до опорних точок. В системі однорідних координат: $q_i = w_i [x_i, y_i, z_i, 1]^T$. Функція $p(u)$ може бути представлена у вигляді [6]:

$$p(u) = \frac{1}{w(u)} q(u) = \frac{\sum_{i=0}^n B_{i,d}(u) w_i p_i}{\sum_{i=0}^n B_{i,d}(u) w_i}, \quad (1)$$

де кожна функція $B_{i,d}(u)$ є поліномом степеня d на інтервалі в кілька вузлів і рівна нулеві поза межами цього інтервалу:

$$B_{k,0}(u) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } u_k \leq u \leq u_{k+1} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases}, \quad (2)$$

$$B_{k,d}(u) = \frac{u - u_k}{u_{k+d} - u_k} B_{k,d-1}(u) + \frac{u_{k+d+1} - u}{u_{k+d+1} - u_{k+1}} B_{k+1,d-1}(u),$$

NURBS-поверхня є розширенням NURBS-кривих. Тобто у випадку визначення поверхні:

$$p(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m B_{i,d}(u) B_{j,d}(v) w_{i,j} p_{i,j}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m B_{i,d}(u) B_{j,d}(v) w_{i,j}} \quad (3)$$

Перевагами використання NURBS-кривих і NURBS-поверхонь є те, що розмірність зменшується на порядки, деформація кривих і поверхонь (для імітації біологічно подібних рухів) більш плавна.

Побудована за допомогою NURBS-поверхонь трьохмірна модель голови людини (рис. 1) складається з вертикальних NURBS-кривих, які починаються на внутрішній поверхні рота. Лінії виходять з рота, повторюючи риси обличчя, і закінчуються біля шиї. Цей підхід спрацьовує при створенні окремої каркасної моделі голови, яка визначає більшу частину рис обличчя. Зазвичай напрям кривих співпадає з напрямком м'язів обличчя, це полегшує задачу анімації міміки [7].



Рис. 1, а. Моделювання за допомогою вертикальних кривих

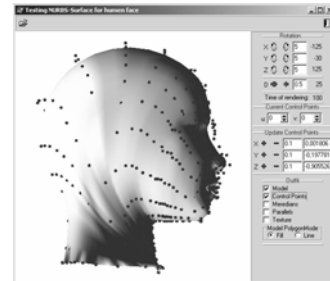


Рис 1, б. NURBS-модель голови людини

Математична модель трьохмірної голови людини може бути записана наступним чином:

$$G = \left\{ G_k : G_k(u) = \frac{\sum_{i=0}^n B_{i,p}(u) w_i g_i}{\sum_{i=0}^n B_{i,p}(u) w_i} \right.$$

$$g_{k,l}(u) = (x_{k,l}(u), y_{k,l}(u), z_{k,l}(u))^T \quad (4)$$

$$U = \{0, \dots, 0, u_{p+1}, \dots, u_{r-p-1}, 1, \dots, 1\}$$

$$k = \overline{1, n}, l = \overline{1, m}, r = n + p + 1\}$$

де G_k – функції, які визначають NURBS-криві моделі;

$g_{k,l}$ – опорні точки кривої k ;

$B_{i,p}(u)$ – функція-поліном степеня p задана за допомогою рекурсивних функцій Кокса-де Бура;

$w_{i,j}$ – це скалярний поліноміальний B-сплайн, сформований по множині значень вагових коефіцієнтів;

U, V – послідовності вузлів;

n – кількість NURBS-кривих;

m – кількість контрольних точок кожної NURBS-кривої.

В даній моделі візуальна схожість віртуальної голови з реальною людиною залежить не від всіх керуючих точок NURBS-поверхні, а тільки від тих, які утворюють поверхню обличчя. Можна розділити дві зони поверхні моделі: обличчя і потилиця. Це можна виконати, відділивши на кожній з k NURBS-кривих деяку кількість точок, тобто поділити кожну NURBS-криву на два фрагменти.

Розбиття довільної NURBS-кривої здійснюється за наступною схемою. NURBS-крива $L = \{p_i : p_i = [x_i, y_i, z_i, 1], i = \overline{0,3}\}$ розділяється на два фрагмента точкою $p_{1,2}$. Кінцеві точки NURBS-кривої лежать на самій кривій, тому нові фрагменти описуються наступними контрольними точками: $L_1 = \{p_0, p_1, p_{1,2}\}$ і $L_2 = \{p_{1,2}, p_2, p_3\}$.

Після відділення зони обличчя моделі – набору фрагментів NURBS-кривих – можна її замінити будь-якою іншою і тим самим надати моделі схожості з іншою людиною. Заміну фрагментів необхідно виконувати так, щоб всі кінцеві точки ліній нового обличчя моделі співпадали з вже кінцевими точками ліній обличчя готової моделі. Для цього використовуються алгебраїчні перетворення векторів, які містять координати фрагментів кривих, кінцеві точки яких необхідно сумістити.

Алгебраїчні перетворення векторів

Розглядається два вектора координат точок в системі однорідних координат: вектор $q^{(1)} = [x_i^{(1)}, y_i^{(1)}, z_i^{(1)}, 1]^T$ і його крайні точки $q_0^{(1)}$ і $q_{M-1}^{(1)}$, $i = \overline{0, M-1}$; а також $q^{(2)} = [x_j^{(2)}, y_j^{(2)}, z_j^{(2)}, 1]^T$ з крайніми точками $q_0^{(2)}$ і $q_{K-1}^{(2)}$, $j = \overline{0, K-1}$.

Необхідно знайти новий вектор $\tilde{q}^{(2)}$ з крайніми точками $\tilde{q}_0^{(2)}$ і $\tilde{q}_{K-1}^{(2)}$, такий, щоб були справедливі рівності: $q_0^{(1)} = \tilde{q}_0^{(2)}$, $q_{M-1}^{(1)} = \tilde{q}_{K-1}^{(2)}$. Тобто виконати перенос, нормування і поворот векторів координат (рис. 2).

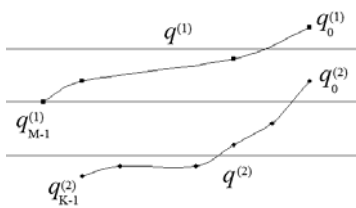


Рис. 2, а. Дві довільні точкові криві

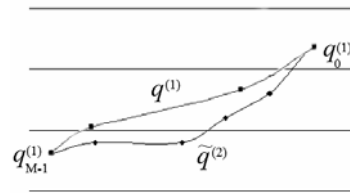


Рис. 2, б. Кінцеві точки двох точкових кривих суміщені

Загальна матриця векторного перетворення отримується шляхом перемноження матриць повороту, масштабування та переносу:

$$A = TSR, \tag{5}$$

де T – матриця переносу,
 S – матриця нормування,
 R – матриця повороту [8].

За допомогою матриці $A_{4 \times 4}$ лінія $q^{(2)}$ переміщається в позиції крайніх точок лінії $q^{(1)}$ наступним чином:

$$\tilde{q}^{(2)} = q^{(2)} A. \tag{6}$$

Зв'язок між NURBS-кривими і точковими кривими

Для створення і представлення трьохмірної моделі (4) голови людини необхідно мати інформацію про набір координат керуючих точок NURBS-кривих, які утворюються поверхню моделі. На практиці не часто доводиться мати справу безпосередньо з NURBS-кривими. Для побудови моделі в якості вихідних даних використовується велика кількість отриманих з фотографічних зображень точок, які належать безпосередньо поверхні об'єкта. В результаті інтерполяції цих точок отримуються осцилюючі криві і поверхні. Тому в даному випадку кращим рішенням буде апроксимація – генерація таких кривих або поверхонь, які проходять біля вихідних точок і тільки деякі через них.

Скористаємося властивостями NURBS-кривих: при $w_i = 1$ NURBS-крива (1) зводиться до B-сплайн кривої. Задача B-сплайн апроксимації є задачею підгонки B-сплайн кривої з K опорними точками $p = [p_0, \dots, p_{K-1}]^T$ до точкової кривої $d = [d_0, \dots, d_{M-1}]^T$, де $M > K$ (зазвичай, $M \gg K$) для значень параметра u_0, \dots, u_{M-1} . Така задача апроксимації приводить до перевизначеної системи лінійних рівнянь $B \cdot p = d$:

$$\begin{bmatrix} B_0(u_0) & \cdots & B_{K-1}(u_0) \\ B_0(u_1) & \cdots & B_{K-1}(u_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ B_0(u_{M-1}) & \cdots & B_{K-1}(u_{M-1}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_0 \\ \vdots \\ p_{K-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_0 \\ d_1 \\ \vdots \\ d_{M-1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

де $B_i(u)$ – B-сплайн базисна функція $\sum_{i=0}^m B_{id}(u) = 1$, $0 \leq B_{id}(u) \leq 1$.

Найбільш розповсюдженим методом такої апроксимації є квадратична підгонка. Оскільки опорних точок значно менше, то система рівнянь може бути перевизначена і записана наступним чином [9]:

$$B^T B \cdot p = B^T \cdot d, \text{ звідки } p = (B^T B)^{-1} \cdot B^T d, \text{ при } \det(B^T B) \neq 0. \quad (8)$$

Для використання B-сплайн апроксимації необхідно вміти отримувати на зображенні точкові криві $d = [d_0, \dots, d_{M-1}]^T$, після чого можливо здійснювати перетворення (8). Існує багато технологій отримання з зображення точкових кривих, які відповідають необхідним контурам. В основному вони базуються на отриманні контуру зображення, як різкої різниці між елементами зображення (наприклад, за допомогою згортки, аналіз кольору) з подальшою скелетизацією (отриманням контуру одиначної товщини).

Таким чином, можна виділити дві зв'язані між собою задачі:

1) пряма задача побудови і відображення моделі (4), – маючи набір координат керуючих точок NURBS-кривих $p = [p_0, \dots, p_{K-1}]^T$, які утворюють поверхню моделі, побудувати її трьохмірне зображення;

2) обернена задача: маючи координати елементів точкових кривих $d = [d_0, \dots, d_{M-1}]^T$, перетворивши їх за схемою (8) і отримавши координати $p = [p_0, \dots, p_{K-1}]^T$, побудувати і математичну модель.

Технологія отримання координат трьохмірних точок

Пропонується використовувати декілька фотографічних зображень сцени або об'єкта. Існує багато способів отримання цих фотознімків залежно від вибору кута між фотокамерами, кількості камер, їх положення відносно об'єкта. Взаємозв'язки точок кількох зображень описуються епіпольною геометрією.

Можна отримати просторові координати деякої точки з плоских зображень, сфотографованих за допомогою стереоскопічної камери. Але цей спосіб фотозйомки вимагає навиків роботи з цим пристроєм і досвіду обробки стереопари, вартість стереоскопічного пристрою досить висока, і його використання вимагає врахування багатьох факторів. Тому його використання для створення трьохмірної моделі голови людини в подальшому не розглядається.

Пропонується використовувати при побудові трьохмірної моделі фотографічні знімки, виконані в анфас і в профіль. Розміри в пікселях відповідно знімків в анфас та в профіль: $(k_x^a \times k_y^a)$, $(k_x^p \times k_y^p)$, при чому $k_x^a = k_x^p$, $k_y^a = k_y^p$. Відповідні елементи обличчя знаходяться на однаковій висоті. З фотографії в анфас можна отримати координати точок цих елементів по осі Ox : $X = x_a$, а по знімку профілю – по осі Oy : $Y = y_p$ для відповідних координат по осі Oz : $Z = y_a = y_p$.

Технологія побудови трьохмірної голови людини

Враховуючи всі перераховані застереження при створенні трьохмірної моделі, переваги та недоліки різних способів представлення моделі та отримання координат її елементів, пропонується наступна технологія побудови моделі голови людини:

1) створюються спеціальні фотографічні знімки деякого актора;

2) з фотознімків отримуються координати точок N ліній спроектованої сітки:

$$d^{(i)} = [d_0, \dots, d_{M-1}]^T, (i = \overline{0, N-1});$$

3) сформований таким чином набір координат M точок для N спроектованих ліній, за допомогою формули (8) перетворюється в набір координат керуючих точок NURBS-кривих

$$p^{(i)} = [p_0, \dots, p_{K-1}]^T, (i = \overline{0, N-1});$$

4) фрагментам NURBS-кривих моделі (4), які відповідають за поверхню обличчя моделі, ставляться у відповідність лінії, які отримані з фотографічних зображень, за допомогою алгебраїчних перетворень (5), (6) координати точок ліній з фотознімка приводяться в систему координат моделі (4) (попередньо їх необхідно перетворити в систему однорідних шляхом додавання четвертої координати $w_i = 1$);

5) отримані лінії, які відповідають за поверхню обличчя моделі, з'єднують з фрагментами, які

створюють потилицю моделі, і таким чином отримується нова трьохмірна модель голови людини (4).

Спеціальні фотознімки створюються з використанням мультимедійного проектора, за допомогою якого проектується на обличчя людини зображення деякої сітки ліній. Ці лінії мають візуальну схожість з лініями (NURBS-кривими) моделі (4). Сітка ліній на обличчі кожної конкретної людини спотворюється особливим чином. Фотографування відбувається в анфас і в профіль, так щоб у знімків була відповідність по висоті і по пропорційності.

З метою отримання координат точок всіх ліній, які спроектовані на обличчя, проводиться обробка фотознімків. Обов'язковим є одночасне прослідковування координатних залежностей між фотознімками в анфас і в профіль. Рухаючись по фотографії вздовж однієї лінії послідовно виконується «зчитування» координат по всій довжині лінії. При цьому кожному значенню координати по осі Oz ставляться у відповідність координати по осі Ox з фотознімка в анфас і координата Oy знімку в профіль.

Точність визначення координат прямо залежить від якості роботи мультимедійного проектора. Достатньо якісний проектор дозволяє отримати високу чіткість зображення сітки ліній на обличчі людини, але товщина спроектованих ліній все одно залишається занадто грубою для більш точного представлення природних особливостей обличчя будь-якої людини.

Фотографується тільки обличчя людини, знімків потилиці людини для обробки не створюється. Для коректного відображення моделі і для повноти схожості моделі з реальною людиною пропонується виконувати з'єднання фрагментів ліній обличчя і потилиці на завершальному етапі створення моделі. При цьому використовуються елементи, які відповідають потилиці існуючої моделі (4).

Практичне застосування технології

Для перевірки ефективності запропонованої технології створено трьохмірну модель голови реальної людини.

Було створено фотографічні знімки актора. Спроектвана сітка складалася з $N = 25$ ліній. З фотознімків був отриманий набір координат $d^{(i)} = [d_0, \dots, d_{49}]^T$, ($i = \overline{0, 24}$) точок сітки. Скориставшись формулою (8), з координат точкових кривих були отримані координати відповідних для кожної лінії керуючих точок NURBS-кривих $p^{(i)} = [p_0, \dots, p_{29}]^T$, ($i = \overline{0, 24}$).

Алгебраїчними перетвореннями координати точок NURBS-кривих $p^{(i)} = [p_0, \dots, p_{29}]^T$, ($i = \overline{0, 24}$) були перетворені і переміщені в систему координат моделі (4) і лінії, які вийшли в результаті перетворень, були приєднані до фрагментів ліній потилиці моделі.

Побудована таким чином трьохмірна модель голови людини є дещо примітивною, але вона має достатню візуальну схожість з реальним суб'єктом (актором, по фотознімках якого вона була створена), щоб вважатись пізнаваною (рис. 3).



Рис. 3а. Актор зі спроектованими на обличчя лініями



Рис. 3б. Трьохмірна модель голови людини

Висновки

Запропонована технологія показала свою життєздатність. Її явною перевагою є низькі витрати коштів, легкість виконання перетворень і отримання результату. До недоліків можна віднести неможливість проектування більшої кількості ліній для більш повної деталізації зображення, відносно велика ширина ліній сітки, що проектується, складність розробки конфігурації цієї сітки, а також деякі незручності для очей актора, в зв'язку з тим, що промені проектора світять прямо в обличчя людини.

Подальші дослідження будуть направлені на вдосконалення і розширення можливостей використання запропонованої технології.

Література

1. Крак Ю.В., Бармак О.В. Комп'ютерна габітоскопія // Штучний інтелект. – 2006. № 1. – С. 39-46.
2. Конушин А. Реконструкція моделі об'єкта по силуетам і по согласованию цветов [електронний ресурс] / Антон Конушин // Компьютерная графика и мультимедиа – 2003. – № 2 (2) – Режим доступа:

<http://cgm.computergraphics.ru/content/view/44>.

3. Александров Д.Ю. 3D сканеры [електронний ресурс] / Денис Юрьевич Александров. – Режим доступу: <http://www.3dnews.ru/peripheral/3dscan>.

4. 3D Laser Scanning on a Budget [електронний ресурс] / Mike Annear, Akos Bruz, Rick Grigsby, Simeon Taylor. – Режим доступу: <http://home.exetel.com.au/mah-gar/gnu/scanner/scanneren.htm>.

5. Вежневцев В. Задача восстановления формы объекта по закраске (shape from shading) [електронний ресурс] / Владимир Вежневцев // Компьютерная графика и мультимедиа – 2004. – № 1 (5). – Режим доступу: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/59>.

6. С. deBoor. A Practical Guide to Splines. – New York: Springer-Verlag, 1978.

7. Крак Ю.В., Бармак О.В. Застосування нерівномірних раціональних базисних сплайнів (NURBS) в задачах синтезу та аналізу // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2007. – № 1 (94). – С. 3-12.

8. Конушин А. Геометрические свойства нескольких изображений [електронний ресурс] / Антон Конушин // Компьютерная графика и мультимедиа. – 2006. – № 3 (13). – Режим доступу: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/141>.

9. Форсайт Дж. Машинные методы математических вычислений: Пер. с англ. Икрамова Х.Д. – М.: Мир, 1980. – 277 с.

Надійшла 19.11.2009 р.

УДК 685.3

В.П. КОНОВАЛ, М.М. ШКОДЕНКО, В.І. ЧУПРИНКА

Київський національний університет технологій та дизайну

ТИПОВІ ЗАДАЧІ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РОЗКРІЙНИХ СХЕМ

В роботі наведено опис типових проблем, які виникають при розробці прикладного програмного забезпечення для розв'язання задач проектування розкрійних схем шкіргалантерейної промисловості. Розглянуто етапи проектування програми, дана оцінка ефективності найбільш поширених методів програмування.

Typical problem description which arises up at development of application software for the solution of tasks of cutting out patterns of leather and foot-wear industry design is in-process resulted. The stages of program design are considered, the estimation of efficiency of the most widespread methods of programming is given.

Ключові слова: автоматизоване проектування, оптимізація.

У легкій промисловості для прискорення розв'язку оптимізаційних задач часто розробляється спеціальне програмне забезпечення. Як правило, такі додатки використовуються для автоматизації і прискорення проектувальних робіт певного виду і є вузько спеціалізованими. Значною мірою це обумовлено складністю повного охопту предметної області процесу, тому при постановці задачі важливо виділити ключові моменти і якомога детальніше встановити логічні та причинно-наслідкові зв'язки між ними. Практика показує, що тільки правильна постановка задачі, яка включає в себе побудову деталізованої моделі автоматизованого процесу, гарантує розробку ефективного програмного забезпечення, придатного для практичного використання і подальшого розвитку. При цьому власне програмування займає близько 1/5 часу і не складає принципових труднощів. В процесі розробки моделі необхідна участь спеціалістів, які мають практичний досвід у даній області. Необхідно також, щоб розробник (програміст) вільно володів термінами предметної області і мав практичне уявлення про типові виконання дій, що автоматизуються.

Для виконання поставленої завдання необхідно розв'язати наступні задачі:

- розробка технічного завдання, визначення кінцевої мети проекту;
- вибір інструментальних засобів та оцінка вартості програми і часу необхідного для реалізації;
- розробка структури програми;
- визначення ступеня інтеграції функціональних частин програми;
- обґрунтування доцільності використання об'єктного підходу;
- планування інтерфейсу, виконання контролю правильності дій користувача;
- реалізація обміну даними з іншими програмами;
- реалізація збереження даних;
- обробка вхідних даних;
- визначення форматів файлів;
- реалізація раціонального використання ресурсів комп'ютера.

Припустимо, для розробки програмного забезпечення автоматизації отримання інформації про контури шкіри і використання цих даних для формування розкрійних схем необхідно мати інформацію про наступне [1, 2]:

- види натуральних шкір, їх властивості;
- специфіка використання шкіри у різних галузях;

- обладнання і технологія розкрою;
- методи визначення пороків шкіри;
- методика побудови розкрійних схем;
- сучасні технології пов'язані з використанням і підготовкою шкір.

При побудові моделі необхідно враховувати, що неможливо завчасно передбачити всі вимоги до системи, а отже необхідно передбачити можливість її доповнення і зміни. Модель має бути гнучкою і здатною до розширення.

При розробці прикладних програм, орієнтованих, перш за все, на досягнення практичного результату слід зосередитись на засобах розробки, які не вимагають спеціальних знань і дозволяють швидко отримати готове рішення, не акцентуючись на тонкощах реалізації. Для задач різного типу існують різні засоби. Параметри для вибору в даному випадку – складність програми, вимоги до швидкодії, інтеграція з існуючим програмним забезпеченням, кількість користувачів.

Для розробки представленої програми було використано середовище програмування Turbo Delphi 2006, мова Object Pascal. Мова проста в освоєнні і використанні, придатна для написання великих програм зі складною структурою. Важливою перевагою саме цієї версії Delphi є її безкоштовність.

При написанні програмного продукту важливо наперед визначити об'єм робіт, які будуть виконуватись за її допомогою. Не великі програми (утиліти) простіші для створення, і, як правило, виконують свою функцію більш якісно. Перевагою складних програм, що об'єднують в одному інтерфейсі виконання деякої кількості різнорідних операцій є зручність у використанні – для користувача знімається необхідність перемикатися між різними додатками, які мають різний інтерфейс і контролювати обмін даними між ними. Проте створення таких програмних комплексів є на порядок складнішим, оскільки необхідно враховувати взаємодію між окремими частинами. Зростає ймовірність помилки, а доробка окремої функціональної частини часто викликає зміни у всьому програмному коді, тому для програм такого типу правильне моделювання особливо важливе.

Саме для спрощення представлення предметної області у програмному коді практично у всіх сучасних мовах програмування були реалізовані засоби об'єктно-орієнтованого програмування (ООП). ООП пропонує стандартизовані методи побудови програмного коду і гарантує, що структури створені відповідно до його вимог будуть оброблятися за правилами подібними до властивостей понять реального світу.

Головною структурною одиницею ООП є об'єкт – деяка структура коду, яка логічно відповідає поняттю предметної області програми. Наприклад для програми побудови розкрійних схем у вигляді об'єкту природно представити деталь. Відповідно до моделі (алгоритму) побудови розкрійної схеми повинні враховуватись певні *властивості* деталі – лінійні розміри, площа, координати центру, конфігурація контуру. Можна вважати, що кожна деталь виконує операції (або вони виконуються над нею, тут важливо, що дія і предмет завжди однозначно пов'язані) повороту на деякий кут, переміщення у задану точку. Тобто для поняття деталь існують певні *методи* для роботи з нею. Засоби ООП дозволяють перенести таку інтерпретацію моделі у програмний код не змінюючи її структури. Об'єкт у програмі має певні властивості, що представляють дані і методи, які виконують їх обробку. Переваги такого підходу найкраще проявляються при створенні програмних комплексів. Вдала реалізація базових понять моделі дозволяє абстрагуватися від технічних подробиць і зосередитись на реалізації алгоритмів. Оскільки об'єкт після створення дозволяє використовувати тільки наперед визначені властивості і методи, приховуючи їх реалізацію (інкапсуляція), то взагалі зникає можливість неправильно виконати дії пов'язані з поняттям (звісно за умови коректної реалізації). Один раз описавши процедуру переміщення деталі, можна викликати її у різних частинах програми, наприклад, для реалізації різних алгоритмів розміщення.

При використанні об'єктів можна враховувати відношення наслідування. Для програми побудови розкрійних схем базовим поняттям є деталь. Практично ті ж властивості (розглядаємо тільки необхідні для алгоритму) мають поняття шкіри і пороку. З точки зору програми вони представляють собою деякі геометричні фігури, що оброблюються певним чином. Можна вважати, що шкіра це деталь, яка не переміщується і може містити інші деталі, тобто шкіра має всі *властивості* деталі, а *методи* переміщення і повороту вимикаються, додається метод для визначення правильності розміщення деталі у межах шкіри. Порок можна інтерпретувати як особливу деталь, що має *властивість* – постійне розміщення на шкірі і від'ємну площу, і ті ж методи необхідні для його програмної фіксації у визначеному місці. Використовуючи поняття деталі, шкіри, пороків, можна визначити і описати структуру розкрійної схеми для натуральної шкіри.

З точки зору алгоритму розкрійна схема – це шкіра з визначеними пороками, на які не можна встановлювати деталі, і фіксований набір деталей. Для розкрійної схеми виконуються операції додавання деталі, видалення, переміщення, розрахунок кількості деталей, використаної площі, проценту ефективності розміщення. До об'єктів окрім властивостей понять предметної області необхідно задати особливості їх використання і поведінки у структурі програми. Для деталі необхідні методи відображення на екрані і на принтері. Для шкіри потрібно реалізувати розміщення пороків і врахування їх у методі визначення правильності розміщення деталі. Схема в цілому має містити засоби завантаження інформації з файлу (про деталі, шкіру, пороки), засоби для редагування своєї структури (додавання, видалення типів деталей і пороків), збереження інформації у файл, друку. Реалізація об'єктів може бути дуже складною, але надалі для виконання певної операції пов'язаної з об'єктом достатньо викликати його метод. Нижче наведено приклад запису розглянутої об'єктної моделі засобами Delphi.

```

TDetal = class // клас «Деталь»
    heigth, width:Integer; // висота і ширина
    center:TPoint; // центр
    kontur:array of TPoint; // інформація про межі деталі
    Function Rotate(a:Real):boolean; // поворот на кут
    Function Move (dx, dy:Real ):boolean;// переміщення на задану величину
    Function ShowOnDisplay(t::TPoint; ms:Real):Boolean; // відображення
    //деталі на моніторі
end;

TPorok = class (TDetal) // клас «Порок», потомок класу «Деталь»
    // наслідує всі властивості і методи класу «Деталь»
    // обробляється при побудові розкрійної схеми особливим чином
end;

TShkira = class (TDetal) // клас «Шкіра», потомок класу «Деталь»
    // наслідує всі властивості класу «Деталь»
    // використовує власні методи і властивості
    details = array of TDetal; // деталі розміщені на шкірі
    poroku = array of TPorok; // масив пороків
    Function Is_detal_in_shkira(d:TDetal):Boolean; // визначення
    //правильності розміщення
    // деталей на шкірі
end;

TRozkriy = class // клас «Розкрійна схема»
    details = array of TDetal; //масив деталей доступних для використання
    shkira:TShkira;
    Sdet, // площа використаних деталей
    proc:real; // процент використання шкіри
    Function AddDet(d:TDetal):Boolean; // додавання деталі у схему
    Function DeleteDet(d:TDetal):Boolean; // вилучення деталі
    Function MoveDet(d:TDetal):Boolean; // переміщення деталі
    Function LoadFromFile(f:String):Boolean; // завантаження схеми з файлу
    Function SaveToFile(f:String):Boolean; // збереження схеми у файл
end;

```

Ефективне використання програми вимагає правильно побудованого інтерфейсу взаємодії з користувачем. Для прикладних додатків доцільно дотримуватись принципу концентрації уваги на основній функції програми. Якщо програма має декілька таких функцій, то необхідно одразу відображати засоби найбільш використовуваної і надавати інструмент для вибору інших засобів. У випадку побудови окремих утиліт вікно програми для побудови розкрійних схем містить панель для роботи з файлами, область для вибору деталей і основну робочу область. Для програмного комплексу базовий інтерфейс містить панель для роботи з файлами і панель вибору інструменту – відповідно до вибраного режиму роботи змінюється тип файлів. В такий комплекс можна включити розпізнавання контурів шкіри або деталі, редагування уже збереженого контуру, формування заготовки для розкрійної схеми та створення самої схеми, імпорт розкрійних схем у різні формати. Для такої системи необхідно визначити порядок використання інструментів і обмін даними між ними. У разі використання однотипних об'єктів можлива одночасна робота з різними інструментами, в протилежному – потрібно зафіксувати умови запуску кожного інструменту залежно від результатів функціонування попереднього. Скажімо не можна запустити створення розкрійної схеми поки виконується редагування деталей, що в неї входять.

При розробці багатофункціональних програм особливого значення набуває контроль правильності дій користувача. При взаємодії різних частин додатку збільшується кількість умов, які повинні бути дотримані – від правильності формату даних, що вводяться вручну, до логічної правильності результатів програми, в даному випадку розкрійної схеми. Нижче наведено деякі типові ситуації, які вимагають обов'язкового контролю:

- відкриття файлу – файл має існувати і бути правильного типу;
- ввід цифрових даних;
- контроль допустимості значення цифрових даних;
- контроль допустимих операцій – додавання типу деталі з потребою в ній рівною 0, видалення

точки з контуру, який містить тільки 3 точки і т. п.

Взагалі при визначенні допустимих дій користувача доцільно пам'ятати про правило – все, що не заборонено, дозволено, – і дозволяти тільки повністю захищені від помилок операції.

Практична цінність будь-якої програми визначається, перш за все, широтою використання її результатів. Найдосконаліша програма для побудови розкрійних схем не знайде застосування, якщо побудована схема залишиться на екрані монітора. Тому необхідно передбачити необхідні можливості для передачі даних в інші програми. Для додатку, що розглядається як приклад, виявилось необхідним реалізувати збереження схеми у власному форматі для подальшого редагування та у форматі придатному

для обробки та перегляду поширеними програмами моделювання. Зокрема у роботі [3] наведено обґрунтування збереження результуючих розкрійних схем у форматі *DXF, який є фактичним стандартом для обміну даними між САПР системами і розкрійним обладнанням і має відкриту специфікацію. Також у згаданій роботі наведено опис структури файлу. Планується також створення файлів інструкцій безпосередньо для розкрійних комплексів.

В рідких випадках вхідні дані заносяться безпосередньо в програму, як правило, існує вже попередньо підготовлена інформація оформлена у певному форматі. Від ступеня підготовленості значною мірою залежать і вимоги до самої програми. Для програми, що займається формуванням розкрійних схем, необхідна точна інформація про контур шкіри, розміщення пороків, контури деталей та їх допустиму кількість. У випадку програми з більшою функціональністю, яка була розглянута вище, достатньо мати підготовлені зображення шкіри та деталей.

Більшість задач моделювання вимагають реалізації алгоритмів, які сильно завантажують комп'ютер. Перш за все, це задачі пошуку оптимального значення деякої функції від багатьох параметрів. Для таких задач існує детально розроблений математичний апарат, де розглядаються варіанти побудови таких функцій, визначення оптимальних і достатніх умов для їх розв'язку, і власне пропонуються ефективні алгоритми. Але виявляється, що саме для типових прикладних задач, таких, наприклад, як оптимальне розміщення деталей на натуральній шкірі, з врахуванням різноманітних пороків, формального математичного розв'язку не існує. Побудована модель виявляється занадто складною задля її вирішення в рамках практичної задачі. В таких випадках використовуються більш загальні чисельні методи. Їх ефективне використання залежить, перш за все, від ефективної реалізації. При цьому необхідно враховувати загальне правило – алгоритм може працювати швидко, а може працювати економно. Економність проявляється, передусім, у використанні пам'яті комп'ютера. Основний шлях до підвищення швидкодії – винесення підготовчих операцій за межі основного циклу алгоритму, відповідно попереднє їх збереження, що вимагає додаткової робочої пам'яті. На прикладі генерації розкрійних схем по секціях для кожних двох типів деталей створювалася комбінація взаємного розміщення, яка потім використовувалася для створення секцій, з яких уже будувалася розкрійна схема. Всі три операції виконувались послідовно у вкладених циклах. Середній час генерації схем складав 15 хв. Після того, як генерація комбінацій була винесена у окрему процедуру, результати якої зберігалися у масиві (збільшились витрати пам'яті) і передавались у готовому вигляді в головний цикл, час виконання зменшився до 7-8 хв.

Розглянувши типові проблеми, що виникають при розробці програмного забезпечення для потреб легкої промисловості, можна зробити наступний висновок – основна задача полягає у створенні максимально повної моделі, яка описує поняття і алгоритми, необхідні для створення програми. Разом з тим існують цілком достатньо розвинуті методики моделювання, що дозволяють розробити деяку проміжну функціональну схему. Така побудова виявляється зрозумілою спеціалістам у сфері, яка автоматизується, що дозволяє охопити всі аспекти технологічного процесу. Також вона досить повно охоплює логіку побудови програмного продукту, що звільняє програміста від заглиблення у подробиці технології. Практичний досвід показує, що при наявній ефективній детально розробленій моделі, час необхідний для розробки і ймовірність помилок значно зменшуються.

Важливим моментом є оптимізація програмного коду по швидкодії, оскільки вирішення практичних задач методами цифрової техніки вимагає великої кількості специфічних обчислень. Головним методом при вирішенні цієї проблеми є оптимізація самих алгоритмів.

До прикладних програм висуваються дещо специфічні вимоги щодо інтерфейсу і особливі щодо правильності результату. Такі програмні продукти мають бути максимально простими у використанні і не допускати критичних помилок у кінцевому результаті за будь-яких умов, оскільки таким результатом, як правило, є матеріальний продукт.

Література

1. Матеріалознавство виробів легкої промисловості: Підручник / Рибальченко В.В., Коновал В.П., Хом'як М.Є., Шевченко Г.І. – К.: КНУТД, 2008. – 318 с.
2. Скатерной В.А. Оптимизация раскроя материалов в легкой промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 144 с.
3. Чупринка В.І., Хоменко О.О., Шкоденко М.М. Підготовка вхідної інформації про схеми суміщення деталей взуття для автоматизованого розкрою // Вісник КНУТД. – 2009. – № 2. – С. 22-28.

Надійшла 13.11.2009 р.

МОДЕЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПСИХОПАТИИ НА ФОНЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Рассмотрена задача модельного прогнозирования заболеваний на примере заболевания психопатии в Пензенской области. Разработаны методология и прикладные программы для решения социальных задач медицинской направленности.

There has been considered a problem of the modeling forecast of sickness on the example of the psychopathy sickness in Penza region. Developed the methodology and applied programs for solving the social tasks of the medicine direction.

Ключевые слова: модельное прогнозирование, психопатия, социальные задачи.

Научные исследования последних лет показали, что воздействие солнечной активности (СА) может сказываться на функционировании центральной нервной системы человека [1,3]. Пятнообразование на солнце следует рассматривать как отрицательный психогенный фактор, нарушающий нормальные условия для высшей нервной деятельности. На основании анализа влияния вариаций СА на состояние мозга установлено, что для его устойчивого функционирования необходим оптимальный уровень СА, выраженной в форме периодических колебаний с определенным амплитудно-частотным диапазоном, в котором существенную роль играют геомагнитные пульсации. Как значительное снижение уровня СА, так и возникновение аperiодических возмущений могут приводить к неустойчивому состоянию мозга. С увеличением СА нормальное функционирование высшей нервной деятельности становится затруднительным, приводя к нарушению, прежде всего психофизиологических механизмов адаптации, сопровождаемая различными психоэмоциональными расстройствами [В.П. Кулешов с соавт., 2001, 5]. При исследовании влияния геомагнитной активности на функциональное состояние человеческого организма обнаружено, что адаптация к усилению напряженности магнитного поля Земли, протекающая с участием нейроэндокринной системы, проявляется преимущественным реагированием глюкокортикоидной функции коры надпочечников и активацией симпатического звена вегетативной нервной системы.

Настоящая работа посвящена модельному прогнозу заболевания психопатии в регионе фоне СА на примере Пензенской области [2].

Исследовались группа больных призванных на службу в Вооруженные силы АО Пензенской области и уволенных в запас с 1991 по 2006 года на основе данных военкоматов.

В основу прогностических моделей заложены параметры эколого-климатических и санитарно-эпидемиологических показателей. Сведения о нервно-психических заболеваниях взяты при изучении их первичной декомпенсации. Наиболее значимыми этиологическими факторами, вызывающими нервно-психические заболевания, являлись: а) изменения санитарно-эпидемической ситуации; б) изменения эколого-климатических условий; в) психоэмоциональные стрессы. Эти факторы способны вызывать первичную декомпенсацию целого ряда пограничных нервно-психических расстройств. Для выяснения степени надежности прогностических моделей проведено сравнительное изучение трех вариантов прогностических моделей, отличавшихся друг от друга видом функциональной зависимости и различием в отсчете начала временного интервала и его длительности. При этом функциональные зависимости анализировались на предмет наилучшей аппроксимации фактических данных.

В результате проведенных исследований было выявлено 3 линии тренда, которые наилучшим образом аппроксимируют фактические данные, подсчитаны коэффициенты корреляции.

1. Тригонометрическая функция

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$	
Coefficient Data:	
a =	12,79365
b =	16,45243
c =	0,450004
d =	-62,5649

Коэффициент корреляции $k=0,89$

2. Полином 3 – степени

3rd degree Polynomial Fit: $y=a+bx+cx^2+dx^3...$	
Coefficient Data:	
a =	-1.629074e+008
b =	243889.71
c =	-121.70776
d =	0.020244882

Коэффициент корреляции $k=0,74$

3.Парабола

Quadratic Fit: $y=a+bx+cx^2$	
Coefficient Data:	
a =	-1314359.6
b =	1316.5017
c =	-0.32965686

Коэффициент корреляции $\kappa=0,64$

Так как кривая изменения клинических данных по психопатии по годам носит волнообразный характер, то за основу прогнозирования мы принимаем тригонометрическую функцию вида $y= a+b*\cos(cx+d)$. Данная функция имеет более высокий коэффициент корреляции по сравнению с другими, что позволяет сократить ошибку прогнозной модели. и она лучше других характеризует общую тенденцию развития изучаемого явления.

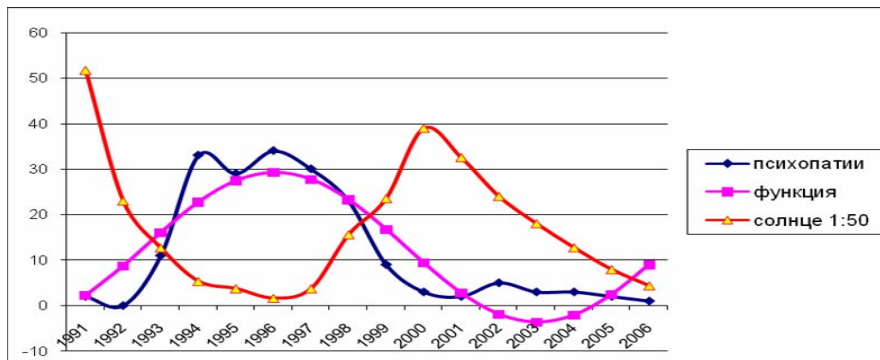


Рис. 1. Психопатия призыв по реальным и модельным данным на фоне солнечной активности

Колебательный характер процесса аппроксимирует $\cos(cx+d)$ и отражает сезонность заболеваний. Под сезонностью понимают изменения всех вышеперечисленных факторов в зависимости от изменения солнечной активности и месяцев в году.

В процессе подготовки данных для прогнозирования определяем, что клинические данные и прогнозная кривая по психопатии, повторяет формы через определенные промежутки времени. Для дальнейшего прогнозирования вводим понятие интервального коэффициента K , который отражает рост и спад заболеваний в зависимости от солнечной активности. Определение наличия интервального коэффициента необходимо для того, чтобы входная информация обладала свойством репрезентативности. Если принять во внимание тот факт, что заболевание, выходящие за пределы амплитуды многолетней изменчивости процесса, как раз и являются непредсказуемыми, то приходим к неутешительному выводу: построить «раз и навсегда» прогностическую модель заболеваний (как и любого другого процесса) невозможно, независимо от объема используемой при этом выборки исходных данных. Следовательно, усилия прогнозиста должны быть направлены не на разработку универсальной прогностической модели, а на поиски закономерностей образования отрезков времени со стационарным и нестационарным режимами, а также на выяснение причин самой нестационарности. «Научившись» на историческом материале определять такие отрезки времени (и смирившись, естественно, с мыслью о невозможности спрогнозировать крупные аномалии болезни), можно попытаться построить некую модельную прогностическую схему, обязательным условием применения которой будет знание болезни на момент прогноза.

Анализируем график полученной функции, в результате этого

Разобьем интервал прогнозирования на 2 интервала

- с 1991 по 1998 год когда наблюдается рост заболеваний
- с 1999 по 2006 когда наблюдается спад заболеваний

Вычисляем интервальный коэффициент

Интервальный коэффициент рассчитывается как разность между фактическим значением заболевания и значением полученной модели, для этого используется пакет прикладных программ MS Excel

Практическая реализация данного метода выявила следующие его особенности:

- для составления прогноза необходимо точно знать величину интервального коэффициента. Исследования показывают, что множество заболеваний имеют сезонный характер, величина интервального коэффициента при этом может быть различной и колебаться от одной недели до десяти лет и более.
- применение функции косинус позволяет значительно сократить ошибку модели;
- при наличии достаточного количества данных метод даёт хорошую аппроксимацию и может быть эффективно использован при прогнозировании различных заболеваний

Рассчитываем интервального коэффициента K как разности между фактическими значениями и значениями модели используя при этом пакет прикладных программ MS Excel.

1 інтервал								
годы	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
псих.	2	0	11	33	29	34	30	23
функция	2,1869	8,7134	16,0523	22,7424	27,4516	29,2423	27,7579	23,2940
интр.коэфт	-0,1869	-8,7134	-5,0523	10,2576	1,5484	4,7577	2,2421	-0,2940

2 інтервал							
1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
9	3	2	5	3	3	2	1
16,7394	9,3991	2,7347	-1,9268	-3,6574	-2,1124	2,4005	8,9827
-7,7394	-6,3991	-0,7347	6,9268	6,6574	5,1124	-0,4005	-7,9827

Вычисляем средний интервальный коэффициент.

годы	интер.коэф	годы	интер.коэф	среднее
1991	-0,1869	1999	-7,7394	-3,9631
1992	-8,7134	2000	-6,3991	-7,5562
1993	-5,0523	2001	-0,7347	-2,8935
1994	10,2576	2002	6,9268	8,5922
1995	1,5484	2003	6,6574	4,1029
1996	4,7577	2004	5,1124	4,9351
1997	2,2421	2005	-0,4005	0,9208
1998	-0,2940	2006	-7,9827	-4,1384
		сумма		-0,0003

Необходимо учитывать также ошибки средних колебаний интервального коэффициента (К), которые характеризуются суммой величин интервальных коэффициентов. Чем дальше от 0 значение суммы колебаний средних интервальных коэффициентов, тем больше ошибка параметра К. Мы по сумме средних величин видим, что наблюдается сезонность колебаний, т.к. сумма средних величин сезонных колебаний равна 0.

Интервальный коэффициент (К) рассчитанный для модели, остается неизменной для следующих 10 лет, применяется при прогнозировании заболеваний.

Для смягчения влияния прошлых тенденций на достоверность прогнозной модели и учета влияния солнечной активности на заболевание, предлагается ввести параметр α (константу сглаживания), представляет собой среднее арифметическое между среднегодовой коэффициент прироста солнечной активности за исследуемый период, и вычисляется по формуле $T_{cn} = \frac{X_t}{X_{t-1}}$, где t- года средним базовым

коэффициентом прироста солнечной активности за исследуемый период $T_a = \frac{X_t}{X_0}$. Значение

коэффициентов прироста и базовых по годам активности приведены в таблице

годы	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
солнце	258,06	114,81	63,25	26,64	18,54	8,04	18,53	77,83
базовый		0,445	0,245	0,103	0,072	0,031	0,072	0,302
средний	1,834	0,445	0,551	0,421	0,696	0,434	2,305	4,200

1999	2000	2001	2002	2003
117,45	194,62	162,52	119,97	90,05
0,455	0,754	0,630	0,465	0,349
1,509	1,657	0,835	0,738	0,751

2004	2005	2006	среднее
63,6	39,63	21,76	
0,246	0,154	0,084	0,294
0,706	0,623	0,549	1,217

α - принимает значения 0,923

Сущность данной поправки заключается в том, что она нивелирует погрешность моделей, а именно, позволяет быстро учесть развитие и прогнозирование заболеваний с учетом изменения показателей солнечной активности.

В результате вышеизложенного наша функция примет вид

$$F_{i\delta} = \alpha \cdot F_{\delta} + (1 - \alpha) \cdot ((a + b) \cdot \cos(cx + d) \pm \hat{E})$$

Где F_{nn} – прогнозное значение психопатии

$F\phi$ – фактическое значение

K – интервальный коэффициент

α – константа сглаживания

Строим прогноз

годы	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
псих.	2	0	11	33	29	34	30	23	9
прогноз	2,0	0,7	11,4	32,2	28,9	33,6	29,8	23,0	9,6
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
3	2	5	3	3	2	1			
3,5	2,1	4,4	2,5	2,6	2,0	1,6	16,0	22,1	
2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			
27,0	29,0	27,1	23,0	16,0	9,0	3,0			

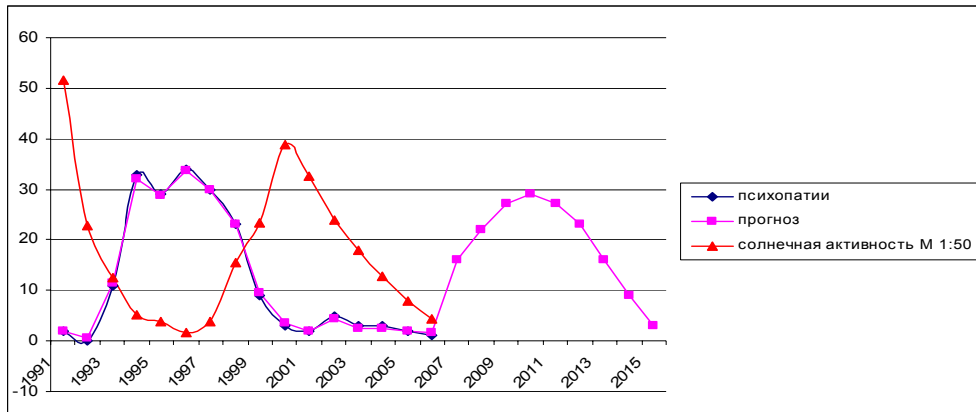


Рис. 2. Прогноз психопатии

Рассчитываем точность модели по формуле

Точность модели = $((1 - \text{СКО}) * 100)$

Мы получили точность модели 87,9%, если точность модели колеблется в районе 80%-100%, то можно утверждать, что модель достаточно точна.

Из графика видно, что наибольшее количество заболеваний происходит при низкой солнечной активности и уменьшается с её ростом.

Выводы.

1. Предварительным анализом данных наблюдений выявлен колебательный характер процессов, на основании чего за основу модельных прогнозов взят тригонометрический многочлен.

2. Корреляционным анализом получены статистические модельные уравнения прогноза из данных наблюдений на примере Пензенской области Российской Федерации.

Литература

1. Агаджанян Н.А. Экологическая физиология: проблема адаптации и стратегия выживания. // Материалы X международного симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации». 29-31 января 2001 г. – М. – С. 5-16.
2. Воробьев С.А., Субботина Т.И., Светлова С.Ю. Математический подход к оценке адаптационных возможностей организма человека. // Материалы X международного симпозиума // Эколого-физиологические проблемы адаптации. – М., 2001. – С. 118-120.
3. Вязицкий П.О., Товкань В.К., Литвиненко Г.В. Влияние погодных условий на иммунологическую резистентность организма лиц молодого возраста // Военно-медицинский ж-л, 1984. – С.31-33.
4. Гринцова В.М., Сотникова А.А., Маркин В.В., Гринцов М.И. Прогнозирование нервно-психических нарушений у военнослужащих. Социально-медицинский аспект // Диагностика и прогнозирование социальных процессов. Международная научная конференция, Белгород, 2005, с 99-104
5. Крамер Г. Математические методы статистики. – М.: Мир, 1975. – 648 с.
6. Кулешов В.И. Оценка и прогноз работоспособности военнослужащих. // Проблемы оценки и прогнозирования здоровья военнослужащих в условиях военной реформы. – СПб. 1995. – С. 69-90.
7. Сотникова А.А. Анализ случаев снижения интеллекта методом компьютерного моделирования. // Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, образование 5-я Международная конференция «Исследование и разработка и применение высоких технологий в промышленности». – СПб. 2008. – С. 115-120

Надійшла 12.11.2009 р.

В.Г. КАМБУРГ, А.А. СОТНИКОВА, О.В. БОЧКАРЁВА
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Россия

МОДЕЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ ЭПИДЕМИЙ ГРИППА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА НЕРВНО-ПСИХИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ НА ФОНЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

В данной работе развивается методология модельного прогнозирования заболеваний, описанная авторами в [7], для усложненной системы с взаимным влиянием двух болезней на фоне солнечной активности на примере Пензенской области Российской Федерации.

In the given paper there is developed the methodology of the modeling forecast of the sickness, described in [7] by the authors, for more complicated system with the mutual influence of the two sicknesses on the background of the sun activity on the example of Penza region of the Russian Federation.

Ключевые слова: модельное прогнозирование, психопатия, грипп, солнечная активность.

Связь эпидемий гриппа с космосом, а точнее, с солнечной активностью, исследовалась многими учеными. Первым в их ряду стоит А. Л. Чижевский [7]. А.Л.Чижевский проанализировал данные об эпидемиях гриппа за 500 лет и установил, что период эпидемий гриппа составляет в среднем 11,3 года. Он сопоставил эпидемии гриппа с солнечной активностью. Оказалось, что большинство эпидемических эпох приходится на периоды, когда СА нарастает или же уменьшается, то есть эпидемии возникают между минимумом-максимумом и максимумом-минимумом солнечной активности. В годы минимальной солнечной активности, как показал А. Л. Чижевский, встречаются только небольшие пространственно-изолированные эпидемии гриппа, тогда как в периоды максимальной солнечной активности пандемии гриппа стихийно охватывают огромные территории и уносят наибольшее число жертв.

Динамика заболеваемости гриппом на фоне солнечной активности с 1980 по 1991г.г. представлена на графике рис. 1.

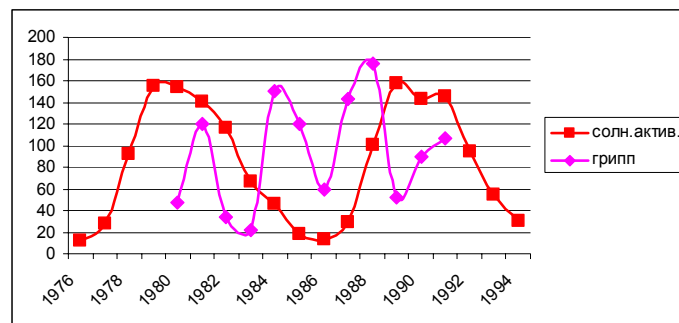


Рис. 1. Динамика заболеваемости гриппом на фоне солнечной активности с 1980 по 1991 г.

Начало эпидемии гриппа, которая расположена между одним минимумом и другим (соседним), либо отстает от ближайшего максимума, либо опережает его. Влияние активности Солнца на эпидемии гриппа проявляется только в среднем. Эпидемии могут различно располагаться на кривой солнечной активности в зависимости от действия других причин. Но они появляются преимущественно именно за 2 – 3 года до или после максимума солнечной активности. Период между двумя волнами одной и той же эпидемии гриппа оказался равным в среднем трем годам. Длительность отдельной эпидемии гриппа в одном периоде, рассчитанная как среднее арифметическое, оказалась равной двум годам.

Пределы колебаний максимумов солнечной активности по годам были сопоставлены с пределами колебаний эпидемий гриппа. Установлено, что эти пределы налагаются один на другой, составляя между собой большие периоды, свободные от эпидемий гриппа. Эти периоды приходятся на годы минимума солнечной активности.

Таким образом, распространение эпидемий гриппа не является произвольным, а находится в прямой связи с изменением солнечной активности.

Полученные данные позволяют делать прогнозы эпидемий гриппа. Можно предсказать, какие интервалы в 11-летнем цикле солнечной активности наиболее опасны для возникновения и развития эпидемий гриппа.

В годы минимальной солнечной активности, как показал А. Л. Чижевский, встречаются только небольшие пространственно-изолированные эпидемии гриппа, тогда как в периоды максимальной солнечной активности пандемии гриппа стихийно охватывают огромные территории и уносят наибольшее число жертв.

При анализе эпидемий гриппа 1980 – 1991 гг. было установлено, что максимум заболевания наступает через каждые 2 – 3 года. Если эпидемия дает вторую волну в том же цикле солнечной активности, то она отстоит от окончания первой волны эпидемии в среднем на три года. Спустя три года после минимума солнечной активности можно ожидать первую волну эпидемии гриппа. Но он только приближает

или отдаляет вспышку эпидемии.

Анализ исследований, посвященных воздействию гриппозной инфекции и ее последствий на нервно-психические функции показывает, что до сих пор окончательно не выяснено, почему при отдельных нозологических формах интенсивность токсического синдрома различна. Это может зависеть как от особенностей возбудителя, от иммунного статуса организма, так и от ряда других факторов [2, 3].

Ведущим синдромом гриппозной инфекции является интоксикация, проявляющаяся головной болью. При понижении тонуса сосудов головного мозга каждая пульсовая волна приводит к растяжению стенок сосудов.

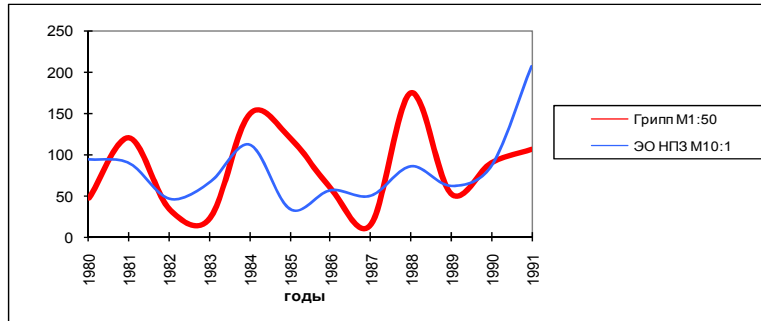


Рис. 2. Графическое изображение частоты различных нервно-психических заболеваний по годам на фоне эпидемий гриппа

В эпидемию гриппа 1988 г. не произошло увеличения заболеваемости экзогенно-органических неврологических заболеваний. На нее не отреагировали ЧМТ и ее последствия, недифференцированные по этиологии органические поражения головного мозга, не отреагировали случаи отдаленных последствий нейроинфекций. Отреагировали только эпилепсия и судорожные синдромы и психопатии.

Нами отмечено, что те эпидемии гриппа, которые следуют за максимумами солнечной активности, являются более патогенными по отношению к различным группам нервно-психических заболеваний, по сравнению с эпидемиями гриппа, которые следуют после лет «спокойного солнца». Такие эпидемии, по данным настоящего исследования, являются наиболее щадящими по отношению к экзогенно-органическим неврологическим заболеваниям. Из этого можно сделать предварительный вывод о том, что сила патогенности эпидемий гриппа может зависеть и определяться уровнем солнечной активности [4 – 6].

Декомпенсация экзогенно-органических неврологических заболеваний увеличивается в эпидемии гриппа и уменьшается в периоды снижения заболеваемости гриппом. Степень корреляционных взаимоотношений этих двух процессов высокая ($r=0,8-0,9$). Корреляционная зависимость периодограмм гриппа и неврологических заболеваний показывает, что именно гриппозная инфекция является одним из основных факторов первичной декомпенсации некоторых нервно-психических заболеваний.

Используя систему MathCad, влияние эпидемии гриппа на нервно-психические заболевания с использованием солнечной активности исследовались с помощью построения трехмерного пространственного графика, дающего представление о характере связей грипп – нервно-психические заболевания от эколого-климатических условий. Пространственное представление позволяет выявлять эффекты (сдвиги), возникающие в системе «грипп – нервно психические заболевания». Динамика распространения заболеваний имеет нелинейный характер и сопровождается возникновением колебательных режимов. В нашем случаях получается особая точка типа " неустойчивый фокус" (на фазовой плоскости), когда амплитуда колебаний нарастает.

Графики могут служить номограммой для прогнозирования заболеваний в зависимости от эпидемии гриппа и изменения солнечной активности. При изменении условий среды поверхность смещается на новый уровень, становится волнообразной. Основным механизмом таких колебаний является изменение силы связи во времени. Плоскость позволяет выявить основную тенденцию взаимосвязи показателей.

Корреляционные сдвиги на плоскости представлены в виде изгибов, что обусловлено внутривременной изменчивостью и средовыми факторами для определенного года.

Была выявлена математическая зависимость и подсчитаны коэффициенты полиномиальной регрессии составлением программы в MathCad.

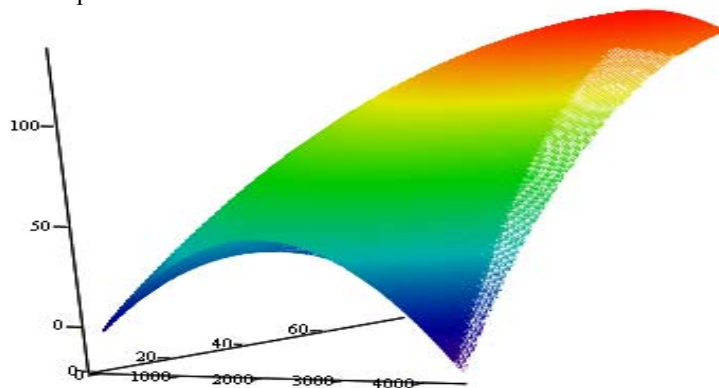


Рис. 3. Нервно-психические заболевания на фоне эпидемии гриппа и солнечной активности

```

Step(v, Nvar, deg) := | for i ∈ 0.. deg    if Nvar = 1
                    | vi,0 ← vi,0 + i
                    | for i ∈ 0.. Nvar - 1 if deg = 1
                    | vi,i ← vi,i + 1
                    | otherwise
                    | inc ← Nterms(Nvar, deg - 1)
                    | for i ∈ 0.. inc - 1
                    |   vi, Nvar-1 ← vi, Nvar-1 + 1
                    | v ← stack(Step(submatrix(v, 0, inc - 1, cols(v) - 1), Nvar, deg - 1), Step(submatrix(v, inc, rows(v) - 1, 0, cols(v) - 1), Nvar - 1, deg))
                    | v

```

```

COrder(Nvar, deg) := | vNterms(Nvar, deg)-1, Nvar-1 ← 0
                    | Step(v, Nvar, deg)

```

```

COrder(Nvar, deg) := | vNterms(Nvar, deg)-1, Nvar-1 ← 0
                    | Step(v, Nvar, deg)

```

В период эпидемии гриппа диагностированы различные неврологические заболевания, несмотря на то, что классической клиники гриппа не наблюдалось, а имелась клиника первичной декомпенсации ряда НПЗ. В эпидемию гриппа 1981 г. произошло увеличение частоты случаев первичной декомпенсации НПЗ в результате перенесенных инфекционных поражений головного мозга, случаев эпилепсии, психопатий. Эпидемия гриппа 1984 г. оказалась наиболее патогенной и обусловила резкое увеличение случаев первичной декомпенсации практически всех групп НПЗ. На эпидемию гриппа 1988 г. не отреагировали ЧМТ и ее последствия, недифференцированные по этиологии органические поражения головного мозга, случаи отдаленных последствий нейроинфекций. Однако на эту эпидемию отреагировали эпилепсия и судорожные синдромы и психопатии. У больных с черепно-мозговой травмой в анамнезе нервно-психические изменения в период эпидемии гриппа проявлялись в большей мере, нежели в период вне эпидемии гриппа. Грипп усложнял клинику отдаленных последствий ЧМТ. Эти выводы сделаны путем анализа церебральных арахноидитов, отдаленных последствий ЧМТ, нейроинфекций.

Нами выявлено, что те эпидемии гриппа, которые следуют за макси-мумами СА, являются более патогенными по отношению к различным группам НПЗ по сравнению с теми эпидемиями гриппа, следующими после лет спокойного солнца. Такие эпидемии являются щадящими по отношению к НПЗ. Сила патогенности различных эпидемий гриппа обусловлена, в том числе, и уровнями солнечной активности. Эта закономерность просматривается на графиках.

Расчет прогноза усредненных показателей заболеваемости гриппом до 2012 года.

В результате проведенных исследований было выявлено 3 линии тренда, которые наилучшим образом аппроксимируют фактические данные, подсчитаны коэффициенты.

1. Тригонометрическая функция

Sinusoidal Fit: $y=a+b*\cos(cx+d)$	
Coefficient Data:	
a =	3942,568
b =	2962,491
c =	2,445106
d =	-318,365
корр	0,79

Коэффициент корреляции 0,79

2. Логарифмическая функция

Logarithm Fit: $y=a+b*\ln(x)$	
Coefficient Data:	
a =	-946004.36
b =	125158.11

Коэффициент корреляции 0,09

3. Экспоненциальная функция

Exponential Fit: $y=ae^{(bx)}$	
Coefficient Data:	
a =	3.0259174e-011
b =	0.016423044

Коэффициент корреляции 0,09

Так как кривая изменения клинических данных по гриппу по годам носит волнообразный характер, то за основу прогнозирования мы принимаем тригонометрическую функцию вида $y = a + b \cdot \cos(cx + d)$. Данная функция имеет более высокий коэффициент корреляции по сравнению с другими, что позволяет сократить ошибку прогнозной модели. и она лучше других характеризует общую тенденцию развития изучаемого явления.

Колебательный характер процесса аппроксимирует $\cos(cx + d)$ и отражает сезонность заболеваний. Под сезонностью понимают изменения всех вышеперечисленных факторов в зависимости от изменения солнечной активности и месяцев в году.

В процессе подготовки данных для прогнозирования определяем, что клинические данные и прогнозная кривая по гриппу, повторяет формы через определенные промежутки времени. Для дальнейшего прогнозирования вводим понятие интервального коэффициента K , который отражает рост и спад заболеваний в зависимости от солнечной активности. Определение наличия интервального коэффициента необходимо для того, чтобы входная информация обладала свойством репрезентативности.

Если принять во внимание тот факт, что заболевание, выходящие за пределы амплитуды многолетней изменчивости процесса, как раз и являются непредсказуемыми, то приходим к неутешительному выводу: построить «раз и навсегда» прогностическую модель заболеваний (как и любого другого процесса) невозможно, независимо от объема используемой при этом выборки исходных данных. Следовательно, усилия прогнозиста должны быть направлены не на разработку универсальной прогностической модели, а на поиски закономерностей образования отрезков времени со стационарным и нестационарным режимами, а также на выяснение причин самой нестационарности. «Научившись» на историческом материале определять такие отрезки времени (и смирившись, естественно, с мыслью о невозможности спрогнозировать крупные аномалии болезни), можно попытаться построить некую прогностическую схему, обязательным условием применения которой будет знание болезни на момент прогноза. Существенно и прямое космическое влияние (в первую очередь солнечной активности) на все живые организмы, что ярко и убедительно показано на уровне индивидуальных организмов А.Л.Чижевским, на развитие этносов – Л.Н.Гумилевым.

Одновременное воздействие отдельных планет Солнечной системы и всей их совокупности создает многослойный характер влияния на атмосферу Земли и является одной из причин отсутствия строгой периодичности развития земных циклов во времени. Динамика изменения заболевания в нашем случае гриппа (максимумы заболеваний повторяются через 2–3 года); есть указания на существование у болезни 11-летнего цикла.

В основу составления прогноза берем изменение солнечной активности по годам. Анализируем график полученной функции, в результате этого

Разобьем интервал прогнозирования на 2 интервала

Вычисляем интервальный коэффициент

Интервальный коэффициент рассчитывается как разность между фактическим значением заболевания и значением полученной модели, для этого используется пакет прикладных программ MS Excel

Практическая реализация данного метода выявила следующие его особенности:

- для составления прогноза необходимо точно знать величину интервального коэффициента. Исследования показывают, что множество заболеваний имеют сезонный характер, величина интервального коэффициента при этом может быть различной и колебаться от одной недели до десяти лет и более.
- применение функции косинус позволяет значительно сократить ошибку модели;
- при наличии достаточного количества данных метод даёт хорошую аппроксимацию и может быть эффективно использован при прогнозировании различных заболеваний

Рассчитываем интервального коэффициента K как разности между фактическими значениями и значениями модели используя при этом пакет прикладных программ MS Excel.

годы	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
грипп	2355	6028	1680,2	1064	7502,2	6020,9	2970,9
функция	5669,183	4162,435	1878,633	6889,195	1485,784	4765,145	5137,354
инт..коэфт	-3314,183	1865,565	-198,4328	-5825,195	6016,416	1255,755	-2166,454
1987	1988	1989	1990	1991			
712,7	8777,1	2611,3	4500	5328,4			
1286,949	6822,038	2180,498	3766,469	5974,81			
-574,2493	1955,062	430,8016	733,5312	-646,41			

Вычисляем средний интервальный коэффициент

1 интервал		2 интервал		среднее	
1980	-3314,18	1986	-2166,45	-2740,32	-2701,34
1981	1865,565	1987	-574,249	645,6576	684,6404
1982	-198,433	1988	1955,062	878,3144	917,2972
1983	-5825,19	1989	430,8016	-2697,2	-2658,21
1984	6016,416	1990	733,5312	3374,974	3413,956
1985	1255,755	1991	-646,41	304,6724	343,6552
сумма				-233,897	0

Скорректируем значения интервального коэффициента таким образом, чтобы их сумма была равна нулю. Чтобы довести средние колебания интервального коэффициента до 0, необходимо итоговую сумму средних разделить на количество исследуемых лет (в нашем случае – это 12). Полученный результат вычитаем из значений среднего по каждому периоду. В итоге – сумма колебаний составит абсолютный 0.

Расчитанные интервальные коэффициенты при прогнозировании просто переносятся на соответствующие месяцы прогнозного периода.

Для смягчения влияния прошлых тенденций на достоверность прогнозной модели и учета влияния солнечной активности на заболевание, предлагается ввести параметр α (константу сглаживания) Константу сглаживания определять методом экспертных оценок, она зависит от амплитуды колебания заболевания, при колебаниях совпадающих с колебаниями солнечной активности, то есть заболевания колеблются с той же скоростью и амплитудой, то есть предпосылок к изменению болезни в дальнейшем при прогнозировании очень мало α представляет собой среднегодовой коэффициент прироста солнечной активности за

исследуемый период, и вычисляется по формуле $T_{cn} = \frac{X_t}{X_{t-1}}$, где t- года, при колебаниях с

противоположной фазой и ярко выраженных (колебания происходят чаще чем у солнечной активности) α

представляет собой среднегодовой базовый коэффициент прироста солнечной активности за исследуемый период, и вычисляется по формуле $T_{ca} = \frac{X_t}{X_0}$, где t- года. Значение коэффициентов прироста и базовых по

годам активности.

Среднегодовой коэффициент прироста солнечной активности равен 1,18

Базовый средний коэффициент прироста солнечной активности равен 0,53

$$0,53 < \alpha < 1,18$$

В нашем случае за коэффициент прироста берем среднеарифметический коэффициент между базовым и средне годовым $\alpha = 0,855$.

Сущность данной поправки заключается в том, что она нивелирует погрешность моделей, а именно, позволяет быстро учесть развитие и прогнозирование заболеваний с учетом изменения показателей солнечной активности.

В результате вышеизложенного наша функция примет вид

$$Fnn = \alpha \cdot F\phi + (1 - \alpha) \cdot ((a + b) \cdot \cos(cx + d)) \pm K$$

Где Fnn – прогнозное значение психопатии;

$F\phi$ – фактическое значение;

K – интервальный коэффициент;

α – константа сглаживания.

Расчитываем точность модели по формуле

$$\text{Точность модели} = ((1 - \text{СКО})) \cdot 100$$

Где СКО – среднеквадратичное отклонение ошибок, точность модели 90,7 %, это говорит о том, что модель хорошо аппроксимирует фактические данные, т.е. она вполне отражает изменение заболеваемости, и является предпосылкой для построения прогнозов высокого качества.

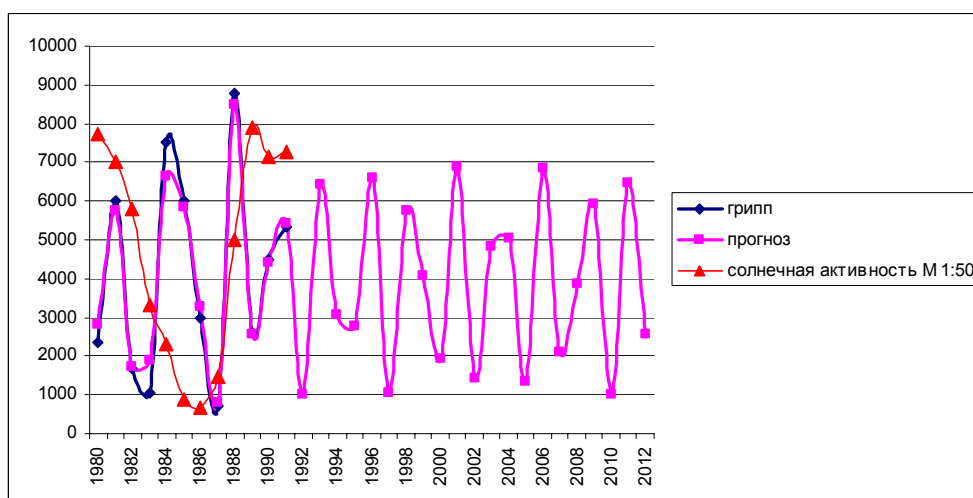


Рис. 4. Заболеваемость гриппом 1– в реальном времени и 2-прогноз до 2011 г. Визуальный анализ динамики прогноза эпидемий гриппа показывает, что и в будущем эпидемии гриппа будут возникать волнообразно. Периодограмма прогнозирует повторяемость солнечной активности, что соответствует многолетним наблюдениям.

Прогноз, рассчитанный по полученной формуле

$$F_{nn} = \alpha \cdot F\phi + (1 - \alpha) \cdot ((a + b) \cdot \cos(cx + d)) \pm K).$$

Третья прогностическая модель строилась с учетом 11-летних наблюдений за динамикой нервно-психической заболеваемости, за эколого-климатическими и санитарно-эпидемиологическими переменными.

Вывод.

Корреляционным анализом получены статистические модельные уравнения в виде периодических колебаний для прогноза из данных наблюдений в развитии методики на примере Пензенской области Российской Федерации.

Литература

1. Веретенко С. В., Пудовкин М. И. Вариации метеорологических параметров нижней атмосферы в связи с явлениями солнечной активности // Атмосфера и здоровье человека. СПб. – 1998. – С. 196 – 197.
2. Вовк Т. Б., Горго Ю. П. Влияние метеорологических факторов на вегетативные показатели человека // Международный конгресс: СПб. – 2000. – С. 27 – 28.
3. Воробьев С. А., Светлова С. Ю., Субботина Т. И. Математический подход к оценке индивидуальных биоритмов человека в условиях десинхроноза // Вестник новых медицинских технологий, 2000. – Т. 7. – С. 55 – 58.
4. Воробьев С. А., Субботина Т. И., Светлова С. Ю. Математический подход к оценке адаптационных возможностей организма человека // Материалы X международного симпозиума // Эколого-физиологические проблемы адаптации. – М., 2001. – С. 118 – 120.
5. Вязицкий П. О., Товкань В. К., Литвиненко Г. В. Влияние погодных условий на иммунологическую резистентность организма лиц молодого возраста // Военно-медицинский ж-л, 1984. – С. 31 – 33.
6. Крамер Г. Математические методы статистики. – М.: Мир, 1975. – 648 с.
7. Сотникова А. А., Камбург В. Г. Модельный прогноз заболевания психопатии на фоне солнечной активности // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 5. – С. 97-100.
8. Чижевский А. Л. Космический пульс жизни. – М.: Мысль, 1995. – 776 с.

Надійшла 19.11.2009 р.

УДК 681.3+519.6

О.А. ПАСТУХ

Європейський університет

РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГЕБРАЇЧНОГО ПЕРЕТИНУ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДРУГОГО РОДУ У КВАНТОВИХ НЕЧІТКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ДРУГОГО РОДУ

Вперше розглянуто математичну реалізацію процесу виконання операції алгебраїчного перетину нечітких множин другого роду за допомогою квантових нечітких множин другого роду у квантових нечітких інформаційних системах другого роду. В основу реалізації покладено мультиплікативну операцію над квантовими нечіткими числами, яка представлена за допомогою квантової мікропрограми (графічний вигляд подано у формі квантової мережі) для сімейства квантових процесорів квантової нечіткої інформаційної системи другого роду в унітарно-операторній формі.

Mathematical processing work of procedure intersection fuzzy sets of second level used quantum fuzzy sets of second level in the quantum fuzzy information systems of second level had been viewed. Multiplicative procedure of quantum fuzzy numbers is basic, what view quantum micro program (graphic image is quantum network) for sets of quantum processors of quantum fuzzy information systems of second level in unitary-operator form.

Ключові слова: нечітки множини другого роду, квантовий процесор, квантова нечітка інформаційна система.

Вступ. В своїй роботі квантові нечіткі інформаційні системи другого роду ($q_{II}f$ -системи) використовують дані у формі квантових нечітких множин другого роду, а тому операції над нечіткими множинами другого роду, зокрема, наприклад, алгебраїчний перетин, можливий за умови представлення нечітких множин другого роду у вигляді квантових нечітких множин другого роду. Саме математичному формалізму реалізації алгебраїчного перетину нечітких множин другого роду за допомогою квантових нечітких множин другого роду в $q_{II}f$ -системах і присвячена дана робота.

Огляд існуючих відомостей. В основі квантових нечітких множин другого роду, як буде видно в подальшому з операцій над ними, які складають фундамент реалізації алгебраїчного перетину нечітких множин другого роду лежить математичний формалізм квантових нечітких множин, який вперше розглянутий автором у його роботах [1-4].

Мета. Здійснити математичну реалізацію алгебраїчного перетину нечітких множин другого роду за

допомогою квантових нечітких множин другого роду в $q_{II}f$ -системах.

Постановка завдання. Математично формалізовано розглянути процес реалізації алгебраїчного перетину нечітких множин другого роду за допомогою математичних засобів квантових нечітких множин другого роду та технічних засобів $q_{II}f$ -систем.

Основна частина. Алгебраїчний перетин нечітких множин другого роду $f_{II}A$ та $f_{II}B$ з індикаторними функціями відповідно $I_{f_{II}A}(u_i)$ та $I_{f_{II}B}(u_i)$, $i = \overline{1, N}$, області значень яких є відповідно

$$\left\{ \begin{aligned} I_{f_{A_1}}(v_j) &= I_{f_{II}A}(u_1), & I_{f_{A_2}}(v_j) &= I_{f_{II}A}(u_2), \\ I_{f_{A_3}}(v_j) &= I_{f_{II}A}(u_3), & \dots, & \\ I_{f_{A_N}}(v_j) &= I_{f_{II}A}(u_N): & j &= \overline{1, L} \end{aligned} \right\}$$

та

$$\left\{ \begin{aligned} I_{f_{B_1}}(v_j) &= I_{f_{II}B}(u_1), & I_{f_{B_2}}(v_j) &= I_{f_{II}B}(u_2), \\ I_{f_{B_3}}(v_j) &= I_{f_{II}B}(u_3), & \dots, & \\ I_{f_{B_N}}(v_j) &= I_{f_{II}B}(u_N): & j &= \overline{1, L} \end{aligned} \right\}$$

можна технічно реалізувати за допомогою $q_{II}f$ -системи, яка виконує алгебраїчний перетин над квантовими нечіткими множинами другого роду з дійсною нечіткою двійково-числовою областю значення $q_{II}fA$ та $q_{II}fB$ з індикаторними функціями $I_{q_{II}fA}(u_i)$ та $I_{q_{II}fB}(u_i)$, $i = \overline{1, N}$ області значень яких є відповідно

$$\left\{ \begin{aligned} I_{q_{f_{A_1}}}(v_j) &= I_{q_{II}fA}(u_1), & I_{q_{f_{A_2}}}(v_j) &= I_{q_{II}fA}(u_2), \\ I_{q_{f_{A_3}}}(v_j) &= I_{q_{II}fA}(u_3), & \dots, & \\ I_{q_{f_{A_N}}}(v_j) &= I_{q_{II}fA}(u_N): & j &= \overline{1, L} \end{aligned} \right\}$$

та

$$\left\{ \begin{aligned} I_{q_{f_{B_1}}}(v_j) &= I_{q_{II}fB}(u_1), & I_{q_{f_{B_2}}}(v_j) &= I_{q_{II}fB}(u_2), \\ I_{q_{f_{B_3}}}(v_j) &= I_{q_{II}fB}(u_3), & \dots, & \\ I_{q_{f_{B_N}}}(v_j) &= I_{q_{II}fB}(u_N): & j &= \overline{1, L} \end{aligned} \right\}$$

Причому

$$v_1 = |00\dots 00\rangle, \quad v_2 = |00\dots 01\rangle, \quad v_3 = |00\dots 10\rangle, \quad \dots, \quad v_L = |11\dots 11\rangle.$$

Далі за квантові нечіткі двійкові числа $qfA_1, qfA_2, qfA_3, \dots, qfA_N$ беруться відповідно нечіткі двійкові числа $fA_1, fA_2, fA_3, \dots, fA_N$, а за квантові нечіткі двійкові числа $qfB_1, qfB_2, qfB_3, \dots, qfB_N$ беруться відповідно нечіткі двійкові числа $fB_1, fB_2, fB_3, \dots, fB_N$. Аналогічна ситуація має місце і в індикаторних функцій, за $I_{qfA_1}, I_{qfA_2}, I_{qfA_3}, \dots, I_{qfA_N}$ беруться $I_{fA_1}, I_{fA_2}, I_{fA_3}, \dots, I_{fA_N}$, а за $I_{qfB_1}, I_{qfB_2}, I_{qfB_3}, \dots, I_{qfB_N}$ беруться $I_{fB_1}, I_{fB_2}, I_{fB_3}, \dots, I_{fB_N}$.

За допомогою унітарних операторів \mathbf{H} , $\Phi(\varphi)$, **Controlled-Controlled NOT** квантова мережа, яких наведена на рис.1.

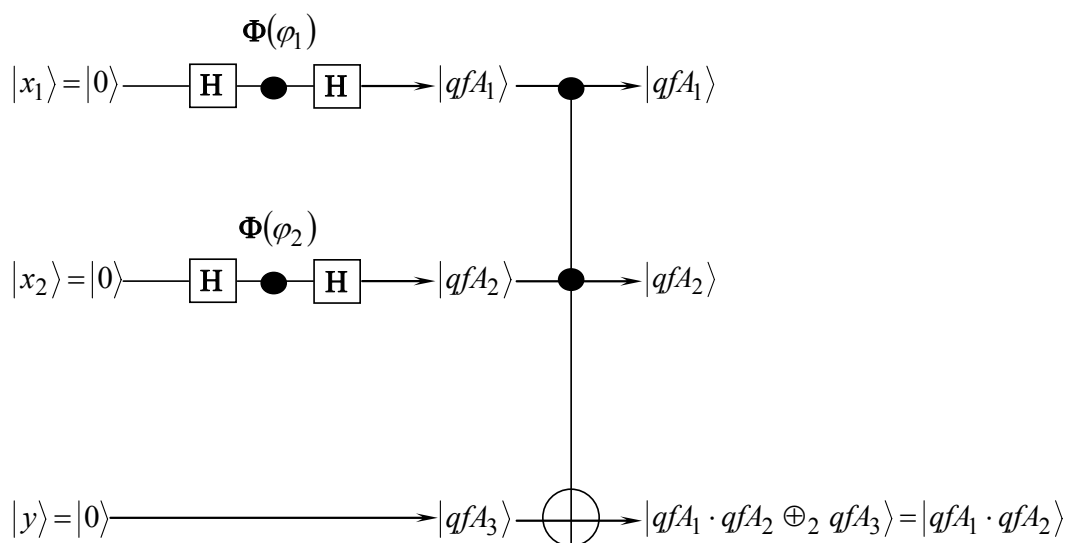


Рис.1. Графічний вигляд квантової мережі, що зображає дію мультиплікативної операції на квантові нечіткі числові операнди qfA_1 та qfA_2 .

Або унітарних операторів \mathbf{B} , $\Phi(\varphi)$, **Controlled-Controlled NOT** квантова мережа, яких наведена на рис.2, реалізується у блоках 4 та 5 $q_{II}f$ -системи (рис.3) множення квантових нечітких чисел qfA_i та qfB_i з

індикаторними функціями відповідно $I_{qfA_i}(v_j)$ та $I_{qfB_i}(v_j)$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, L}$.

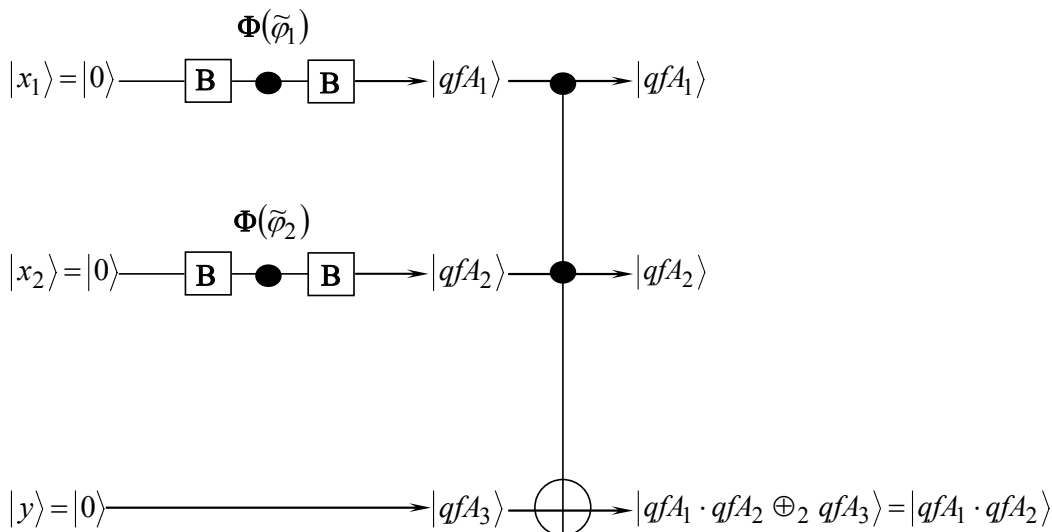


Рис.2. Графічний вигляд квантової мережі, що зображає дію множення квантових нечітких чисел qfA_1 та qfA_2

Враховуючи, що $qfC_i = qfA_i \cdot qfB_i$, $i = \overline{1, N}$ одержується індикаторна функція $I_{qfC_i}(v_j)$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, L}$.

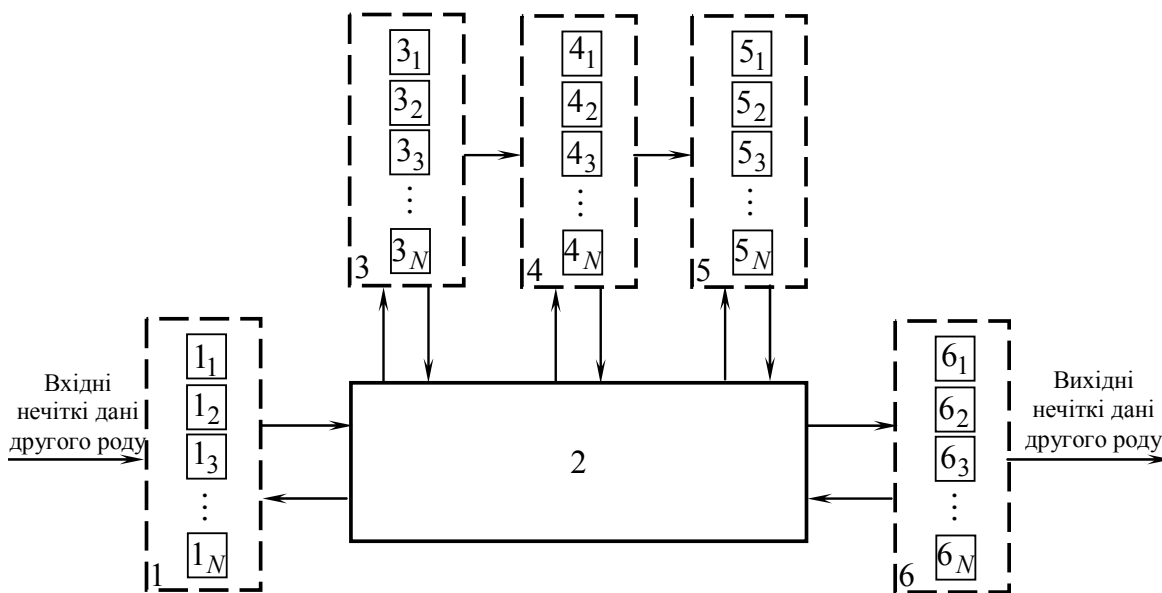


Рис.3. Загальна блок-схема, яка відображає архітектурний рівень $q_{II}f$ -систем: 1 – сукупність блоків введення нечітких даних другого роду; 2 – класичний управляючий комп'ютер; 3 – сукупність блоків ініціалізації; 4 – сукупність блоків квантових обчислень (унітарних перетворень U); 5 – сукупність блоків читання квантових нечітких даних другого роду із множини квантових регістрів; 6 – сукупність блоків виведення, які на виході блоку 6 формують вихідні нечіткі дані другого роду

Розглядаючи множину $\{I_{qfC_1}(v_j), I_{qfC_2}(v_j), I_{qfC_3}(v_j), \dots, I_{qfC_N}(v_j): j = \overline{1, L}\}$, як область значення індикаторної функції $I_{q_{II}fC}(u_i)$, $i = \overline{1, N}$ квантової нечіткої множини другого роду $q_{II}fC$, тобто $I_{qfC_1}(v_j) = I_{q_{II}fC}(u_1)$, $I_{qfC_2}(v_j) = I_{q_{II}fC}(u_2)$, $I_{qfC_3}(v_j) = I_{q_{II}fC}(u_3)$, \dots , $I_{qfC_N}(v_j) = I_{q_{II}fC}(u_N)$, $j = \overline{1, L}$.

Представляючи квантову нечітку множину другого роду $q_{II}fC$ у вигляді нечіткої множини другого роду $f_{II}C$ за допомогою рівностей $I_{q_{II}fC}(u_1) = I_{f_{II}C}(u_1)$, $I_{q_{II}fC}(u_2) = I_{f_{II}C}(u_2)$, $I_{q_{II}fC}(u_3) = I_{f_{II}C}(u_3)$, \dots , $I_{q_{II}fC}(u_N) = I_{f_{II}C}(u_N)$. Одержується на виході блоку 6 $q_{II}f$ -системи (рис.3) результат алгебраїчного перетину нечітких множин другого роду $f_{II}A$ та $f_{II}B$ з індикаторними функціями відповідно $I_{f_{II}A}(u_i)$ та $I_{f_{II}B}(u_i)$, $i = \overline{1, N}$ у вигляді нечіткої множини другого роду $f_{II}C$ з індикаторною функцією $I_{f_{II}C}(u_i)$, $i = \overline{1, N}$.

Висновки. Здійснено математичну реалізацію алгебраїчного перетину нечітких множин другого

роду за допомогою квантових нечітких множин другого роду в $q_{II}f$ -системах, що складає основу успішного проведення практичних робіт.

Література

1. Пастух О.А. Квантові нечіткі множини з комплексно значною характеристичною функцією і їх використання для квантового комп'ютера / О.А.Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2006. – Т.1. – № 2. – С.158-161.
2. Пастух О.А. Квантова нечітка випадкова подія та її маргінальна амплітуда ймовірності / О.А.Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2006. – № 5. – С.58-60.
3. Пастух О.А. Повний біунарний уноїд квантових нечітких булевих підмножин на просторі $[0; \infty)$ / О.А.Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2007. – № 1. – С.196-198.
4. Пастух О.А. Основи зв'язку між математичними формалізмами інформаційних систем, нечітких інформаційних систем та квантових інформаційних систем / О.А.Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2008. – № 3. – С.87-98.

Надійшла 17.11.2009 р.

УДК 004.272.26

Г.Г. ЦЕГЕЛИК, В.Я. ЛІСОВЕЦЬ
Львівський національний університет ім. І. Франка

ПОБУДОВА ОПТИМАЛЬНИХ СТРАТЕГІЙ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ У ПОСЛІДОВНИХ ФАЙЛАХ БАЗ ДАНИХ У ВИПАДКУ ВИКОРИСТАННЯ ОДНОГО З ВАРІАНТІВ МЕТОДУ М-ПАРАЛЕЛЬНОГО БЛОЧНОГО ПОШУКУ

Будуються оптимальні стратегії пошук записів з використанням одного з варіантів методу m-паралельного блочного пошуку в послідовних упорядкованих файлах баз даних, які зберігаються в зовнішній пам'яті багатопроцесорної ЕОМ, для таких законів розподілу ймовірностей звертання до записів, як: рівномірний, „бінарний”, Зіпфа та узагальнений, частковим випадком якого є розподіл, що наближено задовольняє правило „80 – 20”. За критерії оптимальності взято математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі.

The optimal search strategies are built with using the variant of the method of m-parallel block search in ordered files of database for probability distribution of record request frequency as: discrete uniform, binomial, Zipf and generalized the partial occasion of witch is the probability distribution approximately satisfying the rule „80 – 20”. The mathematical expectation of total time needed for search of a record in file is taken as a criterion of optimality.

Ключові слова: стратегія пошуку, критерії оптимальності.

Вступ. Завдяки високій надійності та продуктивності багатопроцесорні ЕОМ широко використовуються для підтримки й організації великих баз даних (БД). При розв'язуванні різноманітних задач із використанням БД основний акцент переноситься з процедур обробки інформації на процедури організації збереження та пошуку інформації в них. Тому продуктивність обчислювальних систем, орієнтованих на роботу з великими БД, у значній мірі визначається ефективністю методів паралельного пошуку інформації в БД.

Дослідження ефективності методів пошуку інформації в базах даних є досить складною задачею. Зазвичай, за критерій ефективності береться середня кількість порівнянь, необхідних для пошуку запису. На практиці це теоретичне середнє досить часто відрізняється від реальної середньої кількості порівнянь. Насамперед це пов'язано з тим, що ймовірності звертання до записів у файлах баз даних підпорядковані нерівномірним законам розподілу: одні записи шукаються досить часто, інші дуже рідко. В даній роботі припускаємо, що ми можемо визначити закон розподілу, за яким розподілені записи. Це ми можемо зробити, наприклад, маючи статистичну інформацію конкретної бази даних.

В роботах [1-5] проведено аналіз методів m-паралельного послідовного перегляду та двох варіантів методу m-паралельного блочного пошуку записів для різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів, де за критерій ефективності взято математичне сподівання кількості паралельних порівнянь, необхідних для пошуку запису у файлі. Зауважимо, що побудова оптимальних стратегій пошуку інформації в послідовних файлах у випадку використання методів послідовного перегляду і блочного пошуку записів для однопроцесорних ЕОМ та різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів, розглянуті в [6]. А в [4] побудовано оптимальні стратегії пошуку записів в послідовних файлах, які зберігаються у зовнішній пам'яті багатопроцесорної ЕОМ, використовуючи метод m-паралельного послідовного перегляду.

В даній роботі, використовуючи один з варіантів методу m-паралельного блочного пошуку записів [5], побудуємо оптимальні стратегії пошуку записів в файлах, які зберігаються у зовнішній пам'яті багатопроцесорної ЕОМ.

Побудову оптимальних стратегій пошуку проведемо для рівномірного закону розподілу

ймовірностей звертання до записів і таких законів нерівномірного розподілу ймовірностей, як [1-5, 7-9]:

- „бінарний” розподіл,
- закон Зіпфа,
- узагальнений закон розподілу.

Побудова математичних моделей і виведення співвідношень для знаходження оптимальних параметрів. Нехай послідовний упорядкований файл, який містить N записів, знаходиться в зовнішній пам'яті багатопроцесорної ЕОМ, до складу якої входять m процесорів, що працюють паралельно і мають спільне поле пам'яті. Припустимо, що файл умовно розбитий на n блоків по m^2s записів в кожному, а кожний блок – на m підблоків по ms записів в кожному ($N = nm^2s$), і пошук потрібного запису відбувається так. Спочатку локалізуємо блок шляхом читання в основну пам'ять m записів, взятих по одному останньому запису з кожного підблоку фіксованого блоку. Тобто для локалізації підблоку використовується варіант методу m -паралельного блочного пошуку, що описаний в [5]. Після цього в локалізованому підблочі здійснюється пошук потрібного запису, використовуючи метод m -паралельного послідовного перегляду [1, 3].

Нехай $a_0 = b_0 + d_0m$ – час читання m записів в основну пам'ять, де b_0, d_0 – деякі сталі; t_0 – час виконання операції m -паралельного послідовного перегляду записів в основній пам'яті; p_i – ймовірність звертання до i -го запису файлу; E_t – математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі. Подамо E_t у вигляді суми математичного сподівання часу, необхідного для локалізації підблоку, часу, необхідного для читання підблоку в основну пам'ять і математичного сподівання часу, необхідного для пошуку запису в локалізованому блоці. Тоді E_t виразиться формулою

$$E_t = \sum_{k=1}^n (a_0 + t_0) k \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m p_{(k-1)m^2s - (l-1)ms + (i-1)m + j} + a_0ms + \\ + \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m i t_0 p_{(k-1)m^2s - (l-1)ms + (i-1)m + j},$$

або

$$E_t = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m [(a_0 + t_0)k + i t_0] p_{(k-1)m^2s - (l-1)ms + (i-1)m + j} + a_0ms.$$

Знайдемо явний вираз для E_t для різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів і визначимо значення параметрів n і s , за яких математичне сподівання досягає мінімуму. Для цього подамо E_t у вигляді

$$E_t = (a_0 + t_0)E_2 + t_0E_1 + a_0ms,$$

де

$$E_1 = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m i p_{(k-1)m^2s - (l-1)ms + (i-1)m + j}, \\ E_2 = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^m k p_{(k-1)m^2s - (l-1)ms + (i-1)m + j}.$$

1. Нехай розподіл ймовірностей звертання до записів є рівномірним, тобто

$$p_i = \frac{1}{N}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Тоді

$$E_1 = \frac{1}{2}(s+1), \quad E_2 = \frac{1}{2}(n+1)$$

і

$$E_t = \frac{1}{2}[(n+1)(a_0 + t_0) + (s+1)t_0] + a_0sm,$$

або

$$E_t = \frac{1}{2}[(n+1)(b_0 + d_0m + t_0) + (s+1)t_0] + (b_0 + d_0m)sm.$$

Якщо врахувати, що $N = nm^2s$, то

$$E_t = \frac{1}{2} \left[(n+1)(b_0 + t_0 + d_0m) + \left(\frac{N}{nm^2} + 1 \right) t_0 \right] + (b_0 + d_0m) \frac{N}{nm}.$$

Знайдемо оптимальне значення параметра n , тобто значення, за яких E_t досягає мінімуму. Оскільки

$$\frac{dE_t}{dn} = \frac{1}{2} \left(b_0 + t_0 + d_0 m - \frac{N}{n^2 m^2} \right) - (b_0 + d_0 m) \frac{N}{n^2 m^2},$$

то із співвідношення $\frac{dE_t}{dn} = 0$ отримаємо

$$n = \frac{1}{m} \left(N \frac{t_0 + 2m(b_0 + d_0 m)}{b_0 + t_0 + d_0 m} + 1 \right)^{1/2}.$$

Тоді оптимальне значення параметра s матиме такий вигляд

$$s = \frac{1}{m} \left(N \frac{b_0 + t_0 + d_0 m}{t_0 + 2m(b_0 + d_0 m)} + 1 \right)^{1/2}.$$

Отже, за відомої кількості процесорів m та отриманих співвідношень для визначення оптимальних значень параметрів n та s , можемо розбити файл із записами на оптимальну кількість блоків (n), так щоб значення математичного сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі, було мінімальним.

2. Якщо ймовірності звертання до записів задовольняють „бінарний” розподіл, тобто

$$p_i = \frac{1}{2^i}, \quad i = 1, 2, \dots, N-1, \quad p_N = \frac{1}{2^{N-1}},$$

то аналогічно як в [6]

$$E_1 = \frac{s}{2^N} + \left(\frac{2^m}{2^m - 1} - \frac{s}{2^{ms} - 1} \right) (1 - 2^{-N}), \quad E_2 = \frac{2^{m^2 s}}{2^{m^2 s} - 1} (1 - 2^{-N}).$$

Нехтуючи нескінченно малою величиною 2^{-N} , з достатньо високою точністю одержуємо

$$E_t = a_0 s m + \frac{2^{m^2 s}}{2^{m^2 s} - 1} (a_0 + t_0) + \left(\frac{2^m}{2^m - 1} - \frac{s}{2^{ms} - 1} \right) t_0,$$

або

$$E_t = (b_0 + d_0 m) s m + \frac{2^{m^2 s}}{2^{m^2 s} - 1} (b_0 + d_0 m + t_0) + \left(\frac{2^m}{2^m - 1} - \frac{s}{2^{ms} - 1} \right) t_0.$$

Оскільки

$$\frac{dE_t}{ds} = (b_0 + d_0 m) m - \frac{2^{m^2 s} m^2 \ln 2}{(2^{m^2 s} - 1)^2} (b_0 + d_0 m + t_0) + \frac{2^{ms} (ms \ln 2 - 1) + 1}{(2^{ms} - 1)^2} t_0,$$

то для знаходження s , за якого E_t досягає мінімуму, одержуємо рівняння

$$\frac{2^{ms} (ms \ln 2 - 1) + 1}{(2^{ms} - 1)^2} \frac{t_0}{d_0} = \left(\frac{b_0}{d_0} + m \right) m + \frac{2^{m^2 s} m^2 \ln 2}{(2^{m^2 s} - 1)^2} \left(\frac{b_0 + t_0}{d_0} + m \right).$$

3. Припустимо, що розподіл ймовірностей звертання до записів задовольняє закон Зіпфа, тобто

$$p_i = \frac{1}{i H_N}, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

де $H_N = \sum_{k=1}^N \frac{1}{k}$ – частинна сума гармонічного ряду. Тоді, аналогічно як в [6], одержуємо

$$E_1 = \frac{1}{H_N} (H_N + s \cdot S_{ms}(mn) - S_m(mns)), \quad E_2 = \frac{1}{H_N} ((n+1)H_N - S_{m^2 s}(n)),$$

де

$$S_{ms}(nm) = \sum_{k=1}^{nm} H_{kms}, \quad S_{m^2 s}(n) = \sum_{k=1}^n H_{km^2 s}, \quad S_m(nms) = \sum_{k=1}^{nms} H_{km}.$$

Тоді

$$E_t = a_0 m s + \frac{1}{H_N} \left[((n+1)H_N - S_{m^2 s}(n))(a_0 + t_0) + (H_N + s \cdot S_{ms}(mn) - S_m(mns)) t_0 \right].$$

Використовуючи апроксимацію сум $S_{ms}(nm)$, $S_{m^2 s}(n)$ і $S_m(nms)$ відповідно виразами [9]

$$\begin{aligned}\bar{S}_{ms}(nm) &= nm(H_N - 1) + \frac{1}{2} \ln(nm) + C_1, \\ \bar{S}_{m^2s}(n) &= n(H_N - 1) + \frac{1}{2} \ln n + C_1, \\ \bar{S}_m(nms) &= nms(H_N - 1) + \frac{1}{2} \ln(nms) + C_1,\end{aligned}$$

де $C_1 = 0.5 \ln 2\pi$, із достатньо високою точністю можемо прийняти

$$\begin{aligned}E_t &= a_0ms + \frac{1}{H_N} \left\{ \left(H_N + n - \frac{1}{2} \ln n - C_1 \right) (a_0 + t_0) + \right. \\ &\quad \left. + \left[H_N + (s-1) \left(\frac{1}{2} \ln nm + C_1 \right) - \frac{1}{2} \ln s \right] t_0 \right\},\end{aligned}$$

або

$$\begin{aligned}E_t &= (b_0 + d_0m) \frac{N}{mn} + \frac{1}{H_N} \left\{ \left(H_N + n - \frac{1}{2} \ln n - C_1 \right) (b_0 + t_0 + d_0m) + \right. \\ &\quad \left. + \left[H_N + \left(\frac{N}{m^2n} - 1 \right) \left(\frac{1}{2} \ln nm + C_1 \right) - \frac{1}{2} \ln \frac{N}{m^2n} \right] t_0 \right\}.\end{aligned}$$

Оскільки

$$\begin{aligned}\frac{dE_t}{dn} &= (b_0 + d_0m) \left(-\frac{N}{mn^2} \right) + \frac{1}{H_N} \left\{ \left(1 - \frac{1}{2n} \right) (b_0 + t_0 + d_0m) + \right. \\ &\quad \left. + \left[-\frac{N}{m^2n^2} \left(\frac{1}{2} \ln nm + C_1 \right) + \left(\frac{N}{m^2n} - 1 \right) \frac{1}{2n} + \frac{1}{2n} \right] t_0 \right\},\end{aligned}$$

то для знаходження значення параметра n , за якого E_t досягає найменшого значення, одержуємо рівняння

$$(2n-1)nm^2 \left(\frac{b_0 + t_0}{d_0} + m \right) = N \left[(\ln nm + 2C_1 - 1) \frac{t_0}{d_0} + 2NH_N m \left(\frac{b_0}{d_0} + m \right) \right].$$

4. Нехай імовірності звертання до записів задовольняють узагальнений закон розподілу, тобто

$$p_i = \frac{1}{i^c H_N^{(c)}}, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

де c ($0 < c < 1$) – будь-який параметр, $H_N^{(c)} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{k^c}$ – частинна сума узагальненого гармонічного ряду.

Тоді, аналогічно як в [6], одержуємо

$$E_1 = \frac{1}{H_N^{(c)}} \left(H_N^{(c)} + s \cdot S_{ms}^{(c)}(mn) - S_m^{(c)}(mns) \right), \quad E_2 = \frac{1}{H_N^{(c)}} \left((n+1)H_N^{(c)} - S_{m^2s}^{(c)}(n) \right),$$

де

$$S_{ms}^{(c)}(nm) = \sum_{k=1}^{nm} H_{kms}^{(c)}, \quad S_{m^2s}^{(c)}(n) = \sum_{k=1}^n H_{km^2s}^{(c)}, \quad S_m^{(c)}(nms) = \sum_{k=1}^{nms} H_{km}^{(c)}.$$

Тоді

$$E_t = a_0s + \frac{1}{H_N^{(c)}} \left\{ \left[(n+1)H_N^{(c)} - S_{m^2s}^{(c)}(n) \right] (a_0 + t_0) + \left[H_N^{(c)} + s \cdot S_{ms}^{(c)}(mn) - S_m^{(c)}(mns) \right] t_0 \right\}.$$

Використовуючи апроксимацію $S_{ms}^{(c)}(nm)$, $S_{m^2s}^{(c)}(n)$ і $S_m^{(c)}(nms)$ відповідно виразами [9]

$$\begin{aligned}\bar{S}_{ms}^{(c)}(nm) &= nmH_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} nm + \frac{\alpha^{(c)}(nm)}{(nm)^{1-c}} \right), \\ \bar{S}_{m^2s}^{(c)}(n) &= nH_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} n + \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} \right),\end{aligned}$$

$$\bar{S}_m^{(c)}(nms) = nmsH_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} nms + \frac{\alpha^{(c)}(nms)}{(nms)^{1-c}} \right),$$

де

$$\alpha^{(c)}(n) = H_n^{(c-1)} - \frac{1}{2-c} n^{2-c},$$

$$\alpha^{(c)}(nm) = H_{nm}^{(c-1)} - \frac{1}{2-c} (nm)^{2-c},$$

$$\alpha^{(c)}(nms) = H_{nms}^{(c-1)} - \frac{1}{2-c} (nms)^{2-c}$$

повільно зростаючі функції, із достатньо високою точністю одержуємо

$$E_t = a_0ms + \frac{1}{H_N^{(c)}} \left\{ \left[H_N^{(c)} - \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} n + \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} \right) \right] (a_0 + t_0) + \left[H_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(s \frac{\alpha^{(c)}(mn)}{(mn)^{1-c}} - \frac{\alpha^{(c)}(mns)}{(mns)^{1-c}} \right) \right] t_0 \right\},$$

або

$$E_t = (b_0 + d_0m) \frac{N}{mn} + \frac{1}{H_N^{(c)}} \left\{ \left[H_N^{(c)} - \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} n + \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} \right) \right] (b_0 + t_0 + d_0m) + \left[H_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{N}{m} \cdot \frac{\alpha^{(c)}(mn)}{(mn)^{2-c}} - \frac{\alpha^{(c)}(N/m)}{(N/m)^{1-c}} \right) \right] t_0 \right\}.$$

Візьмемо похідну від функції E_t по n , замінюючи $\frac{d\alpha^{(c)}(n)}{dn}$ і $\frac{d\alpha^{(c)}(mn)}{dn}$ відповідно різницями $\alpha^{(c)}(n+1) - \alpha^{(c)}(n)$ і $\alpha^{(c)}(mn+1) - \alpha^{(c)}(mn)$. Одержимо

$$\begin{aligned} \frac{dE_t}{dn} \approx & -\frac{N}{mn^2} (b_0 + d_0m) + \\ & + \frac{1}{H_N^{(c)}} \left[-\frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} + \frac{n\alpha^{(c)}(n+1) - (n+1-c)\alpha^{(c)}(n)}{n^{2-c}} \right) (b_0 + t_0 + d_0m) + \right. \\ & \left. + \frac{N^{2-c}}{1-c} \frac{n\alpha^{(c)}(mn+1) - (n+2-c)\alpha^{(c)}(mn)}{(mn)^{3-c}} t_0 \right]. \end{aligned}$$

Для наближеного обчислення значення параметра n , за якого E_t досягає мінімуму, одержуємо рівняння

$$\begin{aligned} & \left\{ n^{3-c} - \frac{2-c}{1-c} n \left[n\alpha^{(c)}(n+1) - (n+1-c)\alpha^{(c)}(n) \right] \right\} \left(\frac{b_0 + t_0}{d_0} + m \right) + \\ & (2-c) \frac{N^c}{m} n^{1-c} H_N^{(c)} \left(\frac{b_0}{d_0} + m \right) = \frac{2-c}{1-c} \frac{N}{m^{3-c}} \left[n\alpha^{(c)}(mn+1) - (n+2-c)\alpha^{(c)}(mn) \right] \frac{t_0}{d_0}. \end{aligned}$$

Оскільки на практиці в більшості випадків визначити значення сталих b_0 , d_0 та t_0 є досить складно, та й значення цих сталих досить сильно змінюється для різних обчислювальних машин, то в подальших обчисленнях будемо припускати, що нам відомі значення відношень b_0/d_0 та t_0/d_0 , які є достатньо близькими для різних обчислювальних машин. Тому для практичних обчислень дослідження функції E_t ми замінимо на дослідження функції E_t/d_0 , яка у випадку розглянутого підходу до побудови оптимальних стратегій матиме такий вигляд:

- рівномірний розподіл

$$\frac{E_t}{d_0} = \frac{1}{2} \left[(n+1) \left(\frac{b_0 + t_0}{d_0} + m \right) + \left(\frac{N}{nm^2} + 1 \right) \frac{t_0}{d_0} \right] + \left(\frac{b_0}{d_0} + m \right) \frac{N}{nm};$$

- „бінарний” розподіл

$$\frac{E_t}{d_0} = \left(\frac{b_0}{d_0} + m\right) sm + \frac{2^{m^2 s}}{2^{m^2 s} - 1} \left(\frac{b_0 + t_0}{d_0} + m\right) + \left(\frac{2^m}{2^m - 1} - \frac{s}{2^{ms} - 1}\right) \frac{t_0}{d_0};$$

- закон Зіпфа

$$\frac{E_t}{d_0} = \left(\frac{b_0}{d_0} + m\right) \frac{N}{mn} + \frac{1}{H_N} \left\{ \left(H_N + n - \frac{1}{2} \ln n - C_1 \right) \left(\frac{b_0 + t_0}{d_0} + m \right) + \left[H_N + \left(\frac{N}{m^2 n} - 1 \right) \left(\frac{1}{2} \ln nm + C_1 \right) - \frac{1}{2} \ln \frac{N}{m^2 n} \right] \frac{t_0}{d_0} \right\};$$

- узагальнений закон розподілу

$$E_t = \left(\frac{b_0}{d_0} + m\right) \frac{N}{mn} + \frac{1}{H_N^{(c)}} \left\{ \left[H_N^{(c)} - \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{c-1}{2-c} n + \frac{\alpha^{(c)}(n)}{n^{1-c}} \right) \right] \left(\frac{b_0 + t_0}{d_0} + m \right) + \left[H_N^{(c)} + \frac{N^{1-c}}{1-c} \left(\frac{N}{m} \cdot \frac{\alpha^{(c)}(mn)}{(mn)^{2-c}} - \frac{\alpha^{(c)}(N/m)}{(N/m)^{1-c}} \right) \right] \frac{t_0}{d_0} \right\}.$$

Оптимальні значення параметра n , за яких функції E_t/d_0 досягає мінімуму, і значення функції E_t/d_0 при знайдених оптимальних n для $N = 10^6$, $b_0/d_0 = 100$, $t_0/d_0 = 0.003$, деяких m і різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів приведені відповідно в табл. 1 і табл. 2.

Таблиця 1

Оптимальні значення параметра n для різних законів розподілу ймовірностей та різної кількості процесорів

m	Рівномірний	Узагальнений				Зіпфа	„Бінарний”
		c=0.2	c=0.4	c=0.6	c=0.8		
1	1414	1500	1633	1868	2380	3794	1 000 000
2	1000	1061	1155	1321	1683	2683	500 000
4	707	750	816	934	1190	1897	250 000
5	632	671	730	835	1064	1697	200 000
10	447	474	516	591	753	1200	100 000
20	316	335	365	418	532	849	50 000
40	224	237	258	295	376	600	25 000
50	200	212	231	264	337	537	20 000
100	141	150	163	187	238	380	10 000

Таблиця 2

Оптимальні значення функції E_t/d_0 для різних законів розподілу ймовірностей звертання до записів та різної кількості процесорів

m	Рівномірний	Узагальнений				Зіпфа	„Бінарний”
		c=0.2	c=0.4	c=0.6	c=0.8		
1	142 889	134 721	123 763	108 196	84 934	53 312	336
2	102 053	96 220	88 395	77 279	60 669	38 091	510
4	73 592	69 387	63 745	55 731	43 758	27 483	936
5	66 461	62 664	57 570	50 333	39 521	24 827	1 155
10	49 249	46 436	42 663	37 302	29 295	18 414	2 310
20	38 008	35 838	32 927	28 793	22 618	14 230	4 920
40	31 375	29 585	27 184	23 775	18 684	11 780	11 340
50	30 075	28 360	26 059	22 792	17 915	11 291	15 150
100	28 385	26 767	24 599	21 520	16 926	10 690	40 200

На рис. 1. показана залежність функції E_t/d_0 від закону розподілу ймовірностей звертання до записів та кількості процесорів при знайдених оптимальних n у випадку $N=10^6$, $b_0/d_0 = 100$ та $t_0/d_0 = 0.003$. Як бачимо з рисунку, функція E_t/d_0 досить суттєво залежить як від закону розподілу, так і від кількості процесорів. Отже, математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі, E_t суттєво залежить і від закону розподілу ймовірностей звертання до записів, і від кількості процесорів.

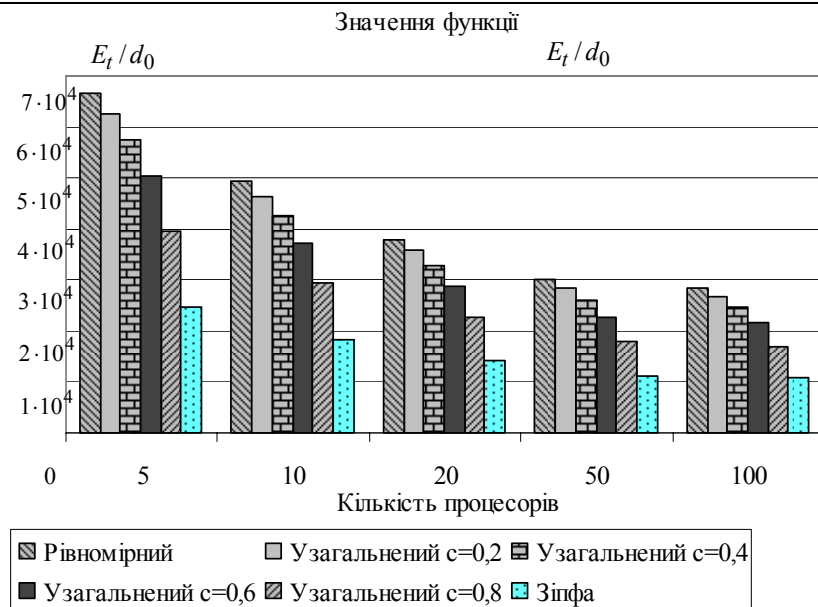


Рис. 1. Залежність функції E_t/d_0 від закону розподілу ймовірностей звертання до записів та різної кількості процесорів при знайдених оптимальних n у випадку $N=10^6$, $b_0/d_0 = 100$ та $t_0/d_0=0.003$

Висновки

Розглянуто використання одного з варіантів методу m -паралельного блочного пошуку для пошуку записів у послідовних упорядкованих файлах баз даних. Побудовано оптимальні стратегії пошуку записів з використанням методу m -паралельного блочного пошуку в послідовних файлах, які зберігаються у зовнішній пам'яті багатопроцесорної ЕОМ, для таких законів розподілу ймовірностей звертання до записів, як: рівномірний, „бінарний”, Зіпфа та узагальнений, частковим випадком якого є розподіл, що наближено задовольняє правило „80 – 20”. За критерій оптимальності взято математичне сподівання загального часу, необхідного для пошуку запису у файлі.

На основі одержаних даних приходимо до висновку, що оптимальні стратегії пошуку записів з використанням розглянутого варіанту методу m -паралельного блочного пошуку досить суттєво залежать як від закону розподілу ймовірностей звертання до записів, так і від кількості процесорів.

Література

- Лісовець В. Я., Цегелик Г. Г. Метод m -паралельного послідовного перегляду записів та його використання для пошуку інформації у послідовних файлах баз даних // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2007. – Вип. 5. – С.109-119.
- Лісовець В. Я., Цегелик Г. Г. Метод m -паралельного блочного пошуку записів у файлах баз даних та його ефективність // Відбір та обробка інформації. – 2007. – Вип. 27(103). – С. 87-92
- Лісовець В., Цегелик Г. Метод m -паралельного послідовного пошуку записів у файлах баз даних і його ефективність // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. – 2006. – Вип. 13. – С. 177-186.
- Volodymyr Lisovets, Hryhoriy Tsehelyk. Modeling and optimization of parallel information searching in files // International journal of computing. – 2009. – Volume 8, Issue 2. – P. 24-30.
- Лісовець В. Я., Цегелик Г. Г. Один з варіантів методу m -паралельного блочного пошуку записів і його ефективність // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2008. – Вип. 7. – С. 103-111.
- Цегелик Г.Г. Системы распределенных баз данных. – Львов: Світ, 1990, – 168 с.
- Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3: Сортировка и поиск. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2000. – 832 с.
- Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. – М: Мир, 1980. – 644 с.
- Цегелик Г. Г. Организация и поиск информации в базах данных. – Львов: Вища шк., 1987. – 176 с.

Надійшла 6.11.2009 р.

ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: УНИВЕРСАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

В работе приведены новые определения понятий образцовая физическая величина, операция сравнения, прямые и избыточные измерения, коэффициент связи и другие. Впервые получено и описано универсальное уравнение измерений и его разные формы записи, в том числе и для измерений I-го, II-го и III-го родов. Обращено внимание ученых на необходимость решения одной из важнейших проблем метрологии, – проблемы работы с метрологическими числами.

In paper new definitions of concepts exemplary physical quantities, comparison operation, direct and redundant measurements, coupling coefficient and others are resulted. For the first time the universal equation of measurements and its different forms of record, including for measurements of I-th, II-nd and III-rd sorts is received and described. The attention of scientists to necessity of the decision of one of the major problems of metrology, – problems of work with metrological numbers is paid.

Ключевые слова: физическая величина, измерение.

Введение

В 2001 году нами была предложена новая стратегия измерений [1], обеспечивающая получение результата измерений, инвариантного к воздействиям внешних дестабилизирующих факторов. Она была представлена в виде физической теории избыточных измерений (ТИИ) независимых и зависимых свойств, приращений свойств, зависимостей и характеристик [2-9]. Главной ее особенностью является измерение не одной физической величины (ФВ), а нескольких рядов ФВ искусственно сформированных из искомой и нормированной по значению, размеры которых подчинены определенным закономерностям. Такой подход обеспечил автоматическое исключение систематических составляющих погрешности результата избыточных измерений (ИИ) измерений при нелинейных и нестабильных функциях преобразования (ФП) измерительного канала (ИК), при сохранении высокой чувствительности используемых первичных измерительных преобразователей (сенсоров или биосенсоров). Проведение многократных измерений ФВ и статистической обработки полученных результатов обеспечивает существенное уменьшение и неопределенности конечного результата ИИ.

На сегодняшний день доказана фундаментальность физической ТИИ величин разной физической природы. Показано, что ТИИ отвечает основным требованиям фундаментальности физических теорий, приведенным в [10].

Настоящая статья является первой из серии статей, посвященных методам избыточных измерений физических величин и основным операциям измерений. В настоящей статье основное внимание уделено описанию универсального уравнения измерений. В то же время приводятся определения понятиям «измерение», «образцовая физическая величина» и «результат измерений» с общих позиций измерения величин разной физической природы.

Объект и предмет исследований

Объектом исследований являются прямые и избыточные измерения величин разной физической природы.

Предметом исследований являются уравнения прямых и избыточных измерений при нелинейной и нестабильной ФП ИК.

Постановка задачи (цель статьи)

Целью настоящей статьи является ознакомление ученых и специалистов в области метрологии и измери-

тельной техники с основой любых измерений – универсальным уравнением измерений и его частными видами, описывающими частные законы теории измерений.

Полученные результаты

1. Измерение и образцовая физическая величина установленного размера

Согласно рекомендациям РМГ 29-99 [11], измерение ФВ – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу ФВ, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с её единицей и получение значения этой величины.

В данном определении понятие «измерение», как «совокупность операций по применению технического средства» не представлено через операции измерения. А так называемый гносеологический аспект¹, – «получение значения этой² величины» [11], не раскрывает сам процесс получения конечного результата и форму его представления. Без указания операций получения конечного результата измерений не корректно говорить об измерении, как о завершённом процессе получения количественной определенности свойства, причем в виде, удобном для восприятия. Кроме того, в определении [11]

¹ см. п. 5.1 РМГ 29-99.

² измеряемой (прим. автора)

отсутствует упоминание о первичных операциях процесса измерения – о восприятии и измерительном преобразовании ФВ.

В определении [11] не отражена и общая сущность измерений величин разной физической природы – как электрических, так и неэлектрических.

При измерении неэлектрических величин, например, состава и свойств веществ и материалов, используется операция сравнения с ФВ фиксированного размера, воспроизводимыми представляемыми стандартными образцами состава и свойств веществ и материалов, которые сами по себе не являются техническими средствами, а тем более мерой.

Стандартные образцы – вещества или материалы с достаточно точно известными и официально аттестованными значениями величин, характеризующих их химический состав (содержание элементов, соединений и пр.), свойства (термодинамические, оптические и др.) или некоторые физико-химические или технические параметры [12].

Под стандартными образцами принято понимать образцы веществ или материалов, химический состав или физические свойства которых типичны для данной группы веществ (материалов), определены с необходимой точностью, отличаются высоким постоянством и удостоверены сертификатом [13].

В сертификатах на тот или иной стандартный образец обязательно указывается срок годности, поскольку практически все вещества и материалы со временем изменяют свои свойства вследствие воздействия окружающей среды. От этого зависит достоверность результатов измерений.

В приведенных определениях понятия «стандартный образец» не говорится об обязательном единичном значении физических свойств веществ и материалов и их состава.

Исследования методов избыточных измерений показало, что от выбора размера ФВ, воспроизводимой мерой, зависит и точность измерений.

В определении «измерение ФВ» вместо понятия «единица ФВ, которой условно присвоено числовое значение, равное 1», предлагается использовать понятие «образцовая ФВ установленного размера» или «нормированная по значению ФВ» без указания ее числового значения. В общем случае измерения электрических и неэлектрических величин используемая образцовая ФВ может быть любого, а не только единичного значения.

Определение 1

Образцовая ФВ – это ФВ установленного размера, воспроизводимая мерой или стандартным образцом исследуемого вещества или материала с заданной точностью, в пределах диапазона измеряемых значений ФВ и применяемая для количественного выражения однородных ФВ одной группы веществ или материалов.

Определение 2

Нормированная по значению ФВ – образцовая ФВ установленного размера, воспроизводимого с заданной точностью и стабильностью в пределах диапазона измеряемых значений ФВ, и применяемая для сравнения с однородной ФВ неизвестного размера.

Для получения образцовых ФВ заданного размера (т.е. количественно и качественно определенного свойства) используются разные методы воспроизведения ФВ.

Определение

Метод воспроизведения свойства – это совокупность приемов использования физических явлений и эффектов с целью получения с заданной точностью выходного количественно и качественно определенного свойства (или информативного параметра сигнала определенного вида) из входного той же или иной физической природы.

Восприятие и измерительное преобразование образцовой ФВ, воспроизведенной (однозначной или многозначной) мерой или стандартным образцом, – это создание физического (или виртуального) образа³ нормированной по значению ФВ, который в физическом (или в виртуальном) пространстве используется для сравнения с образами других ФВ (– установленными рядами ФВ) через равенства или соотношения.

В связи с изложенным, приведем несколько новых обобщенных определений понятия «измерение ФВ».

Определение (прямые измерения)

Измерение ФВ – совокупность операций восприятия и измерительного преобразования или не преобразования⁴ искомой ФВ и образцовой ФВ установленного размера, воспроизводимой мерой или стандартным образцом исследуемого вещества или материала, нахождения соотношения (в явном или неявном виде) их размеров в соответствии с уравнением измерений, получения и отображения числового значения, характеризующего отношение значений указанных величин, в виде соответствующей числовой метки на оцифрованной шкале, а числового значения, характеризующего непосредственно искомую величину, – в цифровом виде, удобном для запоминания, отображения, восприятия и передачи на расстояние.

При отображении результата измерений на оцифрованной шкале, цена делений последней определяется размером образцовой ФВ X_0 , воспроизводимой мерой или стандартным образцом. В случае отображения результата измерений в цифровом (не шкальном) виде, результат измерений получают равным

³ В виде кода числа, представляющего результат преобразования

⁴ Имеет место при непосредственном сравнении ФВ

увеличенному в $\{x_0\}$ раз коэффициенту связи (пропорциональности, масштабирования) значений сравниваемых ФВ. Он отображается, например, на экране жидкокристаллического дисплея десятичным числом, диаграммой, графиком или их комбинацией.

Определение 1 (избыточные измерения ФВ)

Избыточное измерение ФВ – совокупность операций восприятия и измерительного преобразования нескольких рядов закономерно связанных между собой ФВ, включающих в себя (непосредственно или опосредованно) искомую ФВ и образцовую (одну или несколько) ФВ установленного размера, опосредованного нахождения соотношения значений искомой и образцовой ФВ и получения действительного значения искомой ФВ⁵ в соответствие с выбранным уравнением (и методом) избыточных измерений в виде, удобном для запоминания, обработки, отображения и передачи на расстояние.

Определение 2 (интеллектуальные измерения свойств и параметров уравнения состояния⁶ ИС «ОИ – СИИ»)

Интеллектуальные измерения свойств и параметров уравнения состояния измерительной системы «ОИ – СИИ» – закономерная совокупность и последовательность операций воспроизведения и измерительного преобразования нескольких связанных между собой рядов ФВ, включающих в себя (непосредственно или опосредованно) искомую и образцовую (одну или несколько) ФВ, воспроизводимую мерой или стандартным образцом исследуемого (свойства) вещества или материала, опосредованного нахождения соотношения значений искомой и образцовой ФВ установленного размера и получения действительных значений свойств и параметров в соответствие с выбранными методами и выведенными уравнениями избыточных измерений в виде, удобном для запоминания, обработки, отображения, структурирования (с целью получения новых знаний) и передачи на расстояние.

Определение 3 (системное, обобщенное)

ИИ ФВ и параметров функции состояния ИС – конечная совокупность операций восприятия, линейного или нелинейного измерительного преобразования одного или нескольких рядов однородных ФВ, сформированных по определенным правилам из искомой ФВ неизвестного размера и воспроизведенной образцовой ФВ одного или двух (реже трех и более) заданных размеров, нахождения соотношения между размерами измеряемой и образцовой ФВ в неявном (виртуальном) виде и получения действительного значения искомой ФВ и/или функционально измененного ее значения, а также действительных значений параметров функции состояния ИС в форме, удобной для дальнейшего использования.

Определение 4 (системное)

ИИ – совокупность операций восприятия и измерительного преобразования рядов однородных ФВ, включающих в себя в явном виде одну или несколько образцовых ФВ заданных размеров и в явном или неявном виде искомую ФВ, сравнения и нахождения соотношения между измеряемыми и образцовой ФВ в неявном (виртуальном) виде и представления значения искомой ФВ и значения параметров функции состояния ИС в форме, удобной для использования (с учетом выбранного способа отображения информации и используемого интеллектуального интерфейса, базы знаний или экспертной системы).

Определение 5 (обобщенное для всех методов измерений)

Измерение свойств и параметров состояния ИС «ОИ – СИИ» – совокупность операций восприятия и измерительного преобразования одной или конечного числа ФВ, закономерно связанных между собой, включающих в себя (в явном или неявном виде) искомую ФВ и образцовую ФВ одного или нескольких фиксированных размеров, воспроизводимую мерой или стандартным образцом исследуемого (свойства) вещества или материала, непосредственного или опосредованного нахождения соотношения значений искомой и образцовой ФВ в соответствие с выбранным методом и уравнениями измерений и представления полученных данных (числовых значений) в виде, удобном для запоминания, обработки, отображения, структурирования (с целью получения новых знаний) и передачи на расстояние.

Следует отметить, что данные результата сравнения, представляющие собой отношение значений искомой и образцовой ФВ, отображаются посредством числовых меток на оцифрованной шкале, а данные, представляющие собой значение коэффициента связи образцовой ФВ с искомой, увеличенное в $\{x_0\}$ раз, отображаются в цифровом (не шкальном) виде, как и данные (при избыточных измерениях), представляющие собой увеличенное в $\{x_0\}$ раз отношение двух результатов обработки функционально связанных между собой результатов промежуточных измерений рядов ФВ.

2. Универсальное (фундаментальное) уравнение измерений и его частные случаи

Определение

Универсальное уравнение измерений – это уравнение связи между искомой ФВ и одной или несколькими рядами однородных ФВ, включающих как искомую, так и образцовую (предварительно не преобразованных, преобразованных или измеренных), характеризующее процесс сравнения искомой и образцовой ФВ, а также способ установления коэффициента связи между ними.

Универсальное уравнение измерений описывается как через ФВ, так и через их числовые значения. Последняя форма записи классически называется «уравнением числовых значений» и используется при

⁵ приведенной ко входу измерительного канала

⁶ Уравнение состояния ИС – уравнение величин, описывающее состояние ИС при конкретном значении измеряемой ФВ.

обработке результатов измерительных преобразований или измерений рядов ФВ согласно уравнению измерений.

В результате развития ТИИ установлено, что уравнения избыточных (необходимых и достаточных) измерений I-го, II-го и III-го рода представляют собой более общий вид, чем уравнения прямых (необходимых) измерений. Они описывают как операции измерительного преобразования рядов ФВ, так и операции сравнения полученных и предварительно структурированных данных.

Установлено, что универсальное уравнение измерений I-го рода формализовано может быть записано через искомую и выходные ФВ, как

$$x_i = x_0 \left[\frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_{c0} \right], \quad (1)$$

где $F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})$ – функция связи (числовых значений) величин $y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1}$, содержащее, в том числе и искомую ФВ непосредственно или в аддитивной смеси ее с однородной образцовой ФВ установленного размера (на это указывает индекс «x»); $F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})$ – функция связи (числовых значений) величин $y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2}$, содержащее в том числе и образцовую ФВ непосредственно или в аддитивной смеси ее с искомой ФВ (см. индекс «0»); y_{n0} – результат измерительного преобразования образцовой ФВ, воспроизводимой мерой или стандартным образцом; k_{c0} – дополнительный коэффициент связи (или масштабный коэффициент), характеризующий изменение размера образцовой ФВ x_0 относительно первоначального или характеризующий используемую долю размера (часть значения) ФВ x_0 . Может быть положительным или отрицательным числом.

В (1) результирующий коэффициент связи⁷

$$k_{ci} = k_{cx} - k_{c0} = \frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_{c0}, \quad (2)$$

где k_{cx} и k_{c0} – основной и дополнительный коэффициенты связи (размеров) ФВ x_i и x_0 .

Результат измерений, полученный в соответствие с (1), должно записываться с учетом стандартной, суммарной стандартной или расширенной неопределенности, присущей значению ФВ, воспроизводимой мерой или стандартным образцом. В частности, например, результат измерений может быть записан в виде неидеального универсального уравнения измерений:

$$x_i = \left(x_0 + \left\{ \begin{array}{c} +\Delta_{mp1}^A \\ -\Delta_{mp2}^A \end{array} \right\} \left[\frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_0 \right] \right) = x_0 \left[\frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_0 \right] + \left[\frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_0 \right] \cdot \left\{ \begin{array}{c} +\Delta_{mp1}^A \\ -\Delta_{mp2}^A \end{array} \right\} = x_0 \left[\frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_0 \right] + \left\{ \begin{array}{c} +k_{01}^M \Delta_{mp1}^A \\ -k_{02}^M \Delta_{mp2}^A \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где Δ_{mp1}^A (Δ_{mp2}^A) – стандартная неопределенность значения образцовой ФВ, воспроизводимой мерой или стандартным образцом при доверительной вероятности p ; k_{01}^M (k_{02}^M) – коэффициент охвата (индекс «M» – для значений образцовой ФВ, воспроизводимой мерой или стандартным образцом). В частном случае $k_{01}^M = k_{02}^M = k_0^M$, а $\Delta_{mp1}^A = \Delta_{mp2}^A = \Delta_{mp}^A$.

Для рассматриваемого случая выбран коэффициент охвата

$$k_{01}^M = +\Delta_{mp1}^A \cdot \left[\frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_0 \right] = +\Delta_{mp1}^A \cdot k_c. \quad (4)$$

и

$$k_{02}^M = -\Delta_{mp2}^A \cdot \left[\frac{F_x(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1})}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2})} + k_0 \right] = -\Delta_{mp2}^A \cdot k_c. \quad (5)$$

Для представления коэффициента связи в виде рационального числа (целого или дробного), предлагается выражать его в виде дроби $k_0 = n_1/n_2$, где n_1 и n_2 – целые числа. Коэффициент связи характеризует собой используемую долю размера образцовой ФВ и может быть выражен любым числом, – целым или дробным, рациональным или иррациональным.

Известно, что иррациональные числа (нерациональные алгебраические числа и трансцендентные числа) не могут быть представлены в виде обыкновенной несократимой дроби. С другой стороны, результат измерений параметров геометрических фигур может быть получен в виде иррационального числа.

⁷ Индекс «i» показывает, что i -му значению ФВ соответствует i -е значение коэффициента связи.

Например, отношение длины диагонали квадрата к длине его стороны равно $\sqrt{2}$, а отношение длины окружности к длине её диаметра равно иррациональному числу π [14]. Иррациональные числа могут быть вычислены с любой точностью, но не могут быть заменены рациональным числом. Полагаем, что при изучении свойств сверхмалых объектов той или иной физической природы, существующих в наном мире, не исключена возможность измерения ФВ, размеры которых также являются иррациональными числами. В этом случае могут появиться и меры, воспроизводящие ФВ с размерами, представляющими собой иррациональные числа. Для возможности представления коэффициента связи в виде иррационального числа будем использовать его исходное обозначение « k_0 ». Отметим, что если вещественные числа могут быть записаны бесконечными десятичными дробями (например, $n_0 = N_{nl}/N_{nm} = 10/6 = 1,66(6) \square 1,667$), то иррациональные числа записываются только непериодическими бесконечными десятичными дробями, например, $\pi = 3,14159\dots$ с требуемой точностью.

На шкалах средств измерений (СИ) иррациональные числа не отмечаются числовыми отметками из-за нецелесообразности и по причине округления получаемых результатов, но предполагается, что они существуют. В цифровых многоразрядных и прецизионных СИ результат измерения может быть представлен иррациональным числом с заданной точностью.

При практическом определении действительного значения искомой ФВ (реализации уравнения измерений) используется числовой эквивалент уравнения измерений, – в виде уравнений числовых значений:

$$\{x_i\} = \{x_0\} \left[\frac{F_x(\{y_{n1}\}, \dots, \{y_{nk}\}, \dots, \{y_{nn1}\},)}{F_0(\{y_{n0}\}, \dots, \{y_{nk}\}, \dots, \{y_{nn2}\},)} + k_0 \right] \quad (6)$$

и

$$N_{xi} = N_{x0} \left[\frac{F_x(N_{n1}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn1})}{F_0(N_{n0}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn2})} + k_0 \right], \quad (7)$$

где $F_x(N_{n1}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn1},)$ – функция связи числовых значений результатов промежуточных измерений или результатов восприятий и измерительных преобразований одной совокупности ФВ в коды чисел $N_{n1}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn1}$, содержащих в том числе и результат измерений или измерительного преобразования искомой ФВ непосредственно или в аддитивной смеси ее с однородной образцовой ФВ; $F_0(N_{n0}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn2},)$ – функция связи числовых значений результатов промежуточных измерений или результатов измерительного преобразования другой совокупности ФВ в коды чисел $N_{n0}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn2}$, которые содержат результат измерения или измерительного преобразования образцовой ФВ, непосредственно или в аддитивной смеси ее с искомой ФВ (см. индекс «0»).

В виде уравнения числовых значений результат измерений записывается, как правило, с учетом, например, расширенной неопределенности, следующим образом

$$N_{xi} = N_{x0} \left[\frac{F_x(N_{n1}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn1})}{F_0(N_{n0}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn2})} + k_0 \right] + \left\{ \begin{matrix} +k_{01}^M \{\Delta_{mp1}^A\} \\ -k_{02}^M \{\Delta_{mp2}^A\} \end{matrix} \right\}. \quad (8)$$

Нами установлено, что при сложных ФП ИК или при измерениях ФВ с присваиваемой математической моделью, уравнение ИИ часто выводится и записывается в неявном виде. Для указанных выше случаев и универсальное уравнение измерений может иметь разные формы представления в неявном виде. Одним из примеров представления универсального уравнения измерения в общем, но неявном виде, является запись через входные и выходные ФВ ИК, –

$$\frac{F_1(y_{n0}, y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn1}, k_{l1}, k_{l2})}{F_3(y_{n1}, \dots, y_{nl}, \dots, y_{nn3}, k_{l3})} = \frac{F_2(y_{n1}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2}, k_{l1}, k_{l2})}{F_4(y_{n0}, \dots, y_{nm}, \dots, y_{nn4}, k_{l3})}, \quad (9)$$

где F_1, F_2, F_3, F_4 – некоторые функции, описывающие взаимосвязи между собой выходных величин ИК ($y_{n0}, y_{n1}, \dots, y_{nk}$ и т.д.) вместе с некоторыми коэффициентами (k_{l1}, k_{l2}, k_{l3}) и образцовой ФВ (одной или нескольких), воспроизводимой, например, регулируемой мерой, или запись через числовые значения результатов восприятия и измерительного преобразования рядов ФВ, –

$$\frac{F_1(\{y_{n0}\}, \{y_{n1}\}, \dots, \{y_{nk}\}, \dots, \{y_{nn1}\}, k_{l1}, k_{l2})}{F_3(\{y_{n1}\}, \dots, \{y_{nl}\}, \dots, \{y_{nn3}\}, k_{l3})} = \frac{F_2(\{y_{n1}\}, \dots, \{y_{nk}\}, \dots, \{y_{nn2}\}, k_{l1}, k_{l2})}{F_4(\{y_{n0}\}, \dots, \{y_{nm}\}, \dots, \{y_{nn4}\}, k_{l3})} \quad (10)$$

и

$$\frac{F_1(N_{n0}, N_{n1}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn1}, k_{l1}, k_{l2})}{F_3(N_{n1}, \dots, N_{nl}, \dots, N_{nn3}, k_{l3})} = \frac{F_2(N_{n1}, \dots, N_{nk}, \dots, N_{nn2}, k_{l1}, k_{l2})}{F_4(N_{n0}, \dots, N_{nm}, \dots, N_{nn4}, k_{l3})}. \quad (11)$$

В приведенных равенствах индексы $n1 - n4$ указывают на разное число составляющих в числителях

и знаменателях, как и разное число коэффициентов $k_{л1}, k_{л2}, \dots$.

На рис. 1 приведены графические построения, показывающие взаимосвязи между универсальным уравнением измерений, его частными случаями и операциями сравнения. На данном рисунке охвачены основные методы прямых измерений.

На первой верхней строке рис. 1 приведены уравнения избыточных измерений в явном и неявном виде соответственно, а на второй, в качестве практического примера, приведено конкретное уравнение избыточных измерений концентрации вещества в бинарном растворе. Эти уравнения избыточных измерений полностью отражают вид универсальное уравнение измерений.

Напротив стрелки 1 приведен первый частный случай универсального уравнения измерений (см. рис. 1) в виде уравнения избыточных измерений ФВ x_i при линейной ФП ИК. Эти и нижеприведенные уравнения измерений описывают также операцию сравнения искомой и образцовой ФВ.

Напротив стрелки 2 (рис. 1) приведено аналитическое выражение, описывающее уравнение измерений и операцию сравнения для метода коинцидентности (двух совпадений). Условия совпадения для каждого частного случая измерения ФВ индивидуальны.

В методе непосредственной оценки используется операция сравнения, описываемая уравнением измерений, приведенного напротив стрелки 3. Результат измерений отсчитывается по числовой отметке $n_{ш}$ на шкале. Цена делений равна $\Delta x_{ц}$.

В методе противопоставления, – при параллельном воздействии сравниваемых сигналов на устройство сравнения, и в методе замещения, – при последовательном воздействии, используется операция сравнения, описываемая уравнением измерений, представленном напротив стрелки 4. В данном случае для формирования образцовой ФВ x_0 используется регулируемая многозначная мера.

При реализации метода уравнивания с использованием одноканальной многозначной меры, используется операция сравнения, описываемая уравнением измерений, представленным напротив стрелки 5. Уравнивание осуществляется с погрешностью, достигаемой половины цены деления.

В нулевом методе измерения, при использовании нерегулируемой образцовой меры, операция сравнения описывается уравнением измерений, представленным напротив стрелки 6 (рис. 1). Ниже приведено уравнение величин, описывающее процесс сравнения значений ФВ, – путем подбора значений чисел n_1 и n_2 , частное от деления которых равно значению коэффициента связи $k_{сх}$.

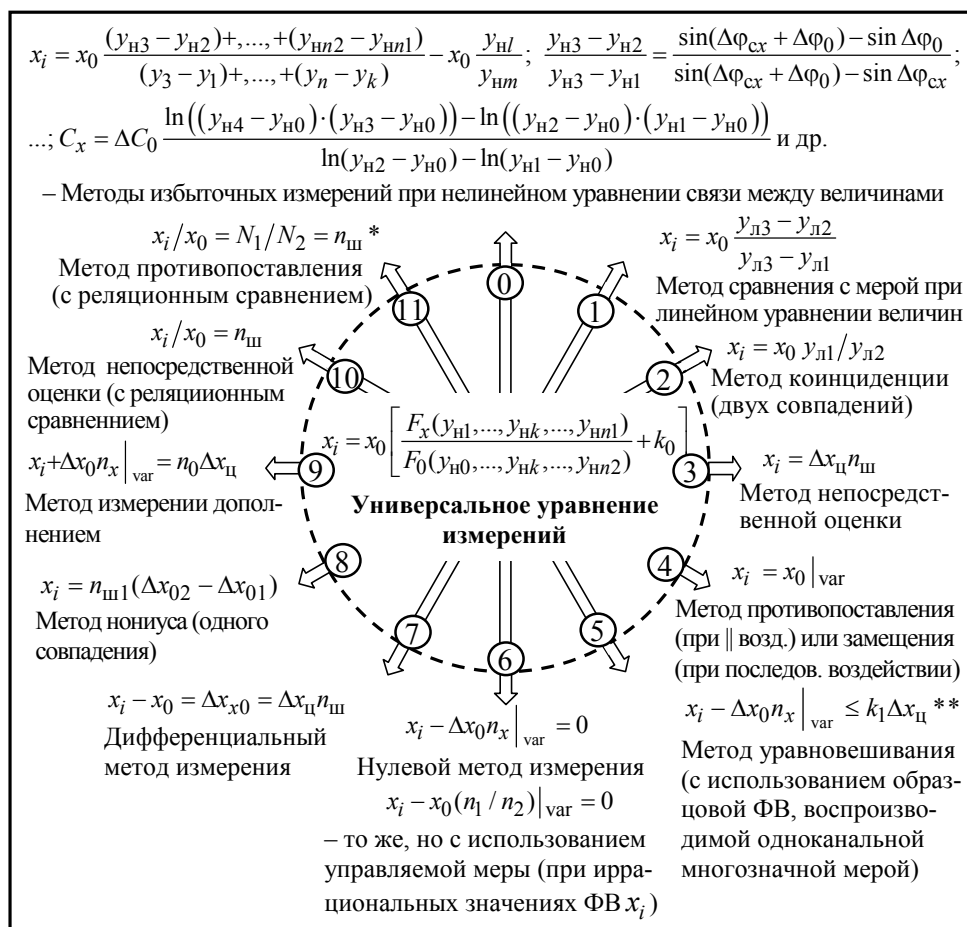


Рис. 1. Графические построения, показывающие взаимосвязи между универсальным уравнением измерений, его частными случаями и операциями сравнения.

тут: * $n_{ш}$ – числовая отметка шкалы деления, ** n_x – показание регулируемой меры, $k_1 = 0,5$

Операция сравнения в дифференциальном методе описывается уравнением измерений, приведенному напротив стрелки 7. Измерениям подлежит разность искомой и образцовой ФВ.

В методе нониуса (одного совпадения) операция сравнения описывается уравнением измерений, приведенному напротив стрелки 8, где $n_{ш1}$ – номер совпавших меток шкал. Согласно приведенному уравнению измерений конечный результат определяется по однократному совпадению меток шкал.

В методе измерений дополнением сравнение осуществляется согласно уравнения величин, приведенного напротив стрелки 9. Момент сравнения наступает, когда сумма результатов измерений искомой и образцовой ФВ будет равна некоторому заданному постоянному числу n_0 или априори заданному показанию прибора.

В прямых методах измерений операция сравнения, основанная на использовании реляции (отношения) числовых значений результатов измерений, приведенных к входу ИК, описывается уравнениями величин, приведенными напротив стрелок 10 и 11, где N_1 и N_2 – числовые значения искомой и образцовой ФВ.

Из приведенных построений видно, что каждому методу измерений присущи соответствующие операции непосредственного или опосредованного сравнения значений ФВ.

При измерениях II-го рода универсальное уравнение измерений формализовано может быть записано через искомую и выходные ФВ, как

$$\bar{x}_i = \frac{x_0}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij} = \frac{x_0}{m} \sum_{j=1}^m \left[\frac{F_x(y_{n1j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn1j},)}{F_0(y_{n0j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn2j},)} \right] + x_0 k_0 \quad (12)$$

где m – число измерительных преобразований или измерений ФВ в каждом такте, и

$$\bar{x}_i = \frac{x_0}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij} = x_0 \left[\frac{\sum_{j=1}^m F_x(y_{n1j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn1j},)}{\sum_{j=1}^m F_0(y_{n0j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn2j},)} + k_0 \right], \quad (13)$$

– при последовательном многократном измерительном преобразовании или измерении рядов ФВ, или

$$\bar{x}_i = x_0 \left[\frac{F_x(\bar{y}_{n1}, \dots, \bar{y}_{nk}, \dots, \bar{y}_{nn1},)}{F_0(y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2},)} + k_0 \right], \quad (14)$$

– при многократном измерительном преобразовании или измерении каждой ФВ в соответствующем такте. В (12) и (13) \bar{x}_i – искомая ФВ, получаемая путем усреднения m результатов вычислений текущих значений ФВ x_i ; в (14) \bar{x}_i – искомая ФВ, получаемая в результате обработки предварительно усредненных по значениям выходных ФВ $\bar{y}_{n1}, \dots, \bar{y}_{nk}, \dots, \bar{y}_{nn1}$ и $y_{n0}, \dots, y_{nk}, \dots, y_{nn2}$ ИК в соответствии с (1).

Универсальное уравнение измерений (12), (13) и (14) запишем через две формы записи уравнений числовых значений в виде:

$$\{\bar{x}_i\} = \frac{\{x_0\}}{m} \sum_{j=1}^m \left[\frac{F_x(\{y_{n1j}\}, \dots, \{y_{nkj}\}, \dots, \{y_{nn1j}\},)}{F_0(\{y_{n0j}\}, \dots, \{y_{nkj}\}, \dots, \{y_{nn2j}\},)} \right] + \{x_0\} k_0, \quad (15)$$

$$\{\bar{x}_i\} = \{x_0\} \left[\frac{\sum_{j=1}^m F_x(\{y_{n1j}\}, \dots, \{y_{nkj}\}, \dots, \{y_{nn1j}\},)}{\sum_{j=1}^m F_0(\{y_{n0j}\}, \dots, \{y_{nkj}\}, \dots, \{y_{nn2j}\},)} + k_0 \right], \quad (16)$$

$$\{\bar{x}_i\} = \{x_0\} \left[\frac{F_x(\{\bar{y}_{n1}\}, \dots, \{\bar{y}_{nk}\}, \dots, \{\bar{y}_{nn1}\},)}{F_0(\{y_{n0}\}, \dots, \{y_{nk}\}, \dots, \{y_{nn2}\},)} + k_0 \right] \quad (17)$$

и

$$N_{xcp} = \frac{N_{x0}}{m} \sum_{j=1}^m \left[\frac{F_x(N_{1j}, \dots, N_{kj}, \dots, N_{n1j},)}{F_0(N_{0j}, \dots, N_{jk}, \dots, N_{n2j},)} \right] + N_{x0} k_0, \quad (18)$$

$$N_{\text{хср}} = N_{x0} \left[\frac{\sum_{j=1}^m F_x(N_{1j}, \dots, N_{kj}, \dots, N_{n1j})}{\sum_{j=1}^m F_0(N_{0j}, \dots, N_{jk}, \dots, N_{n2j})} + k_0 \right], \quad (19)$$

$$N_{\text{хср}} = N_{x0} \left[\frac{F_x(N_{\text{ср}1}, \dots, N_{\text{ср}k}, \dots, N_{\text{ср}n1})}{F_0(N_{\text{ср}0}, \dots, N_{\text{ср}k}, \dots, N_{\text{ср}n2})} + k_0 \right], \quad (20)$$

где $\{y_{n0j}\}, \dots, \{y_{nn2j}\}$ – числовые значения ФВ y_{n0j}, \dots, y_{nn2j} ; $N_{\text{ср}1}, \dots, N_{\text{ср}k}, \dots, N_{\text{ср}n1}$ и $N_{\text{ср}0}, \dots, N_{\text{ср}k}, \dots, N_{\text{ср}n2}$ – усредненные числовые значения результатов многократных измерительных преобразований или измерений ФВ в каждом такте; N_{x0} – числовое значение образцовой ФВ x_0 , воспроизводимой мерой или стандартным образцом.

Следует отметить, что использование универсального уравнения измерений, записанного в виде (12), (13) и (14) или (15),... и (20), приводит к получению незначительно отличающихся между собой значений неопределенности результата измерений искомой ФВ. Выбор определяется характером внешних случайных воздействий.

Запишем один из примеров представления универсального уравнения измерения (II-го рода) в общем, но неявном виде, следующим образом:

$$\frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_1(y_{n0j}, y_{n1j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn1j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_3(y_{n1j}, \dots, y_{nlj}, \dots, y_{nn3j}, k_{л3})} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_2(y_{n1j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn2j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_4(y_{n0j}, \dots, y_{nj}, \dots, y_{nn4j}, k_{л3})}, \quad (21)$$

$$\frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_1(y_{n0j}, y_{n1j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn1j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_3(y_{n1j}, \dots, y_{nlj}, \dots, y_{nn3j}, k_{л3})} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_2(y_{n1j}, \dots, y_{nkj}, \dots, y_{nn2j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_4(y_{n0j}, \dots, y_{nj}, \dots, y_{nn4j}, k_{л3})}, \quad (22)$$

$$\frac{F_1(\overline{y_{n0}}, \overline{y_{n1}}, \dots, \overline{y_{nk}}, \dots, \overline{y_{nn1}}, k_{л1}, k_{л2})}{F_3(\overline{y_{n1}}, \dots, \overline{y_{nl}}, \dots, \overline{y_{nn3}}, k_{л3})} = \frac{F_2(\overline{y_{n1}}, \dots, \overline{y_{nk}}, \dots, \overline{y_{nn2}}, k_{л1}, k_{л2})}{F_4(\overline{y_{n0}}, \dots, \overline{y_{nm}}, \dots, \overline{y_{nn4}}, k_{л3})}, \quad (23)$$

Запишем (21), (22) и (23) в виде уравнений числовых значений:

$$\frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_1(N_{0j}, N_{1j}, \dots, N_{kj}, \dots, N_{n1j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_3(N_{1j}, \dots, N_{lj}, \dots, N_{n3j}, k_{л3})} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_2(N_{1j}, \dots, N_{kj}, \dots, N_{n2j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_4(N_{0j}, \dots, N_{nj}, \dots, N_{n4j}, k_{л3})}, \quad (24)$$

$$\frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_1(N_{0j}, N_{1j}, \dots, N_{kj}, \dots, N_{n1j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_3(N_{1j}, \dots, N_{lj}, \dots, N_{n3j}, k_{л3})} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_2(N_{1j}, \dots, N_{kj}, \dots, N_{n2j}, k_{л1}, k_{л2})}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_4(N_{0j}, \dots, N_{nj}, \dots, N_{n4j}, k_{л3})}, \quad (25)$$

$$\frac{F_1(\{\overline{y_{n0}}\}, \{\overline{y_{n1}}\}, \dots, \{\overline{y_{nk}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn1}}\}, k_{л1}, k_{л2})}{F_3(\{\overline{y_{n1}}\}, \dots, \{\overline{y_{nl}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn3}}\}, k_{л3})} = \frac{F_2(\{\overline{y_{n1}}\}, \dots, \{\overline{y_{nk}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn2}}\}, k_{л1}, k_{л2})}{F_4(\{\overline{y_{n0}}\}, \dots, \{\overline{y_{nm}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn4}}\}, k_{л3})}, \quad (26)$$

$$\frac{F_1(N_{\text{ср}0}, N_{\text{ср}1}, \dots, N_{\text{ср}k}, \dots, N_{\text{ср}n1}, k_{л1}, k_{л2})}{F_3(N_{\text{ср}1}, \dots, N_{\text{ср}l}, \dots, N_{\text{ср}n3}, k_{л3})} = \frac{F_2(N_{\text{ср}1}, \dots, N_{\text{ср}k}, \dots, N_{\text{ср}n2}, k_{л1}, k_{л2})}{F_4(N_{\text{ср}0}, \dots, N_{\text{ср}m}, \dots, N_{\text{ср}n4}, k_{л3})}. \quad (27)$$

Использование универсальных уравнений измерений II-го рода и соответствующих уравнений числовых значений определяется временным характером стационарных эргодических и неэргодических случайных помех, а также возможностями микропроцессора, обеспечивающего обработку данных в реальном масштабе времени.

Универсальное уравнение измерений III-го рода отличается от универсального уравнения измерений II-го рода тем, что проводятся еще m циклов измерений, а полученные результаты усредняются. Ниже приводятся только некоторые из них:

$$\overline{x_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\overline{x_i})_j = \frac{x_0}{m} \sum_{j=1}^m \left[\frac{F_x(\overline{y_{n1j}}, \dots, \overline{y_{nkj}}, \dots, \overline{y_{nn1j}})}{F_0(\overline{y_{n0j}}, \dots, \overline{y_{nkj}}, \dots, \overline{y_{nn2j}})} \right] + x_0 k_0, \quad (28)$$

или

$$\overline{x_i} = x_0 \left[\frac{F_x(\overline{y_{n1}}, \dots, \overline{y_{nk}}, \dots, \overline{y_{nn1}})}{F_0(\overline{y_{n0}}, \dots, \overline{y_{nk}}, \dots, \overline{y_{nn2}})} + k_0 \right]. \quad (29)$$

Универсальное уравнение измерений (29) запишем в виде уравнений числовых значений

$$\{\overline{x_i}\} = \{x_0\} \left[\frac{F_x(\{\overline{y_{n1}}\}, \dots, \{\overline{y_{nk}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn1}}\},)}{F_0(\{\overline{y_{n0}}\}, \dots, \{\overline{y_{nk}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn2}}\},)} + k_0 \right] \quad (30)$$

и

$$N'_{xcp} = N_{x0} \left[\frac{F_x(N'_{cp1}, \dots, N'_{cpk}, \dots, N'_{cp1})}{F_0(N'_{cp0}, \dots, N'_{cpk}, \dots, N'_{cp2})} + k_0 \right]. \quad (31)$$

В (29) и (30) два штриха означают, что полученные в результате многократных измерительных преобразований или измерений числовые значения рядов ФВ дважды усреднены.

Запишем также один из примеров представления универсального уравнения измерения (III-го рода) и соответствующих уравнений числовых значений в неявном виде:

$$\frac{F_1(\overline{y_{n0}}, \overline{y_{n1}}, \dots, \overline{y_{nk}}, \dots, \overline{y_{nn1}}, k_{л1}, k_{л2})}{F_3(\overline{y_{n1}}, \dots, \overline{y_{nl}}, \dots, \overline{y_{nn3}}, k_{л3})} = \frac{F_2(\overline{y_{n1}}, \dots, \overline{y_{nk}}, \dots, \overline{y_{nn2}}, k_{л1}, k_{л2})}{F_4(\overline{y_{n0}}, \dots, \overline{y_{nm}}, \dots, \overline{y_{nn4}}, k_{л3})} \quad (32)$$

и

$$\frac{F_1(\{\overline{y_{n0}}\}, \{\overline{y_{n1}}\}, \dots, \{\overline{y_{nk}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn1}}\}, k_{л1}, k_{л2})}{F_3(\{\overline{y_{n1}}\}, \dots, \{\overline{y_{nl}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn3}}\}, k_{л3})} = \frac{F_2(\{\overline{y_{n1}}\}, \dots, \{\overline{y_{nk}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn2}}\}, k_{л1}, k_{л2})}{F_4(\{\overline{y_{n0}}\}, \dots, \{\overline{y_{nm}}\}, \dots, \{\overline{y_{nn4}}\}, k_{л3})}, \quad (33)$$

$$\frac{F_1(N'_{cp0}, N'_{cp1}, \dots, N'_{cpk}, \dots, N'_{cpn1}, k_{л1}, k_{л2})}{F_3(N'_{cp1}, \dots, N'_{cp1}, \dots, N'_{cpn3}, k_{л3})} = \frac{F_2(N'_{cp1}, \dots, N'_{cpk}, \dots, N'_{cpn2}, k_{л1}, k_{л2})}{F_4(N'_{cp0}, \dots, N'_{cpm}, \dots, N'_{cpn4}, k_{л3})}. \quad (34)$$

Формально универсальные уравнения измерений (28),..., (34) III-го рода должны сопровождаться условиями проведения дополнительных циклов измерительных преобразований или измерений рядов ФВ и временными границами, в пределах которых достигается сведение к нулю или к минимуму влияния математического ожидания нестационарной случайной помехи или наводки на результат измерений. На практике методы ИИИ III-го рода реализуются при условиях обнаружения периодической помехи и известности способов ее выделения из информативного сигнала.

Таким образом, во всех видах измерений главная роль принадлежит уравнению измерений, описывающему процесс сравнения преобразованных ФВ и представления результатов измерений в форме, удобной для восприятия.

В заключение рассмотрим, коротко, понятие «результат измерений» и связанные с ним проблемы. Рассмотрение операций восприятия и измерительного преобразования нами вынесено в самостоятельную статью.

Результат измерений и проблема работы с метрологическими числами

РМГ 29 – 99 [11] рекомендует следующее определение понятия «результат измерений» – это «значение величины, полученное путем ее измерения». Данное определение устарело. Оно не связано с понятием неопределенность или погрешность измерения и не отражает сам процесс измерений. С учетом развития новой стратегии измерений, предлагаем следующее, более емкое и универсальное понятие «результат измерений».

Определение 1

Результат измерений – это представленное в узаконенных единицах с указанием полосы неопределенности действительное⁸ значение искомой ФВ, полученное в результате проведения конечного числа операций измерительного преобразования одной или нескольких рядов однородных ФВ и сравнения с образцовой ФВ, воспроизводимой мерой или стандартным образцом.

Поскольку класс точности средства измерений характеризуется завышенными значениями доверительных границ нормированных погрешностей (в том числе с учетом коэффициента метрологического запаса, устанавливаемого для обеспечения требуемой метрологической надежности (заданного значения времени наработки СИ на метрологический отказ), то конкретный результат измерений должен записываться только с указанием неопределенности или погрешности измерений. В противном случае результат измерений является недоопределенным. Он не отражает основное качество измерений и не может быть использован совместно с другими результатами, например, косвенных или совместных измерений.

Будущее приборостроения связано с *правильным* представлением результата измерений, т. е. в виде

⁸ Отличается от истинного на значение неопределенности или погрешности результата измерений.

метрологических чисел [16].

При однократных прямых измерениях конечному результату может быть приписана погрешность (неопределенность), соответствующая классу точности средства измерений. Погрешность, как и результат измерений, приведена к выходу ИК. При однократных избыточных измерениях конечному результату приписывается неопределенность, равная увеличенной в k_0^M раз неопределенности воспроизведения значения образцовой ФВ мерой или стандартным образцом. В этом случае результат измерений и неопределенность (погрешность) получают приведенными к входу ИК.

Результат измерений имеет шесть характерных особенностей⁹:

- определяется экспериментально-расчетным путем;
- представляется в узаконенных единицах;
- представляет собой именованное или неименованное число с определенным числом десятичных знаков до и после запятой;
- содержит показатель точности (неопределенность или погрешность) с тем же количеством знаков после запятой;
- является приведенным к выходу (при прямых измерениях) или к входу (при избыточных измерениях) ИК;
- записывается в виде метрологического числа;
- содержит, в некоторых случаях, и результат идентификации исследуемого сигнала той или иной физической природы и его модели.

Результат измерений всегда должен представляться в узаконенных единицах с указанием, как правило, неопределенности или погрешности результата измерений, т.е. в виде метрологического числа.

В ТИИ, как и в метрологии в целом, существует проблема работы с метрологическими числами [16]. Действительно, если, например, результат определения концентрации веществ в бинарных растворах осуществляется согласно уравнению ИИ II-го рода вида

$$\bar{C}_x = \Delta C_0 \frac{\ln \left[\left(\bar{y}_{n4} + \begin{matrix} +\Delta_{y41} \\ -\Delta_{y42} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right) \cdot \left(\bar{y}_{n3} + \begin{matrix} +\Delta_{y31} \\ -\Delta_{y32} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right) \right]}{\ln \left[\bar{y}_{n2} + \begin{matrix} +\Delta_{y21} \\ -\Delta_{y22} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right] - \ln \left[\bar{y}_{n1} + \begin{matrix} +\Delta_{y11} \\ -\Delta_{y12} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right]}$$

$$-\Delta C_0 \frac{\ln \left[\left(\bar{y}_{n2} + \begin{matrix} +\Delta_{y21} \\ -\Delta_{y22} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right) \cdot \left(\bar{y}_{n1} + \begin{matrix} +\Delta_{y11} \\ -\Delta_{y12} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right) \right]}{\ln \left[\bar{y}_{n2} + \begin{matrix} +\Delta_{y21} \\ -\Delta_{y22} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right] - \ln \left[\bar{y}_{n1} + \begin{matrix} +\Delta_{y11} \\ -\Delta_{y12} \end{matrix} - \bar{y}_{n0} + \begin{matrix} +\Delta_{y01} \\ -\Delta_{y02} \end{matrix} \right]} = \Delta C_0 \frac{\ln(Y_{n43} Y_{n21})}{\ln Y_{n20} - \ln Y_{n10}} + \begin{matrix} +\Delta_{y1} \\ -\Delta_{y2} \end{matrix}, \quad (35)$$

где $\bar{y}_{n0}, \dots, \bar{y}_{n4}$ – усредненные по значению выходные величины ИК с верхними ($+\Delta_{y01}$ и $+\Delta_{y41}$) и нижними ($-\Delta_{y02}$ и $-\Delta_{y42}$) границами полосы неопределенности; $+\Delta_{y1}$ и $-\Delta_{y2}$ – величины, характеризующие результирующие границы полосы неопределенности; $Y_{n10}, Y_{n20}, Y_{n43}$ и Y_{n21} – величины, полученные после обработки, т.е. представляет собой систему из пяти метрологических чисел. При их обработке возникает проблема выполнения указанных действий над метрологическими числами и получения усредненного результата измерений с корректно определенными верхней и нижней границами полосы неопределенности.

При этом необходимо учитывать, что в общем случае случайная составляющая погрешности нелинейного измерительного преобразования рядов ФВ является стационарным эргодическим или неэргодическим процессом с разными законами распределения, а результат их преобразований получают в каждом такте измерений с разной доверительной вероятностью. Для таких случаев проблема работы с метрологическими числами еще не решена. Использование всякого рода допущений не дает корректных результатов.

На сегодняшний день установлено [16, 17], что современная компьютерная технология вообще не умеет работать с метрологическими и приближенными числами и даже не умеет записывать их в компьютерном представлении. Для работы с метрологическими и приближенными числами она использует только их номинальные значения, отбрасывая метрологическую характеристику, превращает полученные номинальные значения в действительное число и работает только с ними. Метрологи, работающие с метрологическими числами, производят расчеты вручную, используя, например, рекомендации [18] о действиях над метрологическими числами. При этом чаще всего используется предположение, что распределение вероятности отсчетов измеряемой физической величины подчиняется закону распределения Гаусса (нормальному распределению).

На практике законы распределения погрешностей результатов измерительных преобразований или измерений весьма разнообразны и очень часто далеки от нормального, особенно при ограниченном числе

⁹ Четыре взяты из [15], а три последние установлены автором.

измерений в каждом такте (– до 10-34). Большое разнообразие законов распределения погрешностей обуславливает практическую сложность определения доверительных значений погрешностей, так как необходимо располагать таблицами квантилей для всех разновидностей распределений [17]. Математики пока не в состоянии представить метрологам таблицы квантилей для всего разнообразия практически встречаемых законов распределения. Отсутствие даже приближенных уравнений связи между погрешностями результатов прямых измерений при разных законах их распределения, но при одних и тех же параметрах ФП ИК, приводит к трудностям определения доверительного интервала.

Основной задачей теоретической метрологии является составление таблиц квантилей для всех разновидностей практически встречаемых законов распределения и вывод уравнений связи между погрешностями результатов измерительных преобразований при разных законах их распределения.

Практически метрологические данные имеют точность, характеризующуюся тремя (четырьмя) десятичными знаками (относительная погрешность 0,1 % (0,01 %)), что соответствует примерно 10 (14) двоичным разрядам. Компьютер же ведет обработку данных, представленных тридцатью двумя и более двоичными разрядами (до шестидесяти четырех). При этом подавляющая часть компьютерных ресурсов тратится на обработку не полезной информации, а шумов.

Компьютерная технология отстает от вычислительных технологий, которые использовали сотни лет назад Ньютон, Непер, Кеплер [17].

Основными задачами развития вычислительной техники в XXI веке являются: создание теоретических основ и методологии работы с метрологическими и приближенными числами, создание языков высокого уровня, разработка пакетов прикладных программ и мультипроцессоров, обеспечивающих решение метрологических задач, задач метрологической надежности и других задач метрологии [16].

Установлено, что на результат измерения влияет выбор абсолютного значения образцовой ФВ. Результат измерений может быть записан в виде уравнения измерения в виде

$$x_i = x_0 \frac{N_1}{N_2} = x_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha_i = x_0 k_{ci}, \quad (36)$$

где k_{ci} – коэффициент связи искомой и образцовой ФВ.

Анализ уравнения измерений (36) показал, что результат измерений может быть получен:

1) при постоянном значении коэффициента связи и значениях образцовой ФВ, воспроизводимой одноканальной многозначной мерой. Уравнение измерений имеет вид

$$x_i = x_{0 \text{ var}} k_{ci \text{ const}}; \quad (37)$$

2) при переменном значении коэффициента связи и установленном значении образцовой ФВ. В этом случае уравнение измерений имеет вид

$$x_i = x_{0 \text{ const}} k_{ci \text{ var}}. \quad (38)$$

В этой связи все методы измерений могут быть разделены на методы с постоянным значением коэффициента связи (или с изменяемыми значениями образцовой ФВ), и на методы с переменным коэффициентом связи (или с фиксированным значением образцовой ФВ).

Выбор значения образцовой ФВ влияет и на диапазон значений коэффициента связи. Если значение образцовой ФВ выбрать в начале, середине или в конце диапазона значений искомой ФВ x_i , то, соответственно, необходимо изменять диапазон значений коэффициента связи (рис. 2).

Действительно, при $\{x_{01}\} = 1$, $\{k_{ci}\} = \{x_{im}\} / \{x_{01}\} = 10/1 = 10$; при $\{x_{02}\} = 5$, $\{k_{ci}\} = \{x_{im}\} / \{x_{02}\} = 10/5 = 2$, а при $\{x_{03}\} = 10$, $\{k_{ci}\} = \{x_{im}\} / \{x_{03}\} = 10/10 = 1$.

Из этого следует, что при неизвестном значении x_i и заданном значении x_0 необходимо обеспечить соответствующее значение коэффициента связи (рис. 2).

При постоянном значении образцовой ФВ x_0 , выбранном, например, посередине диапазона значений измеряемой ФВ, результат получают путем установления необходимого значения коэффициента связи в диапазоне, не превышающем 2 ($k_{ci} \leq 2$) (рис. 3).

Причем, при выборе максимального значения образцовой ФВ, уменьшаются требования к диапазону значений коэффициента связи. Его верхняя граница не превышает единицы, т.е. $k_{ci} \leq 1$ (рис. 4), и, наоборот, при малых значениях образцовой ФВ x_0 необходимо обеспечить широкий диапазон изменения значений коэффициента связи (рис. 5), например, $0,1 \leq k_{ci} \leq 100$ при $\{x_0\} = 0,1$ и $0,01 \leq \{x_i\} \leq 10$.

Установлено, что при избыточных измерениях и нелинейной ФП ИК погрешность измерения существенно уменьшается при значениях искомой ФВ x_i близких к x_0 . Благодаря этому можно обеспечить весьма высокую точность измерений в узком диапазоне значений ФВ x_i .

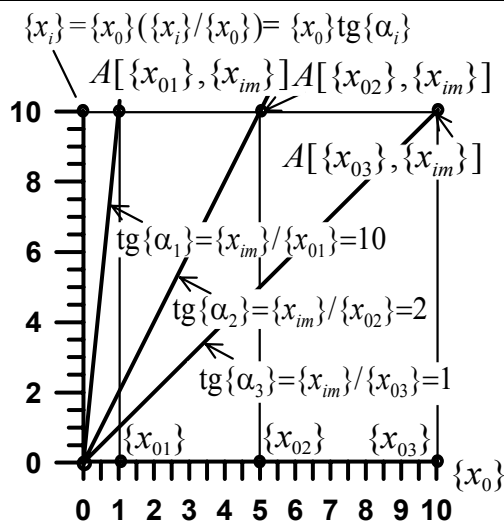


Рис. 2. Графики, характеризующие зависимость результата измерения от выбора значения образцовой ФВ x_0 в начале, в середине и в конце диапазона измерений

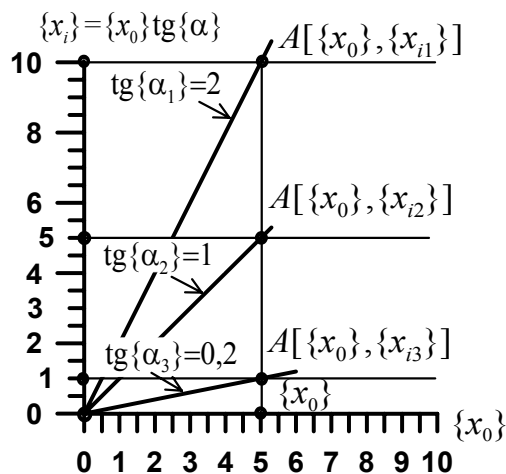


Рис. 3. Графики, характеризующие зависимость результата измерения от значения коэффициента связи при постоянном значении ФВ x_0

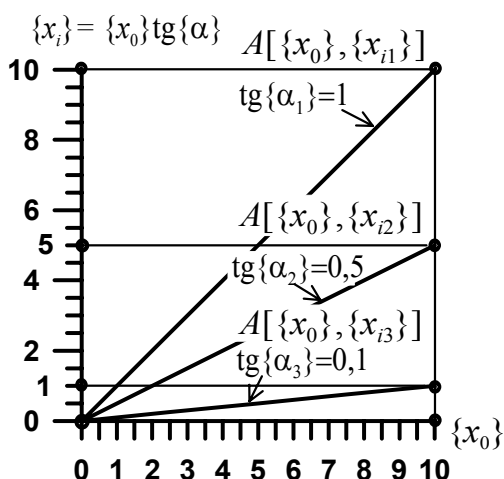


Рис. 4. Графики, характеризующие зависимость результата измерения от значения коэффициента связи при выборе значения образцовой ФВ x_0 в конце диапазона измерений

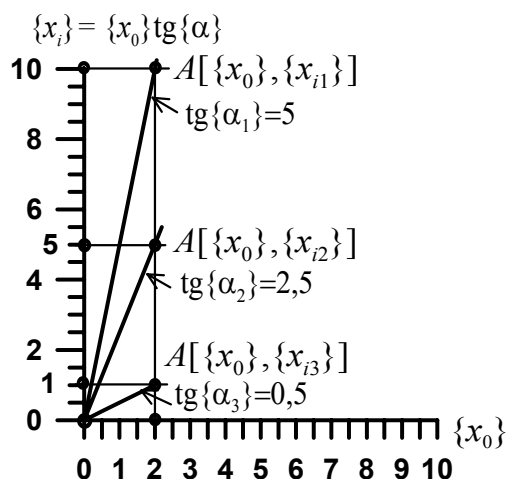


Рис. 5. Графики, характеризующие зависимость результата измерения от значения коэффициента связи при выборе значения образцовой ФВ x_0 в начале диапазона измерений

Приведенные выше графические построения в декартовой системе координат для ФВ, приведенных к входу ИК, характеризуют шкалу отношений, представляющую собой отношение размеров искомой и образцовой ФВ, т.с.

$$\{k_{ci}\} = tg\{\alpha_i\} = \{x_i\} / \{x_0\}, \quad (39)$$

где k_{ci} – числовые отметки на шкале, а $\{x_0\}$ – цена делений.

Общее число делений на шкале отношений определяется при $\{x_i\} = \{x_m\}$, когда $k_{ci} = k_{cm}$. Как видно из (39), данное соотношение представляет собой именованную безразмерную величину.

Если взять отношение значений выходной ФВ ИК (при НП) и образцовой, то получим размерный коэффициент связи:

$$k_{сви} = \{y_{ni}\} / \{x_0\}, \quad (40)$$

где y_{ni} – выходная величина ИК, соответствующая входной ФВ x_i .

Приведенные графические построения (рис. 2, ..., рис. 5) могут быть использованы для выбора оптимальных значений образцовой ФВ.

При постоянном значении коэффициента связи используется образцовая ФВ, воспроизводимая

регулируемой многозначной мерой, а при использовании образцовой ФВ установленного размера осуществляется изменение значения коэффициента связи.

Исходя из введенного понятия и роли коэффициента связи, можно записать два новых определения понятия «измерение».

Определение 1 (универсальное – измерение величин любой физической природы)

Измерение – это совокупность операций, направленных на установление такого значения коэффициента связи искомой и образцовой ФВ, при котором, в процессе сравнения, выполняется равенство,

$$\{x_0\}k_{cx\text{ var}} \Rightarrow \{x_0\}k_{ci} = \{x_i\}, \quad (41)$$

где k_{ci} – установленное значение коэффициента связи, при заданном значении образцовой ФВ x_0 , воспроизводимой мерой или стандартным образцом.

Определение 2 (измерение ФВ, единица которой может быть воспроизведена регулируемой многозначной мерой)

Измерение – это совокупность операций, направленная на установления такого значения образцовой ФВ, воспроизводимой многозначной мерой¹⁰, при котором, в процессе сравнения, выполняется равенство

$$\{x_0\text{ var}\}k_{cx} \Rightarrow \{x_{0i}\}k_{cx} = \{x_i\}, \quad (42)$$

где $\{x_{0i}\}$ – установленное значение образцовой меры, при заданном значении коэффициента связи k_{cx} .

Выводы

Впервые в мире, благодаря развитию теории и методов ИИ, записано универсальное уравнение измерений и его разные формы записи, – для измерений I-го, II-го и III-го родов. Универсальное уравнение измерений является обобщением уравнений избыточных измерений ФВ при нелинейных функциях преобразования ИК разной степени сложности. Получение универсального уравнения измерений и разных форм его записи еще раз подтверждает фундаментальность ТИИ.

Установлено, что все частные уравнения прямых и избыточных измерений могут быть выведены на основе универсального уравнения измерений. Этим подтверждается многообразие методов прямых и избыточных измерений.

Из приведенного универсального уравнения измерений и его частных случаев видно, что операция сравнения формализовано (математически) описывается посредством знака равенства непосредственно двух числовых значений, равенства нулю разности или равенства отношения числовых значений двух ФВ, одна из которых является образцовой, значению коэффициента связи, равному единице или некоторому иному значению коэффициента связи.

Показано, что в методах ИИ широко используется сравнение ФВ в виртуальном пространстве в виде операции отношения (реляции).

Приведены новые определения понятий «образцовая ФВ», «метод воспроизведения свойства», «прямые измерения», «избыточные измерения», «интеллектуальные измерения свойств и параметров уравнения состояния ИС «ОИ – СИИ», системное определение понятия «избыточные измерения», системное, обобщенное определение понятия «избыточные измерения ФВ и параметров функции состояния ИС», «результат измерений», «универсальное уравнение измерений», которые расширяют наши представления об измерениях, обогащают ТИИ и ее философские аспекты новыми понятиями и определениями.

Получены два новых определения понятия «измерение» на основе фундаментальных понятий: «образцовая ФВ», «операция сравнения» и «коэффициент связи». Показано, что для получения конечного результата измерений при постоянном значении коэффициента связи, используется образцовая ФВ, воспроизводимая регулируемой многозначной мерой, а при использовании образцовой ФВ одного установленного размера, производится изменение значения коэффициента связи.

Существование универсального уравнения измерений и его разных форм записи позволит по-новому подходить к решению измерительных задач, даст новый толчок к развитию теории и методов избыточных измерений в XXI веке.

Подчеркивается необходимость решения одной из важнейших проблем метрологии, – проблемы работы с метрологическими числами, которая неразрывно связана с разработкой теоретических основ и методологии работы с метрологическими и приближенными числами, с созданием языком высокого уровня и специального прикладного программного обеспечения, с решением задач автоматического ввода-вывода метрологических чисел в микропроцессор и их автоматической обработки.

Объединение усилий ученых-метрологов, математиков и программистов обеспечит решение проблемы работы с метрологическими числами и даст возможность осуществить новый прорыв в научном и прецизионном приборостроении.

¹⁰ Создание стандартных образцов веществ и материалов, воспроизводимых с заданной погрешностью ряд значений ФВ в заданном диапазоне значений пока проблематично.

1. Кондратов В.Т. Новая стратегия измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 2008. – № 3. – С. 101-121.
2. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 1. – С. 7-24.
3. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений /В сб. докладов международной научно-технической конференции „Метрологическое обеспечение измерительных систем”. Под ред. А.А.Данилова. – Пенза, 2005. – С.191-210.
4. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений // Комп’ютерні засоби, мережі та системи. Зб. наук. праць / НАН України. Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова, Наук. рада НАН України з проб. „Кібернетика, Редкол.: Романов В.О. (відп. ред.) та ін. – Київ, 2006. – С. 23-33.
5. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений – стратегическая теория XXI века // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2007 – спецвипуск. Науково-технічний журнал. Черкаси: ЧДТУ, 2007. – С. 120-122.
6. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений – теория мирового значения // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 1. – С. 152-160.
7. Кондратов В.Т. Фундаментальная теория избыточных измерений: особенности и обобщенная структура. Сообщение 1 // Законодательная и прикладная метрология. – 2009. – № 4. – С. 15-30.
8. Кондратов В.Т. Фундаментальная теория избыточных измерений // Официальный каталог. V-я Международная специализированная выставка-конкурс средств измерений, испытательного и лабораторного оборудования «МЕТРОЛОГИЯ-2009». Первый Всероссийского симпозиума метрологов. М.: ВВЦ. 19-21 мая 2009. – Москва. – С. 36-37.
9. Кондратов В.Т. Фундаментальная теория избыточных измерений: обобщенная структура и ее особенности. Сообщение 2.1 // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 3. – С. 116-130.
10. Кондратов В.Т. Признаки фундаментальности физических теорий // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 4. – С. 81-92.
11. РМГ 29-99. Метрология. Основные термины и определения. Издание официальное. Минск, 2002. – 44 с.
12. Стандартные образцы. Стандартные растворы для спектрального анализа. Калибровочные растворы. <http://labtest.su/spectrometer/list-standards.html>.
13. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. <http://www.ximuk.ru/ssm/99.html>.
14. Иррациональные числа. <http://www.bymath.net/studyguide/alg/sec/alg18.html>.
15. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. – К.: Вища шк., 1976. – 432 с.
16. Кондратов В.Т. Проблема работы с метрологическими числами – проблема, которая объединит метрологию, информатику и вычислительную технику // Комп’ютерні засоби, мережі та системи. – 2008. – № 7. – С. 13-22.
17. Юровицкий В.М. Компьютерная катастрофа приближается. Третья вычислительная революция / <http://www.Ibe.ru/cgi-bin/href/Yurovitsky?171>.
18. Метрологическое обеспечение качества текстильных материалов и товаров / Методические указания к лабораторным работам по курсам „Общая теория измерений”, „Метрология, стандартизация и сертификация” и „Стандартизация, метрология и сертификация” для студентов специальностей 200503 – стандартизация и сертификация, 080401– товароведение и экспертиза товаров, 080301 – коммерция (торговое дело) и 220501 – управление качеством. – Иваново, 2004. – 24 с.

Надійшла 22.11.2009 р.

МЕТОД РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ В АНТАГОНІСТИЧНІЙ ГРІ, ДЕ ГРАВЕЦЬ ВОЛОДІЄ НЕЗЛІЧЕННОЮ МНОЖИНОЮ ЧИСТИХ СТРАТЕГІЙ, ПРИ ВІДОМІЙ КІЛЬКОСТІ ПАРТІЙ ГРИ

Представлено основи методу реалізації оптимальних змішаних стратегій у довільній антагоністичній грі з порожньою множиною сідлових точок у чистих стратегіях з наперед відомою кількістю партій гри, де гравець володіє незліченною множиною чистих стратегій. Розроблений метод базується на дискретизації оптимальних змішаних стратегій та визначенні гравцем тих чистих стратегій, які він обирає, за допомогою розігрування рівномірно розподілених на одиничному напівсегменті випадкових величин, а також при обчисленні поточних імовірностей обирання чистих стратегій іншим гравцем.

There have been represented the fundamentals of the method of realizing the optimal mixed strategies in a voluntary antagonistic game with the empty set of the saddle points in the pure strategies with the known quantity of the game parties in advance, where a player possesses the innumerable set of the pure strategies. The developed method is based on sampling the optimal mixed strategies and on the determination by the player of the being selected pure strategies, with help of raffling the uniformly distributed on the unit half-segment variates, and also by computing the current probabilities of selecting the pure strategies by the other player.

Ключові слова: антагоністична гра з порожньою множиною сідлових точок, дискретизація оптимальних змішаних стратегій.

Формулювання завдання дослідження

Прийняття оптимальних рішень в умовах конфліктних ситуацій пов'язано насамперед з розв'язуванням антагоністичних ігор. Відомі методи розв'язування матричних та неперервних антагоністичних ігор з порожньою множиною сідлових точок у чистих стратегіях дозволяють знаходити їх розв'язки у змішаних стратегіях, де довільна пара оптимальних змішаних стратегій гравців складає ситуацію рівноваги і, таким чином, задовольняє відомому принципу оптимальності [1, 2]. Практична реалізація гравцем його оптимальних змішаних стратегій у реальних процесах розроблена та досліджена у роботах [3 — 7]. У роботі [8] представлено основи методу реалізації оптимальних змішаних стратегій у довільній матричній грі з порожньою множиною сідлових точок у чистих стратегіях з відомою наперед кількістю партій гри. Розроблений у тій роботі метод базується на визначенні гравцем тих чистих стратегій, які він обирає, за допомогою розігрування рівномірно розподілених на одиничному напівсегменті випадкових величин, а також обчисленні поточних імовірностей обирання чистих стратегій іншим гравцем. Завданням теперішнього дослідження є розробка методу реалізації оптимальних змішаних стратегій в антагоністичній грі, де принаймні один гравець володіє незліченною множиною чистих стратегій, а кількість майбутніх партій гри є відомою.

Метод реалізації оптимальної змішаної стратегії з нескінченим спектром

Нагадаємо, що згідно з результатами роботи [8] при відомій кількості партій гри $G < \infty$ метод реалізації оптимальної змішаної стратегії у матричній $M \times N$ -грі, де $M \in \mathbb{N} \setminus \{1\}$, $N \in \mathbb{N} \setminus \{1\}$, полягає у наступному. Нехай перший гравець володіє множиною $X = \{x_i\}_{i=1}^M$ чистих стратегій, а другий — множиною $Y = \{y_j\}_{j=1}^N$ чистих стратегій. Нехай оптимальною змішаною стратегією першого гравця буде вектор

$$\hat{\mathbf{X}} = [\hat{p}_1 \quad \hat{p}_2 \quad \dots \quad \hat{p}_{M-1} \quad \hat{p}_M], \quad (1)$$

а оптимальною змішаною стратегією другого гравця — вектор

$$\check{\mathbf{Y}} = [\check{q}_1 \quad \check{q}_2 \quad \dots \quad \check{q}_{N-1} \quad \check{q}_N]. \quad (2)$$

Ці вектори, звісно, задовольняють очевидним вимогам:

$$\hat{\mathbf{X}} \in \mathbb{R}^M, \quad \hat{p}_i \in [0; 1] \quad \forall i = \overline{1, M}, \quad \sum_{i=1}^M \hat{p}_i = 1, \quad (3)$$

$$\check{\mathbf{Y}} \in \mathbb{R}^N, \quad \check{q}_j \in [0; 1] \quad \forall j = \overline{1, N}, \quad \sum_{j=1}^N \check{q}_j = 1. \quad (4)$$

За спектром

$$\text{supp } \widehat{\mathbf{X}} = \{x_i \in X : \widehat{p}_i > 0\} = \{x_{i_k}\}_{k=1}^K \quad (5)$$

оптимальної стратегії (1) першого гравця формується вектор відповідних імовірностей

$$\widehat{\mathbf{X}}_0 = [\widehat{p}_{i_1} \quad \widehat{p}_{i_2} \quad \dots \quad \widehat{p}_{i_{K-1}} \quad \widehat{p}_{i_K}], \quad (6)$$

де $K \leq M$, $i_k < i_{k+1} \quad \forall k = \overline{1, K-1}$ та $i_k \in \{i\}_{i=1}^M \quad \forall k = \overline{1, K}$. Аналогічно за спектром

$$\text{supp } \check{\mathbf{Y}} = \{y_j \in Y : \check{q}_j > 0\} = \{y_{j_l}\}_{l=1}^L \quad (7)$$

оптимальної стратегії (2) другого гравця формується вектор відповідних імовірностей

$$\check{\mathbf{Y}}_0 = [\check{q}_{j_1} \quad \check{q}_{j_2} \quad \dots \quad \check{q}_{j_{L-1}} \quad \check{q}_{j_L}], \quad (8)$$

де $L \leq N$, $j_l < j_{l+1} \quad \forall l = \overline{1, L-1}$ та $j_l \in \{j\}_{j=1}^N \quad \forall l = \overline{1, L}$. Якщо позначити через $\mathbf{W} = (w_{ij})_{M \times N}$ матрицю цієї гри, то значенням гри буде число

$$V_{\text{opt}} = \widehat{\mathbf{X}} \mathbf{W} (\check{\mathbf{Y}})^T = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N w_{ij} \widehat{p}_i \check{q}_j. \quad (9)$$

Перший гравець попередньо обирає свої чисті стратегії, розігруючи $K-1$ рівномірно розподілену на напівсегменті $[0; 1)$ випадкову величину $\{\Theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ зі значеннями $\{\theta_k\}_{k=1}^{K-1}$, причому випадкова величина Θ_k розігрується завжди перед випадковою величиною $\Theta_{k+1} \quad \forall k = \overline{1, K-2}$. Якщо значення

$$\theta_u < \widehat{p}_{i_u} \frac{1}{1 - \sum_{k=1}^{u-1} \widehat{p}_{i_k}} \quad (10)$$

випадкової величини Θ_u , то перший гравець попередньо обирає чисту стратегію $x_{i_u} \quad \forall u = \overline{1, K-1}$; інакше, якщо

$$\theta_u \geq \widehat{p}_{i_u} \frac{1}{1 - \sum_{k=1}^{u-1} \widehat{p}_{i_k}}, \quad (11)$$

то перший гравець має розіграти випадкову величину $\Theta_{u+1} \quad \forall u = \overline{1, K-2}$ та має попередньо обирати чисту стратегію x_{i_K} при $u = K-1$. Другий гравець попередньо обирає свої чисті стратегії, незалежно від першого гравця розігруючи $L-1$ рівномірно розподілену на напівсегменті $[0; 1)$ випадкову величину $\{\Xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ зі значеннями $\{\xi_l\}_{l=1}^{L-1}$, причому випадкова величина Ξ_l розігрується завжди перед випадковою величиною $\Xi_{l+1} \quad \forall l = \overline{1, L-2}$. Якщо значення

$$\xi_v < \check{q}_{j_v} \frac{1}{1 - \sum_{l=1}^{v-1} \check{q}_{j_l}} \quad (12)$$

випадкової величини Ξ_v , то другий гравець попередньо обирає чисту стратегію $y_{j_v} \quad \forall v = \overline{1, L-1}$; інакше, якщо

$$\xi_v \geq \check{q}_{j_v} \frac{1}{1 - \sum_{l=1}^{v-1} \check{q}_{j_l}}, \quad (13)$$

то другий гравець має розіграти випадкову величину $\Xi_{v+1} \quad \forall v = \overline{1, L-2}$ та має попередньо обирати чисту

стратегію y_{j_l} при $v = L - 1$.

Реальний виграш першого гравця у g -й партії гри позначатимемо $V(g)$, де $g = \overline{1, G}$. У першій партії гри перший гравець при попередньому виборі чистої стратегії x_{i_r} за умови

$$\tilde{V}(x_{i_r}, 1) = \sum_{j=1}^L w_{i_r, j} \tilde{q}_{j_l} \geq V_{\text{opt}} - \delta_1(1) \quad (14)$$

обирає чисту стратегію x_{i_r} уже остаточно, де $r \in \{k\}_{k=1}^K$ і число

$$\delta_1(1) \leq V_{\text{opt}} - V_{\text{low}} = V_{\text{opt}} - \max_{i=1, M} \min_{j=1, N} w_{ij} \quad (15)$$

є допуском втрати першого гравця у першій партії гри. Отже, якщо при виборі деякої чистої стратегії x_{i_r} має місце

$$\tilde{V}(x_{i_r}, 1) = \sum_{j=1}^L w_{i_r, j} \tilde{q}_{j_l} < V_{\text{opt}} - \delta_1(1), \quad (16)$$

де $t \in \{k\}_{k=1}^K$, то перший гравець розіграє випадкові величини $\{\Theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ зі значеннями $\{\theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії x_{i_r} не буде виконано нерівність (14). Далі перший гравець для себе робить позначення

$$\begin{aligned} \tilde{Y}_0 &= [\tilde{q}_{j_1} \quad \tilde{q}_{j_2} \quad \dots \quad \tilde{q}_{j_{L-1}} \quad \tilde{q}_{j_L}] = [q_{j_1}(1) \quad q_{j_2}(1) \quad \dots \quad q_{j_{L-1}}(1) \quad q_{j_L}(1)] = \\ &= \left[\frac{c_1(1)}{G} \quad \frac{c_2(1)}{G} \quad \dots \quad \frac{c_{L-1}(1)}{G} \quad \frac{c_L(1)}{G} \right], \end{aligned} \quad (17)$$

де $c_l(1) = G\tilde{q}_{j_l} \quad \forall l = \overline{1, L}$. Взагалі, у g -й партії гри, де $g = \overline{2, G}$, перший гравець після вибору другим гравцем у попередній $(g-1)$ -й партії чистої стратегії y_{j_s} , $s \in \{l\}_{l=1}^L$, обчислює імовірність

$$\begin{aligned} q_{j_s}(g) &= \frac{c_s(g-1) - 1}{G} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_s(g-1) - 1]}{2} = \frac{c_s(g)}{G} = \\ &= q_{j_s}(g-1) \frac{c_s(g-1) - 1}{c_s(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_s(g-1) - 1]}{2}, \end{aligned} \quad (18)$$

а також імовірності

$$q_{j_l}(g) = q_{j_l}(g-1) \frac{1 - q_{j_s}(g-1) \frac{c_s(g-1) - 1}{c_s(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_s(g-1) - 1]}{2}}{1 - q_{j_s}(g-1)} = \frac{c_l(g)}{G}, \quad \forall l \in \{\overline{1, L}\} \setminus \{s\}. \quad (19)$$

Якщо при виборі деякої чистої стратегії x_{i_r} має місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_{i_r}, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{l=1}^L w_{i_r, l} q_{j_l}(g)}{g} < V_{\text{opt}} - \delta_1(g), \quad (20)$$

де $t \in \{k\}_{k=1}^K$, то перший гравець розіграє випадкові величини $\{\Theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ зі значеннями $\{\theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії x_{i_r} не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_{i_r}, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{l=1}^L w_{i_r, l} q_{j_l}(g)}{g} \geq V_{\text{opt}} - \delta_1(g), \quad (21)$$

де $r \in \{k\}_{k=1}^K$ і $0 < \delta_1(g) < \delta_1(g-1) \quad \forall g = \overline{2, G}$. Функція допусків втрат $\delta_1(g)$ між кожними двома сусідніми її коригуваннями визначається як

$$\delta_1(g) = \frac{1}{g\beta_1 g^{a_1}}, \quad (22)$$

де значення

$$\beta_1 \geq \frac{1}{V_{\text{opt}} - V_{\text{low}}} = \frac{1}{V_{\text{opt}} - \max_{i=1, M} \min_{j=1, N} w_{ij}} \quad (23)$$

визначається у точці $g = 1$ або у точках коригування, а степеневий показник $a_1 > 0$ можна покласти рівним одиниці. Згадане коригування функції (22) виникає у випадках, коли у g_0 -й партії гри, де $g = g_0$, $g_0 \in \{\overline{2, G}\}$, неможливо виконати нерівність (21), і тоді першому гравцю необхідно скоригувати у точці g_0 функцію $\delta_1(g)$ так, щоб нерівність (21) виконувалась хоча б для однієї чистої стратегії x_r зі спектру (5).

Аналогічно має діяти і другий гравець. Він у першій партії гри при попередньому виборі чистої стратегії y_{j_s} , $s \in \{l\}_{l=1}^L$, за умови

$$\tilde{V}(y_{j_s}, 1) = \sum_{k=1}^K w_{k j_s} \hat{p}_{i_k} \leq V_{\text{opt}} + \delta_2(1) \quad (24)$$

обирає чисту стратегію y_{j_s} уже остаточно, де число

$$\delta_2(1) \leq V_{\text{up}} - V_{\text{opt}} = \min_{j=1, N} \max_{i=1, M} w_{ij} - V_{\text{opt}} \quad (25)$$

є допуском втрати другого гравця у першій партії гри. Отже, якщо при виборі деякої чистої стратегії y_{j_h} має місце

$$\tilde{V}(y_{j_h}, 1) = \sum_{k=1}^K w_{k j_h} \hat{p}_{i_k} > V_{\text{opt}} + \delta_2(1), \quad (26)$$

де $h \in \{l\}_{l=1}^L$, то другий гравець розіграє випадкові величини $\{\Xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ зі значеннями $\{\xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії y_{j_s} не буде виконано нерівність (24). Далі другий гравець для себе робить позначення

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{X}}_0 &= [\hat{p}_{i_1} \quad \hat{p}_{i_2} \quad \dots \quad \hat{p}_{i_{k-1}} \quad \hat{p}_{i_k}] = [p_{i_1}(1) \quad p_{i_2}(1) \quad \dots \quad p_{i_{k-1}}(1) \quad p_{i_k}(1)] = \\ &= \left[\frac{d_1(1)}{G} \quad \frac{d_2(1)}{G} \quad \dots \quad \frac{d_{k-1}(1)}{G} \quad \frac{d_k(1)}{G} \right], \end{aligned} \quad (27)$$

де $d_k(1) = G\hat{p}_{i_k} \quad \forall k = \overline{1, K}$. Тоді після вибору першим гравцем у попередній $(g-1)$ -й партії гри чистої стратегії x_r , $r \in \{k\}_{k=1}^K$, другий гравець обчислює імовірність

$$\begin{aligned} p_{i_r}(g) &= \frac{d_r(g-1) - 1}{G} \cdot \frac{1 + \text{sign}[d_r(g-1) - 1]}{2} = \frac{d_r(g)}{G} = \\ &= p_{i_r}(g-1) \cdot \frac{d_r(g-1) - 1}{d_r(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[d_r(g-1) - 1]}{2}, \end{aligned} \quad (28)$$

а також імовірності

$$p_{i_k}(g) = p_{i_k}(g-1) \cdot \frac{1 - p_{i_r}(g-1) \cdot \frac{d_r(g-1) - 1}{d_r(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[d_r(g-1) - 1]}{2}}{1 - p_{i_r}(g-1)} = \frac{d_k(g)}{G}, \quad \forall k \in \{\overline{1, K}\} \setminus \{r\}. \quad (29)$$

Якщо при виборі деякої чистої стратегії y_{j_h} має місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_{j_h}, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{k=1}^K w_{i_k j_h} p_{i_k}(g)}{g} > V_{\text{opt}} + \delta_2(g), \quad (30)$$

де $h \in \{l\}_{l=1}^L$, то другий гравець розіграє випадкові величини $\{\Xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ зі значеннями $\{\xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії y_{j_s} не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_{j_s}, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{k=1}^K w_{i_k j_s} p_{i_k}(g)}{g} \leq V_{\text{opt}} + \delta_2(g), \quad (31)$$

де $s \in \{l\}_{l=1}^L$ і $0 < \delta_2(g) < \delta_2(g-1) \quad \forall g = \overline{2, G}$. Функція допусків втрат $\delta_2(g)$ між кожними двома сусідніми її коригуваннями визначається як

$$\delta_2(g) = \frac{1}{g \beta_2 g^{a_2}}, \quad (32)$$

де значення

$$\beta_2 \geq \frac{1}{V_{\text{up}} - V_{\text{opt}}} = \frac{1}{\min_{j=1, N} \max_{i=1, M} w_{ij} - V_{\text{opt}}} \quad (33)$$

аналогічно значенню (23) визначається у точці $g=1$ або у точках коригування, а степеневий показник $a_2 > 0$ можна покласти рівним одиниці. Як і для першого гравця, згадане коригування функції (33) виникає у випадках, коли у g_0 -й партії гри, де $g = g_0$, $g_0 \in \{\overline{2, G}\}$, неможливо виконати нерівність (31), і тоді другому гравцю необхідно скоригувати у точці g_0 функцію $\delta_2(g)$ так, щоб нерівність (31) виконувалась хоча б для однієї чистої стратегії y_{j_s} зі спектру (7).

Проте коли один з гравців має нескінченну множину чистих стратегій, що належать спектру його оптимальної змішаної стратегії, то описаний метод реалізації оптимальної змішаної стратегії має бути адаптований до випадку $M = \infty$ або $N = \infty$. Надалі для спрощення викладень домовимося про те, щоб не виділяти спектр, оскільки це, власне, не принципово [9]. Припустимо, що перший гравець володіє неперервною множиною $X = [0; 1]$ чистих стратегій, а також оптимальною змішаною стратегією $\bar{p}(x)$ як функцією (рис. 1 у [9, с. 198]) від чистої стратегії $x \in X$, причому спектр цієї оптимальної змішаної стратегії є нескінченним [1, 2, 10]. Тут інтеграл

$$\int_0^1 \bar{p}(x) dx = 1 \quad (34)$$

еквівалентний сумі у формулі (3). Розіб'ємо сегмент $X = [0; 1]$ на такі напівсегменти, щоб функція $\bar{p}(x)$ на кожному з них була практично незмінною (рис. 2 у [9, с. 199]). Для цього необхідно виконання наступних двох умов для кожного напівсегменту:

$$\frac{d\bar{p}(x)}{dx} \geq 0 \text{ або } \frac{d\bar{p}(x)}{dx} \leq 0 \quad \forall x \in [x_{k-1}; x_k] \text{ при } k = \overline{1, K}, \quad (35)$$

де $x_0 \equiv 0$ та $x_K \equiv 1$;

$$\left| \frac{d\bar{p}(x)}{dx} \right| \leq a \quad \forall x \in [x_{k-1}; x_k] \text{ при } k = \overline{1, K}, \quad (36)$$

де параметр a може бути названий допустимою мінливістю оптимальної змішаної стратегії $\bar{p}(x)$.

Очевидно, що цей параметр не може бути чітко визначений, оскільки залежить від необхідної точності і швидкості розрахунків, причому з його збільшенням обчислювальна швидкість зростає, а точність спадає. Тому приблизно $a \in (0.001; 0.01)$ або навіть $a \leq 0.1$. Крім того, ще двома умовами, котрі необхідно виконувати для кожного зазначеного напівсегменту, є умови достатньої гладкості ядра гри $W(x, y)$ на кожному з них, де y — чиста стратегія другого гравця з множини Y усіх його чистих стратегій. Для множини $Y = [0; 1]$ першою з цих умов є

$$\frac{\partial^2 W(x, y)}{\partial x \partial y} \geq 0 \text{ або } \frac{\partial^2 W(x, y)}{\partial x \partial y} \leq 0 \quad \forall x \in [x_{k-1}; x_k) \text{ при } k = \overline{1, K} \text{ та } \forall y \in [0; 1]. \quad (37)$$

Якщо множина Y є дискретною скінченною множиною, тобто $Y = \{y_j\}_{j=1}^N$ при $N \in \mathbb{N} \setminus \{1\}$, то умова (37) буде формулюватися так:

$$\frac{\partial W(x, y_l)}{\partial x} - \frac{\partial W(x, y_{l-1})}{\partial x} \geq 0 \text{ або } \frac{\partial W(x, y_l)}{\partial x} - \frac{\partial W(x, y_{l-1})}{\partial x} \leq 0 \\ \forall x \in [x_{k-1}; x_k) \text{ при } k = \overline{1, K} \text{ та } l = \overline{2, L}. \quad (38)$$

Друга умова достатньої гладкості ядра гри для $Y = [0; 1]$ формулюється таким чином:

$$\left| \frac{\partial^2 W(x, y)}{\partial x \partial y} \right| \leq b \quad \forall x \in [x_{k-1}; x_k) \text{ при } k = \overline{1, K} \text{ та } \forall y \in [0; 1]. \quad (39)$$

Для дискретної скінченної множини $Y = \{y_j\}_{j=1}^N$ умова (39) пишеться як

$$\left| \frac{\partial W(x, y_l)}{\partial x} - \frac{\partial W(x, y_{l-1})}{\partial x} \right| \leq b \quad \forall x \in [x_{k-1}; x_k) \text{ при } k = \overline{1, K} \text{ та } l = \overline{2, L}, \quad (40)$$

де параметр b є допустимою мінливістю ядра, причому $b \in (0.001; 0.01)$ або навіть $b \leq 0.1$, оскільки ця мінливість також залежить від необхідної точності і швидкості розрахунків. Слід зауважити, що допустимі мінливості a та b не обов'язково мають бути одного порядку, оскільки функція $\hat{p}(x)$ та поверхня $W(x, y)$ можуть змінюватись по-різному як за аргументом, так і за градієнтом.

Тепер для реалізації своєї оптимальної змішаної стратегії $\hat{p}(x)$ перший гравець може використати множину чистих стратегій

$$\{x_{k-1}\}_{k=1}^K = \{0, \{x_k\}_{k=1}^{K-1}\} = \{0, x_1, x_2, \dots, x_{K-2}, x_{K-1}\} \quad (41)$$

з відповідними імовірностями їх обирання

$$\{\hat{p}(x_{k-1})\gamma\}_{k=1}^K = \{\hat{p}(0)\gamma, \{\hat{p}(x_k)\gamma\}_{k=1}^{K-1}\} = \{\hat{p}(0)\gamma, \hat{p}(x_1)\gamma, \hat{p}(x_2)\gamma, \dots, \hat{p}(x_{K-2})\gamma, \hat{p}(x_{K-1})\gamma\}, \quad (42)$$

де постійний крок дискретизації $\gamma = x_k - x_{k-1}$ при $k = \overline{1, K-1}$. Зауважимо, що в силу наближеної рівності

$$\sum_{k=1}^K \hat{p}(x_{k-1})\gamma \approx 1 \quad (43)$$

матимемо лише границю

$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} \sum_{k=1}^K \hat{p}(x_{k-1})\gamma = 1, \quad (44)$$

а не точну одиничну суму імовірностей (42). Далі перший гравець попередньо обирає свої чисті стратегії, розігруючи $K-1$ рівномірно розподілену на напівсегменті $[0; 1)$ випадкову величину $\{\Theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ зі значеннями $\{\theta_k\}_{k=1}^{K-1}$, причому випадкова величина Θ_k розігрується завжди перед випадковою величиною

$\Theta_{k+1} \forall k = 1, K-2$. Якщо значення

$$\theta_u < \frac{\bar{p}(x_{u-1})\gamma}{\sum_{k=1}^K \bar{p}(x_{k-1})\gamma - \sum_{k=1}^{u-1} \bar{p}(x_{k-1})\gamma} = \frac{\bar{p}(x_{u-1})}{\sum_{k=1}^K \bar{p}(x_{k-1}) - \sum_{k=1}^{u-1} \bar{p}(x_{k-1})} \quad (45)$$

випадкової величини Θ_u , то перший гравець попередньо обирає чисту стратегію $x_{u-1} \forall u = \overline{1, K-1}$; інакше, якщо

$$\theta_u \geq \frac{\bar{p}(x_{u-1})\gamma}{\sum_{k=1}^K \bar{p}(x_{k-1})\gamma - \sum_{k=1}^{u-1} \bar{p}(x_{k-1})\gamma} = \frac{\bar{p}(x_{u-1})}{\sum_{k=1}^K \bar{p}(x_{k-1}) - \sum_{k=1}^{u-1} \bar{p}(x_{k-1})}, \quad (46)$$

то перший гравець має розігравати випадкову величину $\Theta_{u+1} \forall u = \overline{1, K-2}$ та має попередньо обирати чисту стратегію x_{K-1} при $u = K-1$. Зазначимо, що у формулах (45) і (46) замість одиниці, яка фігурує у формулах (10) та (11) у знаменнику, покладено суму (43). Це зроблено для більш коректних розрахунків.

Нехай оптимальною змішаною стратегією другого гравця є (8). У першій партії гри перший гравець при попередньому виборі чистої стратегії x_r за умови

$$\tilde{V}(x_r, 1) = \sum_{l=1}^L W(x_r, y_{j_l}) \tilde{q}_{j_l} \geq V_{\text{opt}} - \delta_1(1) \quad (47)$$

обирає чисту стратегію x_r уже остаточно, де $r \in \{k-1\}_{k=1}^K$ і число

$$\delta_1(1) \leq V_{\text{opt}} - V_{\text{low}} = V_{\text{opt}} - \max_{x \in [0;1]} \min_{j=1, \overline{1, N}} W(x, y_j), \quad (48)$$

а значення гри

$$V_{\text{opt}} = \int_0^1 \sum_{j=1}^N W(x, y_j) \tilde{q}_j \bar{p}(x) dx. \quad (49)$$

Отже, якщо при виборі деякої чистої стратегії x_t має місце

$$\tilde{V}(x_t, 1) = \sum_{l=1}^L W(x_t, y_{j_l}) \tilde{q}_{j_l} < V_{\text{opt}} - \delta_1(1), \quad (50)$$

де $t \in \{k-1\}_{k=1}^K$, то перший гравець розіграє випадкові величини $\{\Theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ зі значеннями $\{\theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії x_r не буде виконано нерівність (47). Далі перший гравець для себе робить позначення (17), де $c_l(1) = G \tilde{q}_{j_l} \forall l = \overline{1, L}$. У g -й партії гри, де $g = \overline{2, G}$, перший гравець після вибору другим гравцем у попередній $(g-1)$ -й партії чистої стратегії y_{j_s} , $s \in \{l\}_{l=1}^L$, обчислює імовірність (18), а також імовірності (19). Якщо при виборі деякої чистої стратегії x_t має місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_t, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{l=1}^L W(x_t, y_{j_l}) q_{j_l}(g)}{g} < V_{\text{opt}} - \delta_1(g), \quad (51)$$

де $t \in \{k-1\}_{k=1}^K$, то перший гравець розіграє випадкові величини $\{\Theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ зі значеннями $\{\theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії x_r не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_r, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{l=1}^L W(x_r, y_{j_l}) q_{j_l}(g)}{g} \geq V_{\text{opt}} - \delta_1(g), \quad (52)$$

де $r \in \{k-1\}_{k=1}^K$ і $0 < \delta_1(g) < \delta_1(g-1) \quad \forall g = \overline{2, G}$.

Якщо оптимальною змішаною стратегією другого гравця є функція $\tilde{q}(y)$, що задана на множині $Y = [0; 1]$ чистих стратегій, то замість (47) — (50) у першій партії гри перший гравець оперує співвідношеннями

$$\tilde{V}(x_r, 1) = \int_0^1 W(x_r, y) \tilde{q}(y) dy \geq V_{\text{opt}} - \delta_1(1), \quad (53)$$

$$\delta_1(1) \leq V_{\text{opt}} - V_{\text{low}} = V_{\text{opt}} - \max_{x \in [0; 1]} \min_{y \in [0; 1]} W(x, y), \quad (54)$$

$$V_{\text{opt}} = \int_0^1 \int_0^1 W(x, y) \tilde{p}(x) \tilde{q}(y) dx dy, \quad (55)$$

$$\tilde{V}(x_t, 1) = \int_0^1 W(x_t, y) \tilde{q}(y) dy < V_{\text{opt}} - \delta_1(1). \quad (56)$$

А ось замість позначення (17) перший гравець далі має діяти подібно до дій другого гравця з його оптимальною змішаною стратегією $\tilde{q}(y)$ та еквівалентним сумі у формулі (4) інтегралом

$$\int_0^1 \tilde{q}(y) dy = 1. \quad (57)$$

Другий гравець розбиває сегмент $Y = [0; 1]$ на такі напівсегменти, щоб функція $\tilde{q}(y)$ разом з ядром $W(x, y)$ на кожному з них були практично незмінними. Для цього на кожному напівсегменті повинні виконуватись наступні аналогічні умовам (35) — (40) чотири умови:

$$\frac{d\tilde{q}(y)}{dy} \geq 0 \text{ або } \frac{d\tilde{q}(y)}{dy} \leq 0 \quad \forall y \in [y_{l-1}; y_l) \text{ при } l = \overline{1, L}, \quad (58)$$

де $y_0 \equiv 0$ та $y_L \equiv 1$;

$$\left| \frac{d\tilde{q}(y)}{dy} \right| \leq c \quad \forall y \in [y_{l-1}; y_l) \text{ при } l = \overline{1, L}, \quad (59)$$

де параметр $c \in (0.001; 0.01)$ або $c \leq 0.1$; при $X = [0; 1]$

$$\frac{\partial^2 W(x, y)}{\partial x \partial y} \geq 0 \text{ або } \frac{\partial^2 W(x, y)}{\partial x \partial y} \leq 0 \quad \forall y \in [y_{l-1}; y_l) \text{ при } l = \overline{1, L} \text{ та } \forall x \in [0; 1], \quad (60)$$

а при $X = \{x_i\}_{i=1}^M$ для $M \in \mathbb{N} \setminus \{1\}$

$$\frac{\partial W(x_k, y)}{\partial y} - \frac{\partial W(x_{k-1}, y)}{\partial y} \geq 0 \text{ або } \frac{\partial W(x_k, y)}{\partial y} - \frac{\partial W(x_{k-1}, y)}{\partial y} \leq 0$$

$$\forall y \in [y_{l-1}; y_l) \text{ при } l = \overline{1, L} \text{ та } k = \overline{2, K}; \quad (61)$$

ще також для множини $X = [0; 1]$

$$\left| \frac{\partial^2 W(x, y)}{\partial x \partial y} \right| \leq d \quad \forall y \in [y_{l-1}; y_l) \text{ при } l = \overline{1, L} \text{ та } \forall x \in [0; 1], \quad (62)$$

а для множини $X = \{x_i\}_{i=1}^M$

$$\left| \frac{\partial W(x_k, y)}{\partial y} - \frac{\partial W(x_{k-1}, y)}{\partial y} \right| \leq d \quad \forall y \in [y_{l-1}; y_l) \text{ при } l = \overline{1, L} \text{ та } k = \overline{2, K}, \quad (63)$$

де параметр $d \in (0.001; 0.01)$ або $d \square 0.1$.

Тепер для реалізації своєї оптимальної змішаної стратегії $\tilde{q}(y)$ другий гравець може використати множину чистих стратегій

$$\{y_{l-1}\}_{l=1}^L = \{0, \{y_l\}_{l=1}^{L-1}\} = \{0, y_1, y_2, \dots, y_{L-2}, y_{L-1}\} \quad (64)$$

з відповідними імовірностями їх обирання

$$\{\tilde{q}(y_{l-1})\lambda\}_{l=1}^L = \{\tilde{q}(0)\lambda, \{\tilde{q}(y_l)\lambda\}_{l=1}^{L-1}\} = \{\tilde{q}(0)\lambda, \tilde{q}(y_1)\lambda, \tilde{q}(y_2)\lambda, \dots, \tilde{q}(y_{L-2})\lambda, \tilde{q}(y_{L-1})\lambda\}, \quad (65)$$

де постійний крок дискретизації $\lambda = y_l - y_{l-1}$ при $l = \overline{1, L-1}$. Ці стратегії може виписати і перший гравець у формі вектора відповідних імовірностей

$$\begin{aligned} & [\tilde{q}(0)\lambda \quad \tilde{q}(y_1)\lambda \quad \dots \quad \tilde{q}(y_{L-2})\lambda \quad \tilde{q}(y_{L-1})\lambda] = \\ & = [q(0, 1)\lambda \quad q(y_1, 1)\lambda \quad \dots \quad q(y_{L-2}, 1)\lambda \quad q(y_{L-1}, 1)\lambda] = \\ & = \left[\frac{c_1(1)}{G} \quad \frac{c_2(1)}{G} \quad \dots \quad \frac{c_{L-1}(1)}{G} \quad \frac{c_L(1)}{G} \right], \end{aligned} \quad (66)$$

де $c_l(1) = G\tilde{q}(y_{l-1})\lambda \quad \forall l = \overline{1, L}$. У g -й партії гри, де $g = \overline{2, G}$, перший гравець після вибору другим гравцем у попередній $(g-1)$ -й партії чистої стратегії $y_s, s \in \{l-1\}_{l=1}^L$, обчислює імовірність

$$\begin{aligned} q(y_s, g)\lambda &= \frac{c_{s+1}(g-1)-1}{G} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_{s+1}(g-1)-1]}{2} = \frac{c_{s+1}(g)}{G} = \\ &= q(y_s, g-1)\lambda \frac{c_{s+1}(g-1)-1}{c_{s+1}(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_{s+1}(g-1)-1]}{2}, \end{aligned} \quad (67)$$

а також імовірності

$$\begin{aligned} q(y_l, g)\lambda &= q(y_l, g-1)\lambda \frac{\sum_{v=1}^L \tilde{q}(y_{l-1})\lambda - q(y_s, g-1)\lambda \frac{c_{s+1}(g-1)-1}{c_{s+1}(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_{s+1}(g-1)-1]}{2}}{\sum_{v=1}^L \tilde{q}(y_{l-1})\lambda - q(y_s, g-1)\lambda} = \\ &= \frac{c_{l+1}(g)}{G}, \quad \forall l \in \{\overline{0, L-1}\} \setminus \{s\}, \end{aligned} \quad (68)$$

де у порівнянні з формулами (18) і (19) враховано, що

$$\sum_{l=1}^L \tilde{q}(y_{l-1})\lambda \approx 1, \quad (69)$$

$$\lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{l=1}^L \tilde{q}(y_{l-1})\lambda = 1. \quad (70)$$

Якщо при виборі деякої чистої стратегії x_t має місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_t, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{l=0}^{L-1} W(x_t, y_l)q(y_l, g)\lambda}{g} < V_{\text{opt}} - \delta_1(g), \quad (71)$$

де $t \in \{k-1\}_{k=1}^K$, то перший гравець розіграє випадкові величини $\{\Theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ зі значеннями $\{\theta_k\}_{k=1}^{K-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії x_t не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_r, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{l=0}^{L-1} W(x_r, y_l) q(y_l, g) \lambda}{g} \geq V_{\text{opt}} - \delta_1(g), \quad (72)$$

де $r \in \{k-1\}_{k=1}^K$ і $0 < \delta_1(g) < \delta_1(g-1) \quad \forall g = \overline{2, G}$. Так перший гравець реалізує свою оптимальну змішану стратегію $\hat{p}(x)$.

Другий гравець діє аналогічно, попередньо обираючи свої чисті стратегії при розігруванні $L-1$ рівномірно розподіленої на напівсегменті $[0; 1)$ випадкової величини $\{\Xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ зі значеннями $\{\xi_l\}_{l=1}^{L-1}$, причому випадкова величина Ξ_l розігрується завжди перед випадковою величиною $\Xi_{l+1} \quad \forall l = \overline{1, L-2}$. Якщо значення

$$\xi_v < \frac{\bar{q}(y_{v-1}) \lambda}{\sum_{l=1}^L \bar{q}(y_{l-1}) \lambda - \sum_{l=1}^{v-1} \bar{q}(y_{l-1}) \lambda} = \frac{\bar{q}(y_{v-1})}{\sum_{l=1}^L \bar{q}(y_{l-1}) - \sum_{l=1}^{v-1} \bar{q}(y_{l-1})} \quad (73)$$

випадкової величини Ξ_v , то другий гравець попередньо обирає чисту стратегію $y_{v-1} \quad \forall l = \overline{1, L-1}$; інакше, якщо

$$\xi_v \geq \frac{\bar{q}(y_{v-1}) \lambda}{\sum_{l=1}^L \bar{q}(y_{l-1}) \lambda - \sum_{l=1}^{v-1} \bar{q}(y_{l-1}) \lambda} = \frac{\bar{q}(y_{v-1})}{\sum_{l=1}^L \bar{q}(y_{l-1}) - \sum_{l=1}^{v-1} \bar{q}(y_{l-1})}, \quad (74)$$

то другий гравець має розіграти випадкову величину $\Xi_{v+1} \quad \forall v = \overline{1, L-2}$ та має попередньо обирати чисту стратегію y_{L-1} при $v = L-1$. Зазначимо, що у формулах (73) і (74) замість одиниці, яка фігурує у формулах (12) та (13) у знаменнику, покладено суму (69). Це, як і у (45) і (46), зроблено для більш коректних розрахунків.

Нехай оптимальною змішаною стратегією першого гравця є (6). У першій партії гри другий гравець при попередньому виборі чистої стратегії y_s за умови

$$\tilde{V}(y_s, 1) = \sum_{k=1}^K W(x_k, y_s) \hat{p}_k \leq V_{\text{opt}} + \delta_2(1) \quad (75)$$

обирає чисту стратегію y_s уже остаточно, де $s \in \{l-1\}_{l=1}^L$ і число

$$\delta_2(1) \leq V_{\text{up}} - V_{\text{opt}} = \min_{y \in [0; 1]} \max_{i=1, M} W(x_i, y) - V_{\text{opt}}, \quad (76)$$

а значення гри

$$V_{\text{opt}} = \int_0^1 \sum_{i=1}^M W(x_i, y) \hat{p}_i \bar{q}(y) dy. \quad (77)$$

Отже, якщо при виборі деякої чистої стратегії y_h має місце

$$\tilde{V}(y_h, 1) = \sum_{k=1}^K W(x_k, y_h) \hat{p}_k > V_{\text{opt}} + \delta_2(1), \quad (78)$$

де $h \in \{l-1\}_{l=1}^L$, то другий гравець розіграє випадкові величини $\{\Xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ зі значеннями $\{\xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії y_s не буде виконано нерівність (75). Далі другий гравець для себе робить позначення (27), де $d_k(1) = G \hat{p}_k \quad \forall k = \overline{1, K}$. У g -й партії гри, де $g = \overline{2, G}$, другий гравець після вибору першим гравцем у попередній $(g-1)$ -й партії чистої стратегії x_r , $t \in \{k-1\}_{k=1}^K$, обчислює імовірність (28), а також імовірності (29). Якщо при виборі деякої чистої стратегії y_h має місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_h, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{k=1}^K W(x_{i_k}, y_h) p_{i_k}(g)}{g} > V_{\text{opt}} + \delta_2(g), \quad (79)$$

де $h \in \{l-1\}_{l=1}^L$, то другий гравець розіграє випадкові величини $\{\Xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ зі значеннями $\{\xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії y_s не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_s, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{k=1}^K W(x_{i_k}, y_s) p_{i_k}(g)}{g} \leq V_{\text{opt}} + \delta_2(g), \quad (80)$$

де $s \in \{l-1\}_{l=1}^L$ і $0 < \delta_2(g) < \delta_2(g-1) \forall g = \overline{2, G}$.

Якщо оптимальною змішаною стратегією першого гравця є функція $\bar{p}(x)$, що задана на множині $X = [0; 1]$ чистих стратегій, то замість (75) — (78) у першій партії гри другий гравець оперує співвідношеннями

$$\tilde{V}(y_s, 1) = \int_0^1 W(x, y_s) \bar{p}(x) dx \leq V_{\text{opt}} + \delta_2(1), \quad (81)$$

$$\delta_2(1) \leq V_{\text{up}} - V_{\text{opt}} = \min_{y \in [0; 1]} \max_{x \in [0; 1]} W(x, y) - V_{\text{opt}}, \quad (82)$$

де значенням гри є подвійний інтеграл (55), а

$$\tilde{V}(y_h, 1) = \int_0^1 W(x, y_h) \bar{p}(x) dx > V_{\text{opt}} + \delta_2(1). \quad (83)$$

А ось замість позначення (27) другий гравець далі має діяти подібно до дій першого гравця з його оптимальною змішаною стратегією $\bar{p}(x)$ та розбиттям (35) — (40), де, використовуючи множину чистих стратегій (41) з відповідними імовірностями їх обирання (42), другий гравець робитиме позначення

$$\begin{aligned} & [\bar{p}(0)\gamma \quad \bar{p}(x_1)\gamma \quad \dots \quad \bar{p}(x_{K-2})\gamma \quad \bar{p}(x_{K-1})\gamma] = \\ & = [p(0, 1)\gamma \quad p(x_1, 1)\gamma \quad \dots \quad p(x_{K-2}, 1)\gamma \quad p(x_{K-1}, 1)\gamma] = \\ & = \left[\frac{d_1(1)}{G} \quad \frac{d_2(1)}{G} \quad \dots \quad \frac{d_{K-1}(1)}{G} \quad \frac{d_K(1)}{G} \right], \end{aligned} \quad (84)$$

де $d_k(1) = G\bar{p}(x_{k-1})\gamma \quad \forall k = \overline{1, K}$. У g -й партії гри, де $g = \overline{2, G}$, другий гравець після вибору першим гравцем у попередній $(g-1)$ -й партії чистої стратегії $x_r, r \in \{k-1\}_{k=1}^K$, обчислює імовірність

$$\begin{aligned} p(x_r, g)\gamma &= \frac{d_{r+1}(g-1) - 1 + \text{sign}[d_{r+1}(g-1) - 1]}{2} \cdot \frac{d_{r+1}(g)}{G} = \\ &= p(x_r, g-1)\gamma \frac{d_{r+1}(g-1) - 1 + \text{sign}[d_{r+1}(g-1) - 1]}{d_{r+1}(g-1)}, \end{aligned} \quad (85)$$

а також імовірності

$$\begin{aligned} p(x_k, g)\gamma &= p(x_k, g-1)\gamma \frac{\sum_{u=1}^K \bar{p}(x_{k-1})\gamma - p(x_r, g-1)\gamma \frac{d_{r+1}(g-1) - 1 + \text{sign}[d_{r+1}(g-1) - 1]}{d_{r+1}(g-1)}}{\sum_{u=1}^K \bar{p}(x_{k-1})\gamma - p(x_r, g-1)\gamma} = \\ &= \frac{d_{k+1}(g)}{G}, \quad \forall k \in \{\overline{0, K-1}\} \setminus \{r\}, \end{aligned} \quad (86)$$

де у порівнянні з формулами (28) і (29) враховано, що мають місце (43) і (44). Якщо при виборі деякої чистої стратегії y_h має місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_h, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{k=0}^{K-1} W(x_k, y_h) p(x_k, g) \gamma}{g} > V_{\text{opt}} + \delta_2(g), \quad (87)$$

де $h \in \{l-1\}_{l=1}^L$, то другий гравець розіграє випадкові величини $\{\Xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ зі значеннями $\{\xi_l\}_{l=1}^{L-1}$ до того моменту, доки для деякої чистої стратегії y_s не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_s, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{k=0}^{K-1} W(x_k, y_s) p(x_k, g) \gamma}{g} \leq V_{\text{opt}} + \delta_2(g), \quad (88)$$

де $s \in \{l-1\}_{l=1}^L$ і $0 < \delta_2(g) < \delta_2(g-1) \quad \forall g = \overline{2, G}$. Так другий гравець реалізує свою оптимальну змішану стратегію $\tilde{q}(y)$.

Висновки та перспектива подальших досліджень

При наперед відомій кількості G партій гри в антагоністичній грі з порожньою множиною сідлових точок у чистих стратегіях, де перший гравець володіє оптимальною змішаною стратегією $\tilde{p}(x)$ з нескінченним спектром, йому необхідно виконувати розбиття (35) — (40) і визначитися з чистими стратегіями (41) та з відповідними імовірностями їх обирання (42). Чисті стратегії перший гравець попередньо обирає за співвідношеннями (45) і (46). Далі він визначає свою функцію допусків втрат $\delta_1(g)$. Якщо оптимальною змішаною стратегією другого гравця є (8), то перед кожною g -ю партією гри за результатами вибору другого гравця у $(g-1)$ -й партії перший гравець перераховує за формулами (18) та (19) імовірності обирання другим гравцем його чистих стратегій у поточній, g -й партії гри. Перший гравець слідкує за тим, щоб обрана чиста стратегія x_r задовольняла нерівності (52). Якщо ж оптимальною змішаною стратегією другого гравця є функція $\tilde{q}(y)$, що задана на множині $Y = [0; 1]$ чистих стратегій, то перший гравець для себе виписує множину чистих стратегій другого гравця (64) з відповідними імовірностями їх обирання (65) за допомогою розбиття (58) — (63). І тоді замість обчислення імовірностей (18) та (19) перший гравець обчислює імовірності (67) і (68), зробивши позначення (66). Тут він слідкує за тим, щоб обрана чиста стратегія x_r задовольняла нерівності (72).

Другий гравець, володіючи оптимальною змішаною стратегією $\tilde{q}(y)$ в антагоністичній грі з порожньою множиною сідлових точок у чистих стратегіях з наперед відомою кількістю G партій гри, має діяти аналогічно. Спочатку він виконує розбиття (58) — (63) для визначення своєї множини чистих стратегій (64) з відповідними імовірностями їх обирання (65). Чисті стратегії другий гравець попередньо обирає за співвідношеннями (73) і (74). Далі він визначає свою функцію допусків втрат $\delta_2(g)$. Якщо оптимальною змішаною стратегією першого гравця є (6), то перед кожною g -ю партією гри за результатами вибору першого гравця у $(g-1)$ -й партії другий гравець перераховує за формулами (28) та (29) імовірності обирання першим гравцем його чистих стратегій у поточній, g -й партії гри. Другий гравець слідкує за тим, щоб обрана чиста стратегія y_s задовольняла нерівності (80). Якщо ж оптимальною змішаною стратегією першого гравця є функція $\tilde{p}(x)$, що задана на множині $X = [0; 1]$ чистих стратегій, то другий гравець для себе виписує множину чистих стратегій першого гравця (41) з відповідними імовірностями їх обирання (42) за допомогою розбиття (35) — (40). І тоді замість обчислення імовірностей (28) та (29) другий гравець обчислює імовірності (85) і (86), зробивши позначення (84). Тут він слідкує за тим, щоб обрана чиста стратегія y_s задовольняла нерівності (88).

Проте представлений метод реалізації оптимальних змішаних стратегій у довільній антагоністичній грі з відомою кількістю партій гри має наступну проблему. Нехай, наприклад, у $(g-1)$ -й партії гри перший гравець обрав стратегію x_r та отримав вигреш $W(x_r, y_s)$. Але якщо функція $W(x_r, y)$ від змінної y приймає однакоке значення $W(x_r, y_s)$ хоча б у двох точках, причому ці дві стратегії належать спектру оптимальної змішаної стратегії другого гравця, та імовірності їх вибору на даний момент не є нульовими, то перший гравець може і помилитися, віддавши перевагу одній з цих двох стратегій. У перспективі ця проблема своєрідного свідомого або несвідомого маскування [11 — 17] вибору гравцями свої чистих

стратегій потребує глибшого дослідження.

Література

1. Воробьёв Н.Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков. –М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. –272 с.
2. Оуэн Г. Теория игр: Пер. с англ. Изд. 2-е. –М.: Едиториал УРСС, 2004. –216 с.
3. Романюк В.В. Про порядок перебору чистих стратегій в одній матричній грі без сідлової точки для реалізації оптимальних змішаних стратегій / В.В. Романюк // Материалы II Международной научно-практической конференции “Ключевые аспекты научной деятельности-2007”. Том 7. Естественные науки. – Днепропетровск: Наука и образование, 2007. –С. 12-14.
4. Романюк В.В. Моделювання реалізації оптимальних змішаних стратегій в антагоністичній грі з двома чистими стратегіями в кожного з гравців / В.В. Романюк // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. –2007. –№ 3. –С. 74-77.
5. Romanuke V.V. The principle of optimality problem in the elementary matrix game with the finite number of plays / V.V. Romanuke // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2007. –№ 1. –С. 226-230.
6. Романюк В.В. Формулювання одного з принципів оптимальності в елементарній антагоністичній грі без сідлової точки при неповній реалізації оптимальних змішаних стратегій / В. В. Романюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. –2007. –№ 2. –Т. 2. –С. 218-222.
7. Романюк В.В. Тактика перебору чистих стратегій як теоретичне підґрунтя для дослідження ефективності різних способів реалізації оптимальних змішаних стратегій / В. В. Романюк // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. –2008. –№ 3. –С. 61-68.
8. Романюк В.В. Метод реалізації оптимальних змішаних стратегій у матричній грі з порожньою множиною сідлових точок у чистих стратегіях з відомою кількістю партій гри / В.В. Романюк // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. –2009. –№ 2. –С. 45-52.
9. Romanuke V.V. Method of practicing the optimal mixed strategy with innumerable set in its spectrum by unknown number of plays / V. V. Romanuke // Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – 2008. –№ 2. –P. 196-203.
10. Теория игр: Учеб. пособие для ун-тов / Л.А. Петросян, Н.А. Зенкевич, Е.А. Семина. –М.: Высшая школа, Книжный дом “Университет”, 1998. –304 с.: ил.
11. Романюк В.В. Комплексне програмне забезпечення для визначення оптимальної поведінки у конкурентних процесах з визначеними на одиничному гіперкубі простору \mathbb{R}^4 експоненціальними платіжними функціями / В.В. Романюк // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. –2009. –№ 2. –Т. 2. –С. 188-193.
12. Romanuke V.V. Optimality control in the concave antagonistic game with annihilation probability payoff function as the kernel on the unit hypercube of the six-dimensional arithmetic space / V.V. Romanuke // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: сборник статей X Международной научно-технической конференции. –Пенза: РИО ПГСХА, 2009. –С. 236-241.
13. Романюк В.В. Про рівнозначність оптимальних змішаних стратегій другого гравця у вгнутій антагоністичній грі з експоненціальним ядром на одиничному гіперкубі чотиривимірного евклідового простору / В.В. Романюк // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. –2009. –№ 2. –Т. 1. –С. 113-121.
14. Романюк В.В. Нерівнозначні оптимальні змішані стратегії другого гравця у вгнутій антагоністичній грі з експоненціальним ядром, що задається на декартовому добутку двох одиничних кубів / В.В. Романюк // Науково-теоретичний журнал Хмельницького економічного університету “Наука й економіка”. –Випуск 3 (15), 2009. –Том 2. –С. 206-234.
15. Романюк В.В. Моделирование выхода на рынок двух конкурирующих предприятий с помощью игровой бесшумной дуэли в MATLAB 7.0.1 / В.В. Романюк // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. –2009. –№ 3. –Т. 2. –С. 233-238.
16. Романюк В.В. Оптимізація кількості варіантів відповіді у закритих тестах з фіксованим часом за допомогою матричної гри / В.В. Романюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. –2009. –№ 3. –С. 187-192.
17. Романюк В.В. Разрешение системы преследователь-добыча для экспоненциальной вероятности поражения добычи преследователем / В.В. Романюк // Вестник НТУ “ХПИ”. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. –Харьков: НТУ “ХПИ”, 2009. –№ 13. –С. 138-149.

Надійшла 4.11.2009 р.

УДК 687.016

О.В. МАКАРОВА, М.П. БЕРЕЗНЕНКО, В.С. ГОРОБЧИШИНА

Хмельницький національний університет

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТРУКТУРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Проаналізовано технологічні операції за заходами, проведено їх структурування за етапами та діями. На основі структурування операцій встановлена складність кожного заходу, зроблене припущення щодо спрощення методики розрахунку витрат часу.

Technological operations are studied after measures, strukturuvannya of operations and its elements is conducted after the stages, actions. Strukturuvannya of technological operation allowed to execute its analysis from within, to set ponderability and complication of every action, scientifically to ground and project the effective rational structure of operation, expect the objective charges of time.

Ключові слова: технологічна операція.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Завдання підвищення ефективності швейного виробництва за рахунок його інтенсифікації і реалізації внутрішніх резервів може бути вирішене тільки за наявності методів, що дозволяють оцінити величину таких резервів шляхом виявлення чинників, які впливають на їх величину, і цілеспрямованого впливу на ці чинники. Важливе значення для вирішення цього завдання має планомірне вивчення характеру технологічних процесів, структури видів робіт, трудомісткості виконання технологічних операцій і забезпечення на цій основі розробки методики визначення витрат часу, оптимально збалансованих.

Аналіз останніх досліджень чи публікацій

Існуюча методика визначення витрат часу неподільних операцій трудомістка [1], застаріла, потребує додаткових розрахунків, уточнень, способу фіксації проміжних величин, не відповідає сучасному рівню техніки, технології і організації виробництва, тому вимагає удосконалення. В умовах значних змін в галузі, розробляючи документацію без наявності послідовностей виготовлення одягу з об'єктивними витратами часу на виконання окремих технологічних операцій, вузлів та виробу в цілому, неможливо підібрати таку технологію, яка б найбільш повно відповідала умовам виробництва [3, 4], що обумовлене відсутністю структурного аналізу змісту технологічних операцій.

Постановка завдання

Структурування технологічної операції дозволяє виконати її аналіз зсередини, встановити вагомість і складність кожної дії, науково обґрунтувати і спроектувати ефективну раціональну будову операції, розрахувати об'єктивні витрати часу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Технологічна операція процесу виготовлення швейного виробу є основним базовим її елементом [1].

Дослідження структури технологічної операції і врахування факторів, які можуть забезпечити найменшу тривалість її виконання, є передумовою проектування раціонального технологічного процесу.

Технологічно неподільна операція (ТНО), за стандартизованим визначенням, це закінчена частина технологічного процесу, подальше членування якої на складові частини неможливе або недоцільне внаслідок технологічної зв'язаності [2]. ТНО можна поділити на заходи. Захід – частина ТНО, яка складається з низки трудових рухів, пов'язаних із виконанням основної або допоміжної роботи під час оброблення виробу або його деталей [2]. Іншими словами, це ряд окремих, елементарних, узгоджених між собою трудових рухів, направлених на виконання мінімального об'єму робіт в межах певної частини технологічного процесу. Ці рухи відрізняються за метою, значенням, тривалістю та повторністю.

Сукупні трудові заходи при виконанні технологічних операцій об'єднують: рухи рук, ніг, пальців, корпусу тіла, які здійснює виконавець в будь-якому напрямку безперервно; дії – сукупні трудові рухи, які виконують безперервно одним або декількома робочими органами людини; трудові заходи – закінчений комплекс трудових дій, які виконують безперервно та пов'язані єдиним цільовим призначенням – необхідністю виконати частину неподільної операції.

Отже, за значимістю і змістом заходи розподіляють на основні і допоміжні.

Основні заходи – це робочі заходи одиничного (одноразового) виконання, що переводять плоскі деталі в об'ємну форму. Залежно від характеру і способу виконуваних робіт основні заходи для робіт на універсальних, спеціальних машинах та машинах напівавтоматичної дії – монтажно-з'єднувальні, для ручних – дії з намічування, надсікання, прасування тощо. Основні дії сприяють виконанню виробничого завдання, пов'язані з безпосереднім впливом на предмет праці з метою зміни його форми, розмірів, властивостей, взаємного розміщення деталей. Паралельно з основними заходами та після них здійснюють контролювання якості виконуваних робіт: розташування строчки відносно зрізів та ліній, спряженості з'єднуваних деталей, точності їх збирання, сили затягування ниток в строчці, стягування і посадки шарів матеріалів в шві, рівномірності розподілу посадки на певних ділянках шва.

Допоміжні заходи супутні основним. Вони входять складовими елементами у всі технологічні операції. Допоміжні заходи – попередні операції (підготовчі, входу, завантаження), операційні (керування,

монтажні, всередині операції), після операції (заклучні, вивантаження), між операціями.

Підготовчі допоміжні заходи здійснюють перед тим, як розпочати заправлення деталей під робочі органи обладнання (взяти пачку деталей, відокремити деталь від пачки, укласти одну деталь на іншу). Заходи входу – введення інструменту в зону об'єкту оброблення чи об'єкту оброблення під виконавчий інструмент (вирівнювання зрізів деталей, укладених одна на одну, заправлення пакету деталей між органами обладнання, фіксування деталей для виконання операції).

Заходи керування – зміна напрямку переміщення шляхом повороту інструменту чи об'єкту на певний кут, що дозволяє змінити напрям лінії з'єднання, прасування, кількість стібків, довжину стібка.

Заходи заклучні допоміжні – виведення об'єкту оброблення з робочої зони, перенесення, вкладання оброблених деталей в пачку.

Зміст та порядок виконання заходів, пов'язаних з переміщенням предметів праці під час виконання операції, майже однаковий і присутній для всіх видів виконуваних робіт. Залежно від рівня механізації, характеру виконання, складу технологічної операції кількість основних і допоміжних заходів змінюється. Для всіх виконуваних заходів характерні циклічність і швидкоплинність. Залежно від способу оброблення, рівня механізації та автоматизації кожна з дій виконують у відповідному об'ємі, послідовності, і вона взаємопов'язана з іншою дією всередині операції.

В основу структурування технологічних операцій покладений принцип їх розподілу за такими ознаками: відповідність послідовності виконання дій технологічно неподільних операцій; поділ виконуваних дій на частини; відокремлення повторювальних дій від змінних.

Операції, що стосуються безпосереднього з'єднання (2-й етап), тісно пов'язані з технічними умовами виконання дій над предметами праці, вони частково не досліджені в [4].

Аналіз процесу виконання технологічних операцій створив передумови для розроблення їх класифікації за етапами, заходами і діями (рис. 1).

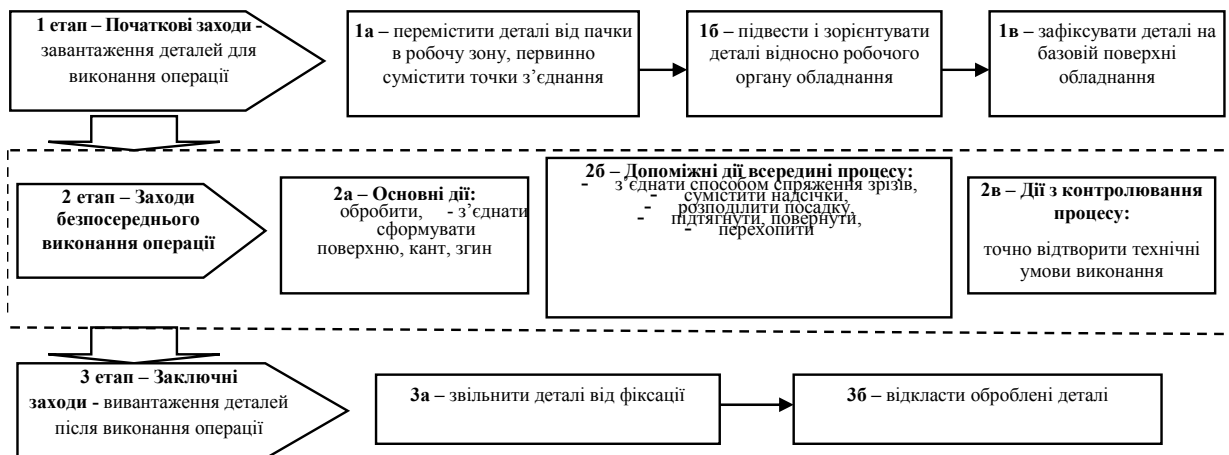


Рис. 1. Класифікація технологічної операції за етапами, заходами і діями

Об'єктами класифікації є заходи і дії, які виступають складовими технологічної операції.

Заходи і дії технологічної операції за порядком виконання і сукупністю послідовних елементарних процесів поділені на три етапи. Елементарні процеси об'єднують заходи і дії технологічного змісту операції.

Перший етап – завантаження (1) – переміщення деталей до робочої зони, первинне суміщення точок з'єднання, підведення деталей до позицій базування та орієнтування деталей відносно робочих органів обладнання, фіксація деталей на базовій поверхні обладнання.

Другий етап – безпосереднє виконання операції (2) – створення ниткового (клеювого) з'єднання, надання потрібної форми, видалення зайвини. Процеси власне складання і робочих переміщень (з'єднування способом спряження зрізів, суміщення надсічок, переміщення за напрямом, розподіл посадки, підтягування, повертання, перехоплення) представляють собою послідовність елементарних дій складання і переміщення, що змінюють один одного. Іноді елементарні дії можуть перекривати одна одну за часом.

Третій етап – вивантаження (3) – звільнення деталей від фіксації, відкладення оброблених деталей.

В технологічному відношенні процес переміщення деталей з однієї позиції на іншу (рис. 1 – 1, а і 3, б) характеризується часом виконання і довжиною траєкторії переміщення. Існує пряма залежність між названими параметрами, що дозволяє однозначно визначити інтервали часу, в межах яких деталі поступають на наступні позиції.

Орієнтування деталей відносно базової поверхні обладнання (рис. 1, 1, б) – це приведення деталей в певне положення з заданою точністю. Первинно орієнтують об'єкт, переводячи з хаотичного стану в будь-яке визначене і стійке положення відносно поверхонь. Варіантом первинного орієнтування може бути змінювання орієнтації лицьової поверхні однієї деталі відносно лицьової поверхні іншої, що спрягають з першою. Вторинне орієнтування – переведення деталі з одного стійкого положення в інше до тих пір, поки об'єкт не буде переведений в задане положення відносно відповідних поверхонь з'єднуваних деталей: прасування деталей до жорстких упорів з наступним силовим замиканням, переміщення деталей до

положення, що визначають сигнали датчиків. При орієнтуванні забезпечують контакт відповідних поверхонь деталі і базових поверхонь робочих зон обладнання.

Фіксування деталей на базовій поверхні обладнання (рис. 1 – 1, в) – сукупність дій, направлених на збереження необхідного положення об'єкта на базових поверхнях: замикання деталей у рамці, касеті, що повторюють контур деталі, притискування деталей до базових поверхонь обладнання (обмеження виконують штирями, пружними упорами, світловими мітками, сигналами датчиків).

Суміщення чи спряження деталей (рис. 1 – 2, а, 2, б) – це накладання однієї деталі на іншу чи окремих зон однієї деталі на інші зони тієї ж деталі, в результаті чого забезпечують повний контакт поверхонь, що суміщають. Спряження – формування і суміщення зрізів однієї деталі (суміщення бічних зрізів одношовного рукава); розгортання деталі і суміщення її з площиною (пілочки і накладної кишені); суміщення зрізів двох і більше деталей (плечових зрізів пілочки і спинки). Суміщення деталей можливо виконувати з одночасним суміщенням всіх точок контактуючих поверхонь і з одночасним суміщенням та робочими переміщеннями деталей в процесі їх з'єднання. В останньому випадку суміщають тільки ту зону деталей, що поступає до робочого органу і фіксується швом. Послідовне суміщення використовують: через низьку жорсткість деталей з текстильних матеріалів; необхідність суміщення деталей з неспівпадаючою конфігурацією; виконання з'єднання з заданою посадкою одного з шарів матеріалу.

Контролювання процесу (рис. 1 – 2, в) виконують з урахуванням технічних вимог щодо ступеня точності і точності орієнтації робочих органів відносно з'єднуваних контурів.

Описаний аналіз процесів виконання технологічних операцій дозволяє адаптувати їх до різних завдань, визначати області застосування варіантів технологічних процесів, відслідковувати або знайти послідовність та взаємозв'язок внутрішньо операційних дій.

Диференціація технологічно неподільної операції на складові елементи показує наявність структури в об'єкті. Технологічна операція має функцію мети зі змінювання одних конкретних властивостей деталей або напівфабрикатів швейних виробів на якісно і кількісно інші.

Структура будь-якої системи може бути представлена у вигляді замкнутої об'єктивної єдності пов'язаних один з одним елементів, які впорядковані за визначеним законом або принципом.

Якщо формалізовано представити членування будь-якого типу технологічних операцій з оброблення швейних виробів, то їх схема може мати вигляд:

$$\text{ТНО: } A \rightarrow B \rightarrow V$$

де А, В, В – компоненти членування системи і взаємозв'язок між ними.

В такій формі запису поряд з членуванням системи також відображають принцип цілісності, який характеризують вказаними зв'язками між частинами системи. Визначення кількості частин структури і їх якісної специфіки для кожного типу операцій вимагає характеристик змісту складових елементів в кожній виділеній групі технологічних операцій.

Структурування технологічних операцій розглянуто більш детально за заходами і видами виконуваних робіт. Кількість частин структури і їх зміст в кожній групі сформовано за принципом технологічно-цільової завершеності для визначення факторів, які впливають на властивості операцій. Такий принцип дозволив скомплектувати однорідні технологічні заходи в окремі групи. Так як елементи кожної частини структури операцій представляють собою множину об'єднаних єдиною метою технологічних заходів, то кожен з цих заходів може бути альтернативно присутнім в будь-якій ТНО.

Наприклад, на основі аналізу характеристик та елементного змісту групи машинних технологічних операцій виділено їх спрощену структуру, яка складається з прямолінійного послідовного ланцюга символів технологічних заходів:

$$\text{ТНО}_M: \text{ЗС} \rightarrow \text{ОО} \rightarrow \text{ФО} \rightarrow \text{БВО} \rightarrow \text{ВО} \rightarrow \text{ВД}$$

де відповідно за символікою: ЗС – взяти деталі, перемістити в робочу зону, скласти, первинно сумістити точки з'єднання; ОО – підвести деталі, зорієнтувати відносно робочих органів швейної машини; ФО – фіксувати деталі на базовій поверхні швейної машини; БВО – безпосередньо виконати операцію з'єднання; ВО – вийняти оброблені деталі з під робочих органів; ВД – відкласти оброблені деталі.

Аналіз структури машинних видів робіт показав, що початкові і заключні пересувні заходи мають постійну повторюваність. А заходи, пов'язані з безпосереднім з'єднанням деталей, змінюються за технікою виконання. Тому достатньо охарактеризувати початкові і заключні пересувні заходи операцій однотипного характеру виконання, встановити питому вагу їх виконання від операційного часу і використовувати ці значення для оперативного визначення трудомісткості операції.

Одним з критеріїв, що дозволяє згрупувати заходи, є вагомість і складність їх виконання. Принципи визначення вагомості і складності заходів технологічної операції наступні: кількість завдань, які вирішують одночасно; точність виконання завдань; зручність виконання дій.

Рівень складності і вагомості операцій при їх виконанні встановлено опитуванням експертів. Експертами обрані досвідчені кваліфіковані робітники швейного потоку.

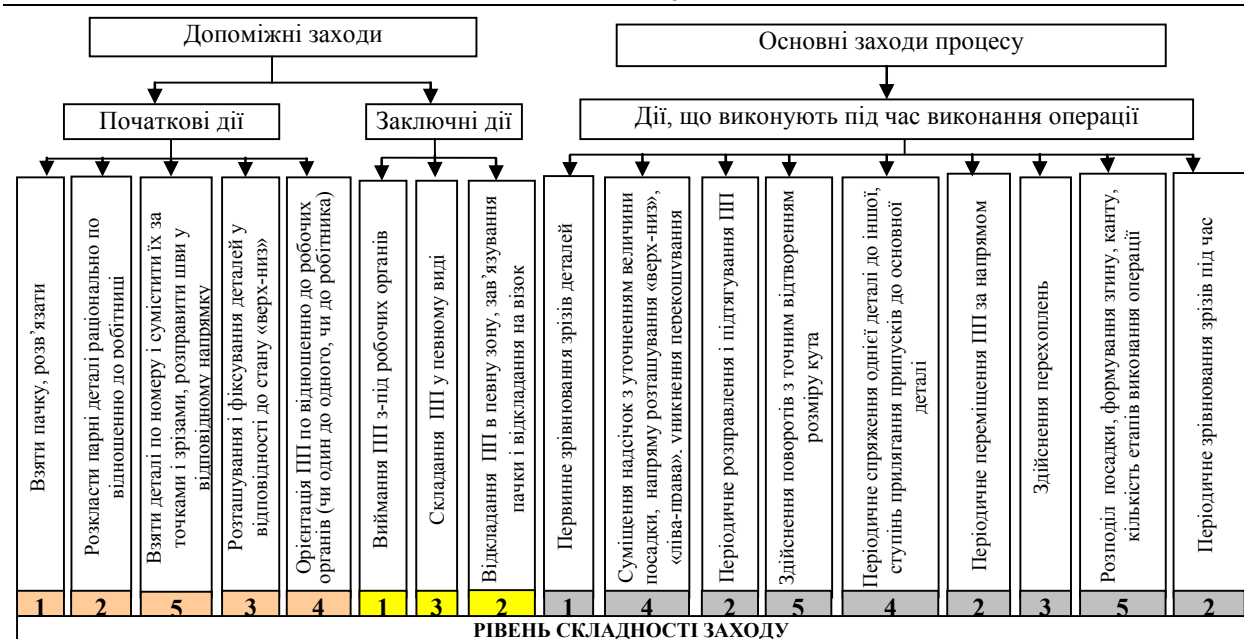


Рис. 2. Зміст і складність заходів виконання технологічної операції

Встановлено (рис. 2), що найбільш складними діями є: суміщення деталей за точками і зрізами, здійснення поворотів з точним відтворенням розміру кута, розподіл посадки, формування і оцінені балом 5. Складними діями, що оцінені балом 4, є: орієнтація предметів праці (ПП) по відношенню до робочих органів, точне суміщення надсічок, відтворення величини посадки, положення деталей «верх-низ», «ліва-права», уникнення перекошування, фрагментарне спряження однієї деталі відносно іншої, забезпечення прилягання припусків до основної деталі. Середньої складності дії оцінені балом 3, це розташування і фіксування деталей, складання деталей, здійснення перехоплень. Прості за складністю дії оцінені балом 2: раціональне розміщення деталей, відкладання предметів праці, періодичні розправлення, підтягування, зрівнювання, переміщення предметів праці. Найпростішими діями, оціненими балом 1, є: взяти пачку, розв'язати, вийняти предмети праці з-під робочих органів, первинно зрівняти зрізи деталей.

Висновки

1. Встановлено, що початкові і заключні заходи стабільно повторюються, а основні – змінюються, які необхідно детально дослідити.

2. На основі аналізу процесу виконання ТНО розроблено класифікацію і групування заходів виконання операцій за вагомістю і рівнем складності. Рівень вагомості і складності дозволяє оцінити ТНО комплексно за переліком всіх заходів, які вона включає.

Література

1. Проектирование технологических процессов изготовления швейных изделий / А.В. Чечкин, И.В. Гудим, В.Е. Мурыгин, Т.И. Буданова. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 128 с.
2. ДСТУ 2162-93 Технологія швейного виробництва. Терміни та визначення. – Чинний від 01.01.95. – К.: Держстандарт України, 1993. – 23 с.
3. Ганулич А.А. Роботизированная технология швейных изделий. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 200 с.
4. Железнякова Т.А. Разработка способа автоматизированного проектирования технологических операций процесса изготовления швейных изделий: Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04. – М., 1986. – 275 с.

Надійшла 24.11.2009 р.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЗУТТЯ ТА ОДЯГУ

У статті розглянуто результати досліджень питомого електричного опору широкого асортименту матеріалів для взуття та одягу.

This article describes the results of studies of the specific electrical resistance of a wide range of materials for shoes and clothes.

Ключові слова: статична електрика, електропровідність, питомий електричний опір, матеріали для взуття і одягу.

Постановка проблеми

Одним із основних напрямків збільшення обсягу виробництва товарів народного споживання та розширення його асортименту є хімізація, яка передбачає широке застосування синтетичних матеріалів. Відомо, що в наш час більше 50 % взуття та одягу виготовляється із полімерних матеріалів. Незважаючи на суттєві і добре відомі економічні, технологічні та експлуатаційні переваги, такі матеріали не завжди відповідають гігієнічним вимогам. Так, більшість сучасних полімерних матеріалів для взуття та одягу характеризуються низькою гігроскопічністю, паро- і повітропроникністю, мають високі діелектричні властивості. Експлуатації виробів із таких матеріалів не тільки не забезпечує комфортних умов для життєдіяльності людини, а може бути причиною негативних дій як на здоров'я людини, так і самого виробництва.

Відомо [1], що високий електричний опір сучасних полімерних матеріалів є однією із основних причин інтенсивної електризації і тривалого зберігання на їх поверхні та тілі людини електростатичних зарядів. В умовах виробництва та експлуатації одягу та взуття із високо діелектричних матеріалів заряди статичної електрики можуть порушувати технологічні процеси, ускладнювати обслуговування обладнання, призводити до зниження продуктивності праці та якості продукції, негативно впливати на організм людини, а, при певних умовах, спричиняти вибухи та пожежі та інші небезпечні прояви [1, 2].

У зв'язку з неухильним ростом використання нових полімерних матеріалів для виготовлення взуття та одягу актуальною задачею є об'єктивна оцінка їх електрофізичних властивостей, тобто здатності до накопичення та розсіювання електростатичних зарядів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існує думка [1, 3], що основним і найбільш надійним показником оцінки електрофізичних властивостей діелектриків є їхній електричний опір. Вона заснована на тому, що, як правило, чим вище електричний опір, тим більше імовірність електризації матеріалів при терті і тим більша тривалість збереження зарядів статичної електрики.

За останні роки в Росії виконувалися роботи по вивченню електрофізичних властивостей досить обмеженого асортименту взуттєвих текстильних матеріалів. Для цього використовували контактний нестандартний метод оцінки, сутність якого полягає у визначенні напруженості електростатичного поля на поверхні матеріалів при їх терті [4].

Як показали дослідження, даний метод вимагає підготовки спеціальних контртіл і створення відповідних пристроїв, які повинні забезпечувати: сталі швидкості розділу тіл тертя, тиску і площі контакту, фізико-механічні і хімічні властивості контактуючих поверхонь. Відсутність стандартного методу оцінки трибоелектризації матеріалів для взуття та одягу ускладнює прогнозування їх електростатичної поведінки за тих чи інших умов виробництва і експлуатації, а також затрудняє розробку і встановлення ефективних способів зниження їх статичної електризації.

Формулювання цілі статті

На основі стандартного методу випробувань дати кількісну порівняльну оцінку електропровідності широкого асортименту матеріалів для взуття та одягу, розробити рекомендації щодо їх використання з урахуванням їх питомого електричного опору та умов виробництва.

Виклад основного матеріалу

Відомо, що при електризації матеріалів має місце процес генерації (виникнення) зарядів статичної електрики певної полярності. Процес генерації завжди протікає паралельно з іншим процесом – розсіюванням (стіканням) зарядів). Електризація виявляється, коли порушується баланс між генерацією і розсіюванням зарядів. Вона виявляється при контакті тіл, із яких хоча би одно являється діелектриком. Разом з тим, практика показує, що полімери навіть з високим питомим опором можуть мати необхідні антистатичні властивості. Прийнято вважати [1], що при температурі 20° С і відносній вологості повітря 65 % допустимою величиною питомого електричного опору для більшості полімерних матеріалів, яка не викликає інтенсивної їх електризації, є 10¹¹ Ом·см або 10¹¹ Ом.

Враховуючи вище зазначене, основним показником для оцінки електропровідності матеріалів для взуття та одягу взято питомий електричний опір. Оскільки розсіювання зарядів діелектрика може протікати

як через об'єм матеріалу, так і по його поверхні, то розрізняють питомий об'ємний ρ_v (Ом·см) і питомий поверхневий ρ_s (Ом) опори.

Предметом даного дослідження обрано широкий асортимент матеріалів для взуття та одягу. Це натуральні шкіри, штучні та синтетичні м'які шкіри, синтетичні матеріали для низу взуття, а також текстильні матеріали різного призначення. Вони відрізняються між собою за структурою, хімічною природою, технологією виготовлення, призначенням тощо.

Із літературних джерел відомо [1], що на величину електричного опору матеріалів суттєво впливає не тільки їх будова, сировинний та хімічний склад, а також умови навколишнього середовища (вологість і температура повітря). Тому перед лабораторними випробуваннями для отримання порівняльної оцінки електропровідності зразки матеріалів згідно з ГОСТ 16185 – 70 “Методы электрических испытаний. Условия окружающей среды при нормализации, кондиционировании и испытании” спочатку висушували, а потім витримували в стандартних кліматичних умовах ($\varphi=65\pm 2\%$, $t=20\pm 2^\circ\text{C}$) до досягнення постійної маси.

Визначення величини електричного опору запропонованих матеріалів для взуття та одягу здійснювалось відповідно ГОСТ 25937 - 83 [5] і ГОСТ 19616 – 74 [6]. Згідно з стандартом для текстильних матеріалів визначають тільки поверхневий опір. В якості вимірювального приладу використовували тераомметр Е6 – 13А. Дослідження проведено в стандартних кліматичних умовах ($\varphi=65\pm 2\%$, $t=20\pm 2^\circ\text{C}$). Значення питомих електричних опорів досліджених матеріалів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Питомий електричний опір матеріалів для взуття та одягу

№ п/п	Назва матеріалу	Питомий електричний опір		
		Об'ємний ρ_v , Ом·см	Поверхневий ρ_s , Ом	
			з ліцевої сторони	з неліцевої сторони
1	Півшкуроч хромового дублення	$8,95 \cdot 10^9$	$4,1 \cdot 10^{10}$	$7,0 \cdot 10^{10}$
2	Спилок	$7,54 \cdot 10^9$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$8,2 \cdot 10^{10}$
3	Юхта взуттєва	$3,42 \cdot 10^9$	$6,34 \cdot 10^{10}$	$9,3 \cdot 10^{10}$
4	Еластощтучшкіра – Т	$8,1 \cdot 10^{13}$	$5,7 \cdot 10^{14}$	$6,3 \cdot 10^{13}$
5	Вінілштучшкіра – Т лакова	$7,3 \cdot 10^{13}$	$1,6 \cdot 10^{14}$	$5,1 \cdot 10^{13}$
6	Вінілштучшкіра - ТР	$5,5 \cdot 10^{13}$	$3,5 \cdot 10^{13}$	$8,4 \cdot 10^{12}$
7	Вінілштучшкіра - НТ	$8,6 \cdot 10^{13}$	$7,9 \cdot 10^{12}$	$5,9 \cdot 10^{13}$
8	Шкіра синтетична СК-8	$2,8 \cdot 10^{12}$	$8,3 \cdot 10^{12}$	$2,4 \cdot 10^{13}$
9	Шкіра синтетична трьохшарова	$4,4 \cdot 10^{12}$	$5,1 \cdot 10^{12}$	$7,3 \cdot 10^{13}$
10	Шкіра синтетична для верху безпідкладкового взуття	$5,8 \cdot 10^{12}$	$3,5 \cdot 10^{12}$	$9,2 \cdot 10^{12}$
11	Шкіра синтетична - велюр	$8,7 \cdot 10^{12}$	$6,2 \cdot 10^{12}$	$3,7 \cdot 10^{12}$
12	Аміделастощтучшкіра – НТ підкладкова	$6,4 \cdot 10^{12}$	$8,3 \cdot 10^{12}$	$2,5 \cdot 10^{12}$
13	Двошарова кирза	-	$1,1 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{10}$
14	Драп дубльований	-	$5,5 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^{10}$
15	Діагональ	-	$8,4 \cdot 10^{10}$	$8,1 \cdot 10^{10}$
16	Штучне хутро	-	$3,2 \cdot 10^{12}$	$8,5 \cdot 10^{10}$
17	Термопластичний матеріал для міжпідкладки	$7,3 \cdot 10^{11}$	$5,36 \cdot 10^{11}$	$2,3 \cdot 10^{12}$
18	Пола хромтанідного методу дублення	$7,95 \cdot 10^9$	$6,48 \cdot 10^{10}$	$1,85 \cdot 10^{10}$
19	Шкірволон	$3,36 \cdot 10^{15}$	$6,02 \cdot 10^{14}$	$4,82 \cdot 10^{14}$
20	Гума пориста підошовна	$5,3 \cdot 10^{15}$	$1,7 \cdot 10^{15}$	$3,76 \cdot 10^{15}$
21	Картон устілковий “Bontex”	$8,83 \cdot 10^9$	$6,7 \cdot 10^{10}$	$5,56 \cdot 10^{10}$
22	Матеріал для курток	-	$1,52 \cdot 10^{14}$	$2,56 \cdot 10^{14}$
23	Матеріал підкладковий	-	$1,3 \cdot 10^{12}$	$1,4 \cdot 10^{12}$
24	Матеріал для спецодягу	-	$6,48 \cdot 10^{13}$	$6,3 \cdot 10^{13}$
25	Матеріал для сукні	-	$1,85 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^{10}$
26	Матеріал для костюмів	-	$2,22 \cdot 10^{14}$	$2,4 \cdot 10^{14}$
27	Матеріал для виробничих халатів	-	$5,9 \cdot 10^{14}$	$5,9 \cdot 10^{14}$

Результати випробувань свідчать, що досліджені матеріали характеризуються широким діапазоном питомих електричних опорів (від 10^9 до 10^{15} Ом; Ом·см). При цьому, всі випробувані матеріали за величиною електричного опору слід віднести до класу діелектриків і, отже, навіть за стандартних кліматичних умов здатні генерувати і певний час зберігати електростатичні заряди на своїй поверхні.

Із наведених даних в таблиці 1 видно, що найвищу електропровідність мають натуральні шкіри, картон устілковий і текстильні матеріали, виготовлені на основі натуральних волокон. При цьому, питомий електричний опір штучного хутра з лицевої сторони на два порядки вище ніж з неліцевої сторони. Це, очевидно, обумовлено сировинним складом. Відомо, що для підвищення зносостійкості ворсу в його склад вводять значну частину синтетичних волокон, які, очевидно, сприяють підвищенню електризації і зниженню електропровідності штучного хутра.

Переважає більшість досліджених штучних і синтетичних м'яких шкір для деталей верху взуття та текстильний матеріал для спецодягу за електропровідністю займають проміжне місце; їх величина знаходиться в межах 10^{12} - 10^{13} Ом. Відомо, що матеріали з таким електричним опором характеризуються середньою електризованістю. Виключення тільки складають штучні шкіри з каучуковим і полівінілхлоридним лаковим покриттям, поверхневий опір яких з лицевої сторони складає близько 10^{14} Ом.

Найнижчою електропровідністю характеризуються гуми підошовні та текстильні матеріали, які застосовуються для виготовлення курток, костюмів і виробничих халатів; величина їх питомого поверхневого опору знаходиться в межах 10^{14} - 10^{15} Ом. Експлуатація виробів із таких матеріалів буде створювати умови для інтенсивного накопичення та тривалого зберігання електростатичних зарядів на своїй поверхні та тілі людини. Особливо небезпечно використовувати останню групу матеріалів для виготовлення виробів спеціального призначення, які застосовується для виробництва, пов'язаних з переробкою і використанням легко займистих речовин та матеріалів.

Висновки

Таким чином, виконана порівняльна оцінка електропровідності матеріалів для взуття та одягу свідчить, що випробувані матеріали навіть при стандартних кліматичних умовах мають питомий електричний опір вище граничного значення, при якому можливий прояв електростатичних зарядів. Встановлено, що найбільш небезпечними матеріалами з точки зору їх електропровідності, є використання гум для підошов і текстильних матеріалів на основі синтетичних волокон для костюмів та халатів в умовах вибухо-і пожежонебезпечного виробництва. У випадку використання високо діелектричних матеріалів необхідно своєчасно приймати заходи зі зниження їх електричного опору до допустимої межі з метою попередження шкідливих та небезпечних проявів зарядів статичної електрики.

Отримані результати роботи дають можливість науково обґрунтовано підходити до вибору матеріалів як для побутового так і спеціального взуття та одягу з урахуванням їх електропровідності, а також прогнозувати електростатичну поведінку в умовах їх експлуатації.

Література

1. Шевердяев О.Н. Антистатические полимерные материалы. – М.: Химия, 1983. – 176 с.
2. Максимов Б.Н., Обух А.А. Статическое электричество в промышленности и защита от него. – М.: Энергия, 1978. – 80 с.
3. Василенок Ю.И. Защита полимеров от статического электричества. - Л.: Химия, 1975 – 198 с.
4. Бирюкова М.Ф., Леденева И.Н., Костригина Ю.А. Оценка электростатических свойств обувных материалов динамическим методом измерения // Кожев.-обув. пром-сть. – 2004. № 2. – С. 46-47.
5. ГОСТ 25937–83. Материалы обувные. Метод определения удельных объемного и поверхностного электрического сопротивления. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.
6. ГОСТ 19616–74. Ткани и трикотажные полотна. Метод определения удельного поверхностного электрического сопротивления. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 43 с.

Надійшла 24.11.2009 р.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ПОБУДОВИ СПРЯЖЕНОСТІ ПРОЙМИ

Запропоновані способи побудови дозволяють однозначно забезпечити спряженість верхньої і нижньої частин пройми і в цілому удосконалити метод геометричної побудови верхньої частини пройми, який передбачений методикою ЄМКО РЕВ.

The methods of construction are offered allow simply to provide conjugating of overhead and lower parts of armhole and on the whole to perfect the method of geometrical construction of overhead part of armhole, which is foreseen a method SMC AEM.

Ключові слова: спряженість, геометрична побудова.

Постановка проблеми

Добір науково обґрунтованих, достатньо точних і зручних методів побудови розгортки деталей поверхні одягу є однією із актуальних проблем розробки раціональної системи проектування. Від точності побудови розгортки поверхні суттєво залежать витрати матеріалу, рівень трудомісткості обробки деталей одягу в процесі виготовлення, якість посадки і технологічна обробка.

Як відомо, геометричні основи проектування об'ємної форми деталей пов'язані з формою тіла людини. Об'ємна форма – це функція геометрії зрізів, яка після суміщення контрольних знаків в плоских деталях набуває в готовому виробі об'ємної форми. При формоутворенні деталей більшу роль відіграють геометричні основи, в той час як фізико-механічні основи набувають рівнозначне значення з геометричними при технологічних операціях монтажу виробу. Отже, важливою умовою при побудові конструкцій одягу є відсутність заходження контурів деталей за контрольні точки креслення. Тому споживчу якість виробів в значній мірі визначає антропометричне узгодження розмірів та геометрії фігури людини з формою та розмірами одягу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

З усіх відомих методик традиційного конструювання одягу лише єдина методика конструювання одягу РЕВ (ЄМКО РЕВ) [1] для оформлення контурів верхньої частини пройми спинки і верхньої частини пройми переду використовує графічний спосіб визначення радіусів для проведення апроксимації дуг (рис. 1).

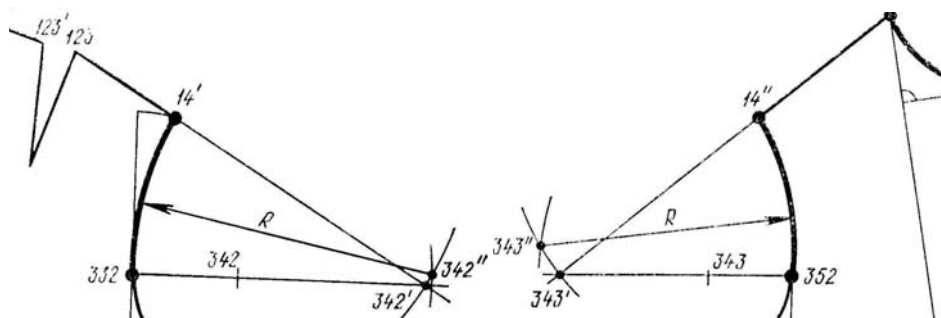


Рис. 1. Оформлення контуру верхньої частини пройми за методикою ЄМКО РЕВ

Такий спосіб забезпечує високу точність побудови та дозволяє формалізувати процедури оформлення контурів в автоматизованому режимі. Однак така послідовність побудови не завжди задовольняє спряженість пройми в точках 332 і 352, тому виникає необхідність у розробці однозначних способів забезпечення геометричної побудови розглянутих ділянок конструкції.

Мета і завдання досліджень

Мета дослідження полягає в удосконаленні методу геометричної побудови спряженості пройми.

Завдання дослідження:

- виявлення причин недоліків у побудові спряженості на основі експериментальної побудови конструкцій на прикладі дитячого одягу;
- удосконалення методу геометричної побудови спряженості пройми.

Виклад основного матеріалу

При побудові конструкції сукні для дівчаток за методикою ЄМКО РЕВ, було зафіксовано не виконання спряженості у побудові контуру верхньої частини пройми пілочки. Дослідження показали, що така неспряженість характерна для конструкцій, в яких центр радіуса (т. 343''), що окреслює контур верхньої частини пройми, знаходиться вище точки спряженості (т.352), як показано на рис. 2. В такому випадку контур верхньої частини пройми заходить на пілочку на ділянці А-352.

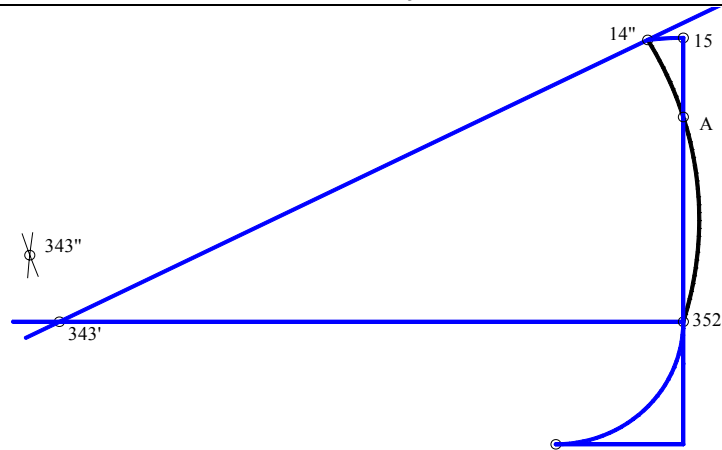


Рис. 2. Креслення контуру пройми пілочки

Для дослідження зафіксованої неточності необхідно виконати серію дослідних побудов на різні зрости та розміри. Областю дослідження обрано зрости для двох вікових груп “дошкільна – молодша шкільна”, що знаходяться у зростових межах 98-128 [2], що утворюють дослідний ряд n .

Для проведення експериментальних креслень необхідно визначити кількість побудов. За основу прийнято вибірковий метод, суть якого полягає у тому, що та чи інша статистична сукупність, яка відповідає усьому масовому явищу, вивчається не шляхом усіх його членів за деякою ознакою, а шляхом вимірювання лише якоїсь певної її частини.

Для проведення дослідження на основі емпіричних даних експеримент E дублюється в однакових умовах незалежним чином n раз. Множина, результатів експерименту, що спостерігаються, який описується $CB X$, утворює деяку кінцеву підмножину $\{x_1; x_2; \dots, x_n\}$ з генеральної сукупності Ω_x , яка називається вибіркою, а число елементів, що входять у вибірку, – об’ємом вибірки. Відповідно, фундаментальне погодження вибірки формулюється наступним чином: результати n експериментів є незалежними в сукупності випадковими величинами з однією і тією ж функцією розподілу $F(x)$, тобто числа x_1, x_2, x_n утворюють вибірку (випадкову) з генеральної сукупності з функцією розподілу $F(x)$ [3].

Досягнення необхідного об’єму вибірки здійснюється в два етапи. Перш за все встановлюється величина вибірки [3]:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2 \Omega_x}{\Delta^2 \Omega_x + t^2 \sigma^2}, \quad (1)$$

де, Ω_x – об’єм генеральної сукупності;
 σ – середнє квадратичне відхилення;
 t – імовірний показник надійності;
 Δ – допустима похибка вибірки.

Для розрахунку об’єму вибірки взяті наступні вихідні дані:

$\Omega_x=111$ (кількість розмірів дитячого населення дошкільного та молодшого шкільного вікових груп, що рекомендовані ГОСТ 17916-86) [2];

$\sigma=0,25$ см;

$t=1,96$ при 95 % -ому довірчому інтервалі;

$\Delta = \pm 0,1$ см.

Підставивши значення у формулу 1 отримали розрахункове значення яке склало $n=20$.

Тому для проведення дослідження з параметричної побудови конструкції із генеральної сукупності було виділено 20 розмірів для двох вікових груп, які знаходяться в межах 9-и повнотних груп, що склало 18 % від об’єму вибірки.

Дослідження побудови верхньої частини пройми було проведено на конструкціях, які охопили шість зростів 98, 104, 110, 116, 122, 128 см. В процесі побудови конструкції спряженість пройми пілочки виконувалась для зростів 98, 104, 110. Решта конструкцій мали відхилення в забезпеченні спряженості.

Отже, для того, щоб забезпечити точність спряження контурів пройми при побудові конструкції за методикою ЄМКО РЕВ необхідно вирішити математичну задачу.

Якщо узяти за основу радіус кола, за допомогою частини якого окреслюється контур верхньої частини пройми пілочки, то можна зробити висновки про те, що спряженість буде забезпечуватись в тому випадку, якщо центр кола буде знаходитись на рівні або нижче точки 352 (рис. 3).

Із схеми видно, що радіус дуги, який знаходиться вище т.343' (центра кола) не може забезпечити спряженість, контуру пройми в процесі побудови конструкції в точці 352 і заходить за обмежувальну вертикаль. Для розв’язку цієї задачі пропонується два способи.

I – й спосіб. Розглянемо рівнобедрений трикутник ABC (рис. 4). Виходячи із теореми рівнобедреного трикутника, висота, що опущена з вершини трикутника ділить основу на дві рівні частини.

Отже, відрізок BC (основу) ділимо на дві рівні частини і ставимо точку D. Із точки D проводимо перпендикуляр від основи трикутника до перетину з горизонталлю, що виходить з т. С. На перетині цих прямих отримаємо т. А. Точка А буде центром радіуса дуги СВ, якою оформляється контур верхньої частини пройми.

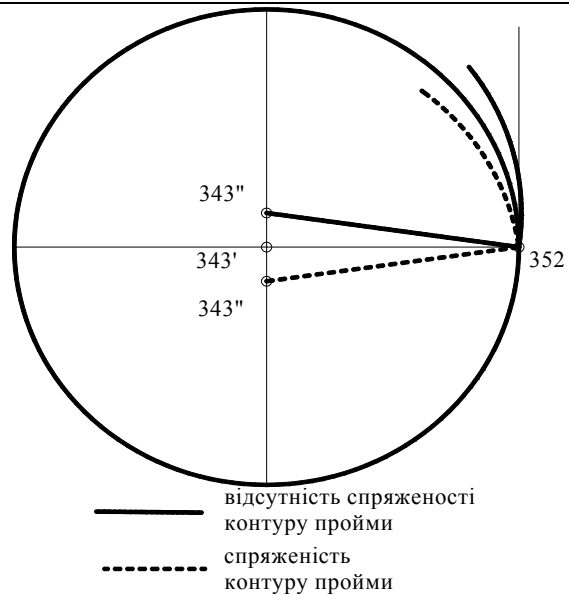


Рис. 3. Схема варіантів експериментальної побудови контуру пройми

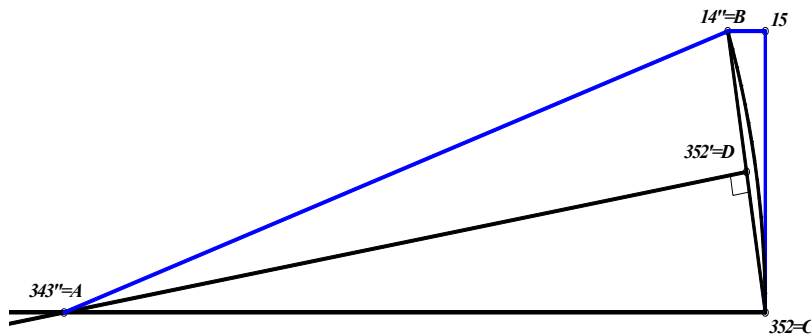


Рис. 4. Схема побудови верхньої частини пройми I-м способом

II – й спосіб. Узявши за основу рівнобедрений трикутник можна стверджувати, що кути при його основі рівні, тобто $\angle\alpha = \angle\beta$. Тоді виходячи із цієї залежності, набуває чинності наступне, що $\angle ACB = \angle\alpha$, відповідно $\angle ABC = \angle\beta = \angle\alpha$. Отже, якщо із точки В проводимо пряму під $\angle\beta$ до перетину з горизонталлю, що виходить з точки С, то на перетині двох ліній отримаємо точку А. Точка А, яку отримали, буде центром радіуса дуги, якою оформляється контур верхньої частини пройми (рис. 5).

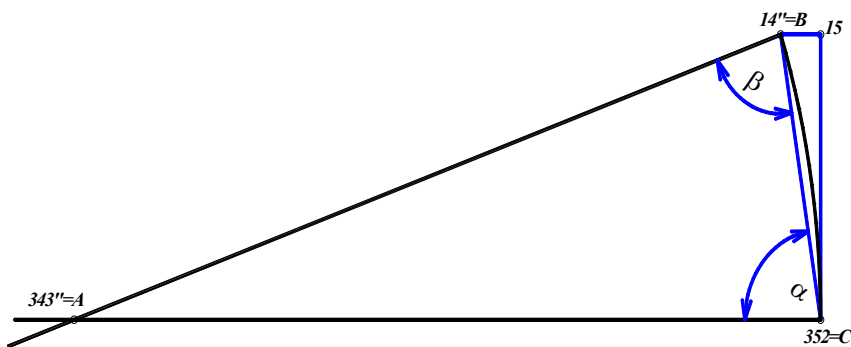


Рис. 5. Схема побудови верхньої частини пройми II-м способом

Перевірка показала, що обидва способи придатні для оформлення контуру пройми не лише пілочки, а й спинки. Застосування способів представлено на прикладі оформлення контуру пройми пілочки (рис. 6).

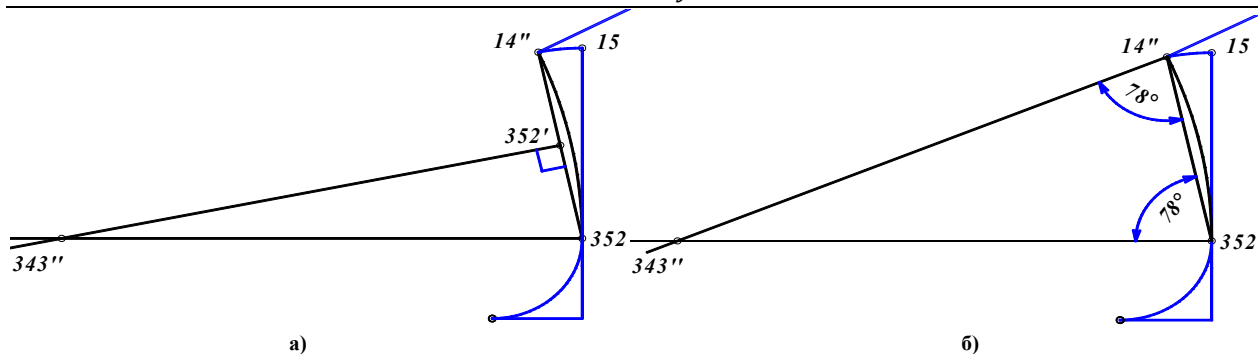


Рис. 6. Оформлення контуру верхньої частини пройми плічки: а) I-м способом; б) II-м способом

Для виконання побудови I-м способом необхідно з т.352 вліво провести горизонталь. З'єднати т.14'' і т.352 прямою лінією. Від середини отриманого відрізка 14''-352 (т.352') встановити перпендикуляр та продовжити його до перетину з горизонталлю із т.352. Отримаємо т.343'', яка є центром радіуса дуги, що з'єднує т.14'' і 352.

Для виконання побудови II-м способом необхідно з т.352 вліво провести горизонталь. З'єднати т.14'' і т.352 прямою лінією. Виміряти величину кута між цими прямими. З т. 14'' провести пряму до перетину з горизонталлю під кутом, що дорівнює величині виміряного кута з вершиною в т. 352. Отримаємо т.343'', яка є центром радіуса дуги, що з'єднує т.14''-352.

Запропоновані два способи побудови верхнього контуру пройми є універсальними, а тому можуть використовуватися не лише при побудові плечового одягу для дівчаток, але й для хлопчиків, чоловіків та жінок, що підтверджено дослідними побудовами.

Висновок

Проведені дослідження на прикладі конструкцій дитячого одягу дозволили виявити причини недоліків при побудові верхньої частини пройми. Запропоновані способи побудови дозволяють однозначно забезпечити спряженість верхньої і нижньої частин пройми і в цілому удосконалити метод геометричної побудови верхньої частини пройми, який передбачений методикою ЄМКО РЕВ.

Література

1. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Теоретические основы. Т.1. – М., 1988 – 163 с.
2. Фигуры девочек типовые. Размерные признаки для проектирование одежды: ГОСТ 17916-86. – [Введ. 01.01.87. измен. № 2 с 22.07.2004]. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 86 с.
3. Бондаренко В.Г. Теорія ймовірностей і математична статистика. Ч.1 / Бондаренко В.Г., Канівська І.Ю., Парамонова С.М. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 125 с.

Надійшла 15.11.2009 р.

УДК 685.34.02

Г.П. ЯКИМОВА
Хмельницький національний університет
Т.М. САДОВНИКОВА
Мукачівський технологічний інститут

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ЗАГОТОВКИ ВЗУТТЯ ПРИ ЗВОЛОЖЕННІ ЇЇ В ЕМУЛЬСІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У статті розглядається механізм структурних змін в матеріалах заготовок взуття під дією гігротермічних впливів при зволоженні їх з використанням емульсій розчинників. Досліджується як ці структурні зміни впливають на фізико-механічні властивості матеріалів.

In the article the gear of structural changes in materials of bars of footwear under operating гигротермических of influencings is esteemed at humidifying them with usage of emulsions of solvents. Is investigated (studied) as these structural changes influence physic-mechanical properties of materials.

Ключові слова: зволоження матеріалів заготовок взуття з використанням емульсій розчинників, фізико-механічні властивості матеріалів заготовок взуття.

Постановка проблеми

Під час виготовлення та експлуатації взуття піддається різним гігротермічним впливам. В результаті чого міняються властивості матеріалів, з яких воно виготовлене.

За останні роки значно змінилися технології виготовлення матеріалів для взуття, розробляються

нові матеріали, впроваджуються нові методи дублення натуральних шкір, для покращення їх експлуатаційних властивостей до структури шкір вводять різні полімерні наповнювачі. Сьогодні дуже широко для верху взуття використовують шкіри, які виготовляють за сучасними технологіями, що передбачають, в першу чергу, покращення експлуатаційних властивостей, підвищення водостійкості взуття в процесі експлуатації, підвищення його зносостійкості та інше. Для цього проводять наповнення дерми різними полімерами, ефект наповнення підсилюється шляхом радіаційної полімеризації структурних наповнювачів; застосовують методи подублювання різними органічними речовинами. В результаті цього досягається блокування вільних аміногруп колагену, що призводить до зменшення ступеня набухання колагенових волокон і, відповідно, до зменшення намочуваності шкіри. Це призводить до значної зміни механізму гігротермічних впливів на матеріал заготовки.

Поведінка матеріалів при зволоженні характеризується аномаліями, які зумовлені складною структурною будовою, наявністю у структурі різних наповнювачів, синтетичних та жируючих речовин для дублення та ін. Наявність цих аномалій можна пояснити різною гігроскопічністю колагену та речовин, що заповнюють пори, характером їх взаємодії з вологою. Тому розробка нових методів зволоження взуттєвих матеріалів та вивчення механізму цього процесу є актуальною задачею.

Дослідження в даному напрямку

Гігротермічні впливи на взуттєву заготовку викликають одночасне протікання явищ, які отримали назву явищ переносу, а саме: 1) випаровування вологи з поверхні заготовки у довколишнє середовище або поглинання вологи поверхнею з довколишнього середовища (вологообмін матеріалу заготовки з довколишнім середовищем); 2) переміщення вологи в середині кожного шару заготовки і між шарами (вологоперенос); 3) теплообмін між поверхнею заготовки та довколишнім середовищем і переміщення тепла всередині кожного шару і між шарами заготовки (теплоперенос). Складність явищ тепло- і масообміну при гігротермічних впливах зумовлена багатшаровістю конструкцій взуттєвих заготовок і різницею властивостей їх шарів. Крім того, нові матеріали для деталей верху також мають різні властивості шарів по товщині.

Інтенсивність тепло- і масообмінних процесів залежить від багатьох чинників, що зумовлюють умови їх протікання. Значний вплив на передачу вологи матеріалу має метод і режими зволоження, а також теплофізичні характеристики матеріалів. Процес тепло- та масообміну носить нестационарний характер, який зумовлений значною інерційністю розповсюдження полів температури і вологовмісту у взуттєвих матеріалах.

Аналізувати масообмінну сторону процесу зволоження дозволяє вміст вологи у матеріалі. На характер поведінки матеріалу при введенні вологи впливає не лише її кількість, але й фазовий стан, форма зв'язку, температура нагрівання.

Для гідрофільних, нерозчинних у воді взуттєвих матеріалів, можна виділити шість форм зв'язку вологи [1]: хімічну, гідратаційну, кінетичну, осмотичну, імобілізаційну в результаті капілярної конденсації і механічну імобілізаційну.

Формулювання цілі статті

При розробці нових методів зволоження особливо важливим є проведення досліджень по вивченню зміни властивостей матеріалів заготовки і механізму цих змін, яке необхідне для вибору оптимальних режимів гігротермічних впливів.

Викладення основного матеріалу

Змочування – це явище, яке спостерігається на межі доторкання трьох фаз, одна з яких є твердим тілом, а дві інші – розчинами або рідиною і газом. Змочування визначається інтенсивністю взаємодії між молекулами речовин. Якщо молекули рідини взаємодіють з молекулами твердого тіла сильніше, ніж між собою, то рідина буде розтікатися по поверхні твердого тіла, покриваючи її. Якщо ж взаємодія між молекулами рідини сильніша ніж між молекулами твердого тіла і рідини, то змочування не відбувається. Проміжні положення залежать від співвідношення молекулярних сил. неполярні рідини з малим поверхневим натягом добре змочують всі тверді тіла. Розрізняють гідрофільні та гідрофобні поверхні.

Молекулярна структура типових ефективних змочувачів повинна характеризуватися дуже розгалуженими ланцюгами, тому краща змочувальна здатність притаманна з'єднанням, у яких гідрофільна група знаходиться не на кінці, а всередині молекули, що має місце при зволоженні в емульсійному середовищі.

Причиною виникнення фізико-механічного зв'язку вологи з матеріалом є особливість поверхневих шарів на межах розподілу різних фаз, тому характер зв'язку вологи залежить від структурних властивостей твердої речовини. Фізико-механічні властивості поверхні розподілу двох фаз відрізняються від фізико-механічних властивостей внутрішніх шарів середовища. Завдяки тому, що поверхневий молекулярний шар не урівноважується з боку іншої фази рівним молекулярним притяганням, він володіє збитковою потенційною енергією – молекулярним тиском.

Дія вологи на гідрофільний полімер зводиться до того, що послаблюється міжланцюгова взаємодія у структурі полімеру. Так при зволоженні шкіри волога вклинюється між структурними елементами колагену і збільшує відстань між ними, а, відповідно, і розміри деталей із шкіри. Зволоження матеріалів дозволяє також полегшити умови деформації в результаті зменшення вільної поверхневої енергії тіла на межі з адсорбційно активним середовищем. При цьому велике значення має використання різних агентів для змочування, які сприяють прискоренню процесу зволоження і покращенню деформаційних властивостей матеріалів. Цьому також сприяє використання методу зволоження з застосуванням емульсій розчинників.

Складність задачі вибору оптимального методу або параметрів режиму гігротермічного впливу

полягає в тому, що зміна властивостей матеріалу носить характер, який важко прогнозувати. При цьому ціленаправлена з технологічної точки зору зміна однієї із властивостей може супроводжуватися погіршенням інших властивостей матеріалу. Тому задача вибору параметрів гіротермічного впливу потребує прийняття компромісного рішення – досягнення необхідної зміни властивостей при мінімальному погіршенні інших властивостей.

При гіротермічних впливах, зокрема при зволоженні із застосуванням емульсій розчинників, у взуттєвих матеріалах відбуваються структурні зміни в результаті чого міняються їх властивості. Зміна основних фізико-механічних властивостей матеріалів заготовки при їх зволоженні до 33-35 % наведена у табл. 1.

Так, зволоження матеріалів заготовки значно прискорює релаксаційні процеси, при цьому підвищується пластичність заготовки, збільшується подовження при розтягуванні, що дозволяє зменшити припуски на зтягувальну кромку і знизити величину зусиль, які необхідні для деформації матеріалу, збільшується залишкова деформація, що сприяє покращенню формостійкості взуття у процесі експлуатації, також збільшуються характеристики міцності, що сприяє покращенню умов формування заготовки на колодці.

Для вибору оптимальних параметрів гіротермічних впливів важливо визначити механізм структурних змін у матеріалі, який приводить до зміни властивостей матеріалу і на який значно впливає форма зв'язку вологи з матеріалом.

Таблиця 1

Зміна фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки взуття при зволоженні її різними способами

Показник	Спосіб зволоження	
	Водою	З використанням емульсій розчинників
Шкіра хромового методу дублення		
Подовження при нарузі 10 МПа, %	15-17	19-21
Залишкове подовження, %	3,0-3,5	8,0-8,5
Подовження при розриві, %	68-74	71-79
Межа міцності при розтягуванні, МПа	22-25	30-38
Юхта		
Подовження при нарузі 10 МПа, %	12-14	16-19
Залишкове подовження, %	4-6	10-14
Подовження при розриві, %	54-58	58-66
Межа міцності при розтягуванні, МПа	16-24	22-36

Гідратаційна волога приєднується до речовин у різних співвідношеннях. Центрами взаємодії є атоми або функціональні групи структури, які мають полярний характер, зокрема різні іони, електронегативні атоми (кисень, азот), що приєднують вологу в результаті утворення водневого зв'язку. Найбільш міцний зв'язок з полярними центрами характерний для тих молекул води, які мають з ними безпосередній контакт. У зв'язку з тим, що поле центрів гідратації часто має більшу протяжність, ніж розміри молекул води, можливе утворення гідратних оболонок, у яких енергія зв'язку вологи з матеріалом менше, ніж у шарі безпосереднього контакту молекул. Гідратаційна волога значно впливає на властивості гідрофільних матеріалів, зокрема для шкіри вона збільшує упорядкованість структури колагену. При зволоженні з використанням емульсій розчинників із збільшенням тривалості процесу можлива ізоляція центрів гідратації за рахунок утворення полімерних плівок, що підтверджується характером процесу, який наведений на рис. 2 [2].

Механічна імобілізація вологи проходить у тих випадках, коли матеріал пронизаний порами або капілярами. Як відомо, є мікрокапіляри і макрокапіляри. У мікрокапіляри волога може бути введена шляхом сорбції в результаті капілярної конденсації. Це явище виникає при утворенні ввігнутих менісків в капілярах, стінки яких змочуються вологою. При зволоженні з використанням емульсій розчинників має місце краща змочуваність поверхні волокон колагену, особливо це характерно для матеріалів, які мають жирові наповнювачі у своїй структурі, наприклад юхта (рис. 1 [2]).

Більшість гіротермічних впливів пов'язана із зміною кількості вологи капілярної конденсації, так як цей вид вологи значно впливає на зміну технологічних властивостей взуттєвих матеріалів. Значна кількість вологи поглинається макро і мікрокапілярами при зануренні матеріалу у воду (безпосередній контакт матеріалу з рідкою фазою). Волога, яка міститься у макрокапілярах, пов'язана з матеріалом значно менше ніж волога мікрокапілярів, тому вплив її на зміну властивостей матеріалу обмежений.

Переміщення вологи в капілярах при конденсації пара на його стінках з утворенням меніска проходить під дією капілярних сил, мірою яких є капілярний потенціал який збільшується із збільшенням коефіцієнту поверхневого натягу та із зменшенням радіусу менісків.

У натуральних шкір умовні діаметри капілярів зменшуються від бахтармяної поверхні до лицьової. В таких капілярах рідина рухається в сторону кінців з меншою кривизною, поки меніск не займе крайнє положення. При зменшенні вологовмісту лицьового шару шкіри відбувається садка поверхні, зменшення радіусів менісків і підвищення капілярного потенціалу порівняно з попереднім значенням.

На процес переносу та перерозподіл потоків вологи у багатошаровій конструкції значно впливають суцільні полімерні плівки, у яких немає наскрізних пор. Ці плівки можуть утворюватися при введенні до структури шкіри полімерних наповнювачів або жирів. При зволоженні із застосуванням емульсій розчинників можливе утворення таких плівок при збільшенні тривалості процесу зволоження.

Проходження вологи через суцільні плівки має особливий механізм і піддається дифузійним явищам. При цьому дифузію парів води можна пояснити наявністю між- та внутрішньомолекулярних "дірок", які поперемінно утворюються і зникають в структурі полімерної плівки в результаті теплового руху молекул полімеру. Молекула водяного пару, попадаючи в процесі дифузії у "дірку", вібує в ній до моменту утворення поблизу іншої "дірки", в яку вона і переміщується. Вірогідність утворення "дірок" дуже невелика, що і пояснює низьку проникність полімерів для парів води.

Залежно від структурних особливостей полімеру може бути два види дифузії активована і неактивована. Неактивована дифузія має місце при наявності у матеріалі капілярів, у яких поперечний перетин більший ніж діаметр молекули, яка здійснює дифузію. Активована дифузія має місце у суцільних плівках і покриттях.

Висновки

Таким чином, застосування емульсій розчинників при зволоженні матеріалів заготовки призводить до покращення змочуваності поверхні волокон матеріалу, що сприяє прискоренню процесу зволоження, особливо для матеріалів, структура яких містить жируючі і нерозчинні полімерні речовини. Із збільшенням тривалості процесу зволоження можливе утворення полімерних плівок на поверхні волокон, що зменшує проникнення вологи у матеріал, тобто зменшує кількість "баластної" вологи у матеріалі, що має місце при зволоженні шкір хромового методу дублення.

Зволоження із використанням емульсій розчинників сприяє покращенню зміни фізико-механічних властивостей матеріалів і не погіршує їх зовнішнього вигляду.

Література

1. Адигезалов Л.И. – О. Увлажнение, сушка и влажно-тепловая обработка в обувном производстве. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 135 с.
2. Якимова Г.П., Десятнюк І.М. Дослідження кінетики процесу зволоження матеріалів заготовки із застосуванням емульсій розчинників // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – № 5. – Ч.1. – С. 81-83.

Надійшла 23.11.2009 р.

УДК 687: 658.

С.С. МАТВІЙЧУК

Мукачівський державний університет

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБІВ ЗА РАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ

В статті встановлено взаємозв'язок між методами забезпечення конкурентоспроможності виробів та технологічністю їх конструкції.

In the article it is set interrelation between methods of providing of competitiveness of products and technologicalness of their construction.

Ключові слова: конкурентоспроможність, технологічність.

Постановка проблеми

На сучасному етапі структура зовнішньої торгівлі товарами України наближається до відповідних показників слаборозвинених країн, які не мають промислового виробництва і торгують переважно ресурсами (спостерігається скорочення в експорті інвестиційної продукції: технологій, обладнання, устаткування та будівельних послуг). Тому розвиток експортного потенціалу України при одночасній орієнтації вітчизняних підприємств на випуск високотехнологічних видів конкурентоспроможної продукції і послуг має стати головним елементом державної структурної політики.

Конкуренція – найефективніший і найдешевший метод економічного контролю, оскільки потребує мінімальних витрат, але при цьому змушує виробника скорочувати витрати на виробництво і ціни, збільшувати обсяг збуту, поліпшувати якість продукції.

Конкурентоспроможність – порівняльна характеристика товару, що містить комплексну оцінку всієї сукупності виробничих, комерційних, організаційних та економічних показників [1].

Товар – головний суб'єкт ринку. Він має вартість і споживчу вартість (цінність), наділений визначеною якістю, технічним рівнем і надійністю, корисністю, що задається споживачами, показниками ефективності у виробництві і споживанні, іншими характеристиками. В процесі конкурентного суперництва

товарів в умовах розвинутого ринкового механізму виявляються відмінності даного товару від товару – конкурента як за ступенем відповідності конкретній суспільній потребі, так і за витратами на її задоволення. Для цього товар повинен мати визначені конкурентні переваги. Він має володіти певними техніко-експлуатаційними та економічними параметрами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

За [1] конкурентні переваги бувають низького та високого порядку. Перші зумовлені можливістю використання дешевших, ніж у конкурентів, засобів і предметів праці, робочої сили, сприятливого співвідношення курсів валют, державної підтримки.

Конкурентні переваги нинішньої української промисловості зумовлені саме цими обставинами. Але ці переваги можуть бути загублені у разі зміни ситуації в зовнішньому середовищі, тому заслуговують уваги переваги високого порядку. До них можна віднести техніко-економічну унікальність продукції, її наукоємність, технологічність, високу якість і ефективність використання виробу у споживача, репутацію фірми, високу кваліфікацію фахівців. Хоча ці переваги є важкодосяжними та потребують значних матеріальних та інтелектуальних витрат, але вони складають основу конкурентоспроможності товару і слабо реагують на зміни зовнішнього середовища.

Конкурентоспроможність нових товарів має бути дуже випереджальною і довгостроковою, вона закладається на стадії розробки, і на ранніх етапах проектування для її досягнення потрібні мінімальні витрати, тому моделювання конкурентоспроможності продукції має починатись з визначення сукупності техніко-економічних показників (ТЕП). Згідно з класифікацією показників конкурентоспроможності [1] конкурентоспроможність складається з технічних (якісних) і комерційних (цінових) комплексних показників.

Технічні показники товару визначаються оцінкою відповідності його технічного рівня, якості та надійності сучасним вимогам, що висуваються споживачами на ринку.

Постановка мети та завдань дослідження

Мета дослідження – дослідити шляхи підвищення рівня конкурентоспроможності промислових виробів.

Завдання дослідження – виявити можливість підвищення рівня конкурентоспроможності виробів за рахунок підвищення рівня технологічності їх конструкції.

Виклад основного матеріалу досліджень

При розгляді техніко-експлуатаційних показників технічного рівня: призначення, ресурсоємності, надійності, ергономічності, естетичності, технологічності, стандартизації, уніфікації, управління, автоматизації, компактності, взаємозаміни, діагностики, наявності спецобладнання, можна відмітити, що вони характеризують технологічність конструкції виробу. Таким чином, при підвищенні рівня технологічності конструкції виробу ми автоматично покращуємо рівень його конкурентоспроможності.

Технологічність конструкції виробу (ТКВ) – сукупність властивостей виробу, які визначають придатність його конструкції для досягнення оптимальних витрат ресурсів при виготовленні та експлуатації для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт [2].

Ресурсоємність відноситься до технічних показників конкурентоспроможності і характеризує якість виробництва, але при цьому лежить в основі таких комерційних показників конкурентоспроможності, як ціна, собівартість, окупність та рентабельність, які визначають якість обслуговування (споживання).

Показник ресурсоємності виробу є показником конкурентоспроможності та згідно з [3, 4] одночасно показником технологічності конструкції виробу.

Показники ресурсоємності та загальної ТКВ показано на рис. 1.

Оскільки всі показники ресурсоємності характеризують собівартість за видом технологічності конструкції виробу, вводиться показник технологічної собівартості C_T , який характеризує у вартісному вираженні ресурсоємність виробу з урахуванням його конструктивних особливостей у сферах виробництва, експлуатації та ремонту.

Комплекс робіт по зниженню трудомісткості та технологічної собівартості виробу в експлуатації та ремонту полягає в наступному:

- застосування конструктивних рішень, які дозволяють зменшити витрати на підготовку до роботи, технічний контроль, транспортування виробу;
- застосування конструктивних рішень, які дозволяють зменшити витрати ресурсів, заміну складових частин виробу зі збереженням якості виробу;
- підвищення рівня уніфікації і стандартизації складових частин виробу;
- застосування конструктивних рішень, які полегшують та спрощують умови технічного обслуговування та ремонту, з метою обмеження вимог до кваліфікації персоналу, який буде здійснювати технічне обслуговування та ремонт.

Технологічну собівартість виробу представляють в грошових одиницях як суму всіх статей витрат і застосовують у випадку, коли вартісні показники є головними при розрахунку економічної ефективності.

Технологічну собівартість використовують при оцінці ТКВ і розраховують за формулою:

$$C_T = C_M + C_3 + C_{н.р.}, \quad (1)$$

де C_M – вартість матеріалів;

C_3 – заробітна плата працівників;

$C_{н.р.}$ – накладні витрати (допоміжні матеріали, електроенергія, амортизація устаткування).

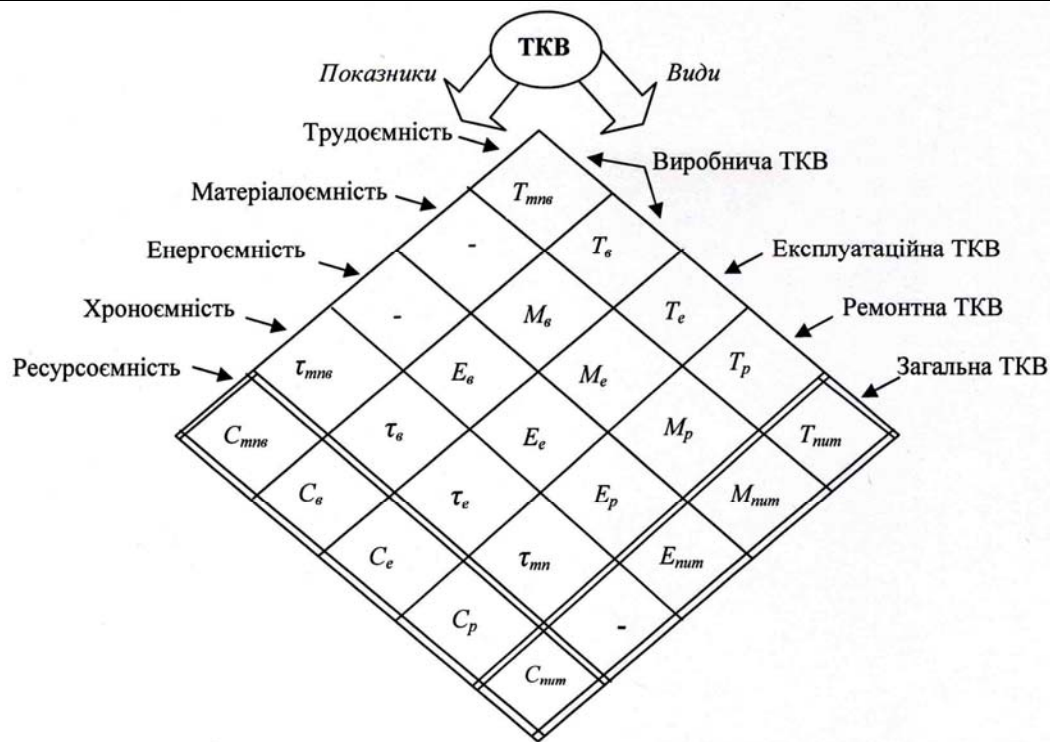


Рис. 1. Показники ресурсоемності та загальної ТКВ

Поряд з абсолютною технологічною собівартістю виробу в якості показника ТКВ застосовують питому технологічну собівартість по області її прояву:

- питому виробничу технологічну собівартість $C_{п}^{пнт}$;
- питому експлуатаційну технологічну собівартість $C_{е}^{пнт}$.

При порівняльному аналізі варіантів конструкції виробу по технологічній собівартості дотримуються тих самих вимог, що і для оцінки матеріалоємності та трудомісткості виробу.

Точність кількісної оцінки ТКВ, а також перелік показників та методика їх визначення встановлюється залежно від виду виробу, типу виробництва, об'єму випуску та інших зазначених вище умов. Моделі процесів забезпечення ТКВ поділяють за їх призначенням на типові та робочі, а за застосуванням засобів представлення процесу – на інформаційні та математичні

Математична модель відображає процес забезпечення ТКВ на параметричному рівні і її введення в процес забезпечення ТКВ пов'язано з інтенсивним розвитком робіт по САПР одягу. Застосування математичних моделей сприяє значному зменшенню загального потенціалу інформації про виріб, оскільки вони відображають найбільш суттєві ознаки виробу з точністю, достатньою для досягнення оптимального рівня витрат ресурсів на виробництво, експлуатацію та ремонт виробу.

Автоматизоване вирішення задач забезпечення ТКВ на основі математичних моделей включає: встановлення складу математичних моделей; розробку математичних моделей; розрахунок показників і оцінку ТКВ по моделях; розробку рекомендацій по змісту та порядку зміни моделей з метою покращення показників ТКВ та підвищення ефективності виробництва, експлуатації та ремонту виробу. При автоматизованому вирішенні задач забезпечення ТКВ математичне моделювання здійснюється згідно з блок-схемою [2], представленою на рисунку 2.

Оцінка ТКВ здійснюється на основі порівняння варіантів моделі виробу при різних варіантах моделей КПП, ТПП, виробництва, експлуатації та ремонту. При відсутності варіантів оцінка ТКВ здійснюється на основі заданих для порівняння базових показників. Розробка рекомендацій по змісту та проведенню зміни моделей включає вибір показників ТКВ, які слід удосконалити; встановлення відносин між значеннями показників та характеристиками моделей; групування властивостей елементів та характеристик моделей; розробку рекомендацій по зміні моделей. На основі розроблених рекомендацій здійснюють корегування моделей.

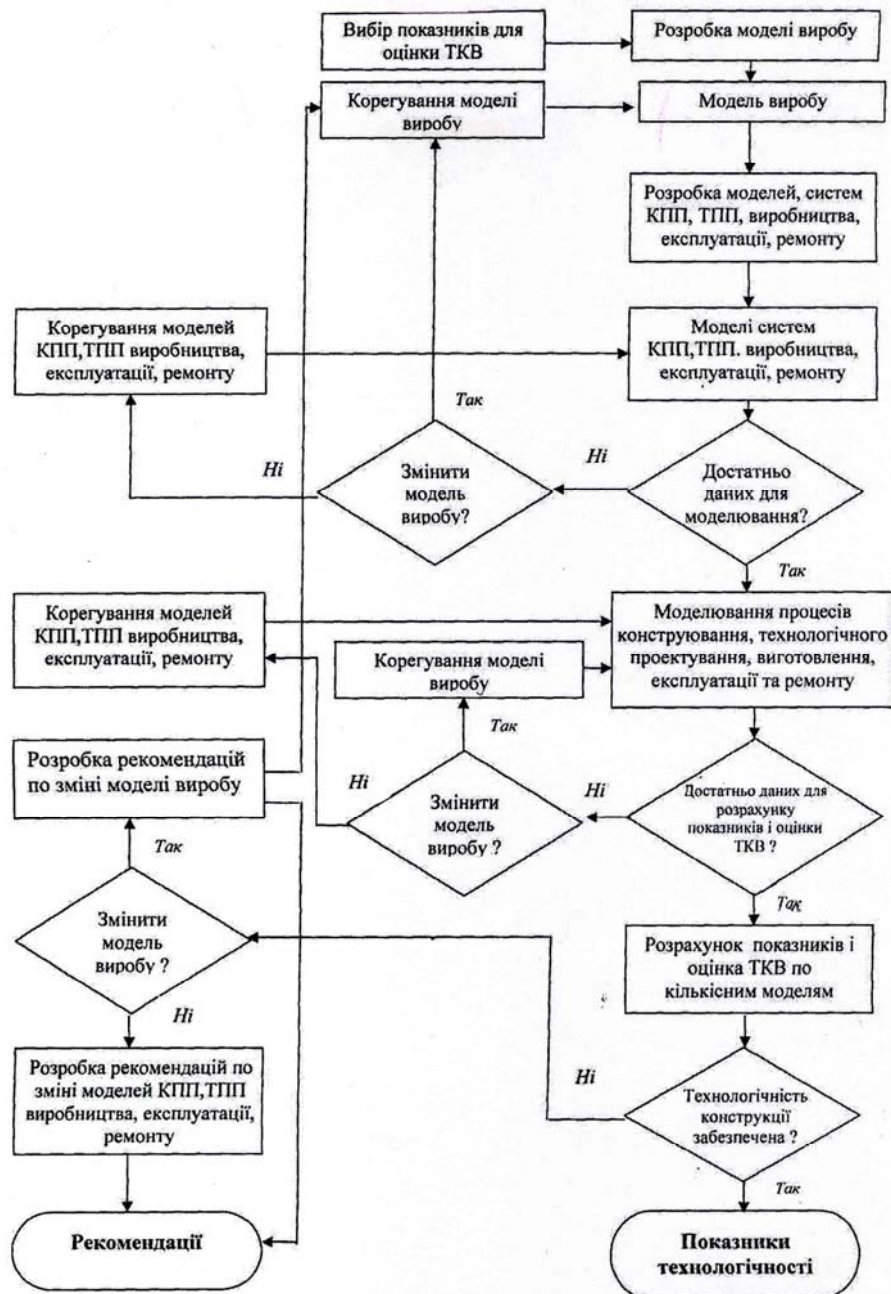


Рис. 2. Принципова схема математичного моделювання при автоматизованому вирішенні задач забезпечення ТКВ

Висновки:

Розглянуто можливість підвищення конкурентоспроможності промислових виробів шляхом підвищення технологічності їх конструкції.

Розглянуто можливість автоматизованого вирішення задач забезпечення ТКВ на основі математичного моделювання.

Література

1. Кобиляцький Л.С. Управління конкурентоспроможністю: Навч. посібник. – К.: Зовнішня торгівля, 2003. – 304 с.
2. Технологічність конструкції изделий: Справочник/ Т.К. Алферова, Ю.Д. Амиров; Под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.
3. Славінська А.Л. Методи типового проектування одягу. – Хмельницький: ХНУ, 2008. – 159 с.
4. Славінська А.Л., Матвійчук С.С. Формування структури показників технологічності конструкції швейних виробів за принципом номенклатурності // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. – 2008. – № 2 (120). – С.310-315.

Надійшла 20.11.2009 р.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ЧОЛОВІЧОГО ФРАКУ

В статті обґрунтовано необхідність удосконалення процесу проектування чоловічого фраку. Запропоновано методику коректування недоліків форми тіла замовника формою одягу. Розроблено напрямки удосконалення процесу проектування чоловічого фраку для покращення рівня якості посадки виробу, на етапі зняття вимірів і побудови конструкції.

In the article grounded necessity of improvement of process of planning masculine a tail-coat. The method of adjustment of formal of body of customer defects is offered by the form of clothes. Directions of improvement of process of planning masculine a tail-coat are developed for the improvement of level of quality of landing of good, on the stage of removal of measurings and construction of construction.

Ключові слова: проектування, побудова, чоловічий фрак.

Постановка проблеми

Особливості сучасних САПР для проектування одягу дозволяють скоротити затрати часу на проектування швейних виробів та зменшити собівартість готового одягу, проте не забезпечують один із основних показників якості – якість посадки виробу на фігурі чоловіка з врахуванням його індивідуальних особливостей.

Проблема забезпечення високої якості продукції має велике технічне, економічне, соціальне і політичне значення, носить комплексний характер і охоплює всю систему її виробництва і споживання, всі стадії життєвого циклу виробу: проектування – виробництво – товарообмін – експлуатацію. Особливо це стосується одягу для офіційних заходів, якість якого безпосередньо впливає на імідж ділового чоловіка. До такого особливого виду одягу відноситься чоловічий фрак [1, 2, 4]. Оскільки формотворні елементи конструкції чоловічого фраку мають забезпечити найкращу відповідність тілобудові чоловіка незалежно від методики конструювання, засобів моделювання та індивідуальних особливостей чоловіка, завдання удосконалення методу проектування такого виробу є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На основі аналізу літературних джерел [1-3] можна зробити висновок, що проблема формування чоловічого вечірнього костюму почала набувати актуальності з розвитком виробництва готового чоловічого одягу, тобто з XIX ст. з настанням нової капіталістичної епохи і на сьогодні набула великої значимості. Проте вирішення її стає можливим лише в наш час – стрімкого розвитку комп'ютерних технологій, що дозволяє провести аналіз передумов формування чоловічого вечірнього офіційного костюму та знайти вирішення шляхів вдосконалення його проектування на основі аналізу досягнень сучасної науки і техніки.

На основі аналізу еволюції форми чоловічого костюму [1-3] можна відмітити його консервативність, традиційність, раціональність і універсальність, що в свою чергу створює передумови для розробки системного підходу до проектування фраку для сучасного ділового чоловіка і автоматизації цього процесу за допомогою сучасної комп'ютерної техніки.

При формуванні вечірнього офіційного гардеробу важливо враховувати відповідність зовнішності ділового чоловіка, відповідність форми і пропорцій, силуетних ліній одягу і аксесуарів формі і розмірам тіла чоловіка. А при проектуванні чоловічого офіційного фраку необхідно виявити структурні зв'язки формотворних елементів конструкції з позицій якості відтворення форми виробу.

Отже, завданням роботи є закладення якості вже на початковому етапі проектування чоловічого фраку, тобто на етапі зняття вимірів і побудови конструкції.

Таким чином, **мета роботи** полягає в удосконаленні процесу проектування чоловічого фраку для підвищення естетичного рівня якості з урахуванням індивідуальних особливостей споживача.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено розв'язання таких **задач**:

- розробити методику коректування недоліків форми тіла замовника формою одягу;
- проаналізувати вихідні дані для проектування фраку;
- розробити напрямки удосконалення процесу проектування чоловічого фраку для покращення рівня якості посадки виробу;
- проаналізувати показники якості посадки чоловічого одягу для удосконалення структури процесу проектування чоловічого фраку.

Виклад основного матеріалу

Розробка методики коректування недоліків форми тіла замовника формою одягу

Сьогодні фрак займає особливу нішу як вишуканий костюм для урочистих випадків: офіційних прийомів на найвищому рівні, вагомих міжнародних зустрічей культурного, економічного чи наукового характеру. Крім того, фрак залишається традиційним чоловічим костюмом для спортивних бальних танців європейської програми, а також, в театрі.

Згідно з джерелами [1-3], фрак (від французького frac) – чоловічий святковий вечірній костюм особливого крою – відрізний по талії, зі скошеними спереду полами і довгими вузькими фалдами ззаду. Першочергово фрак з'явився в XVIII ст. в Англії як одяг для верхової їзди, в кінці XVIII ст. він поширився

як елемент буржуазної моди, а в XIX ст. – як офіційний (бальний) одяг.

Незважаючи на свою 350-річну історію, фрак є одним з найбільш консервативних видів одягу. Проте, при проектуванні сучасної форми фраку необхідно чітко знати його призначення.

Таким чином, в результаті історичного аналізу сучасного чоловічого вечірнього офіційного костюма відмічено належність фраку до капсули вечірнього гардеробу, високий коефіцієнт консервативності і низький рівень свободи, що обмежує варіювання параметрів фракного костюму і вимагає суворого дотримання дрес-коду. Схема призначення сучасного фраку у різних сферах життя наведена на рис. 1.

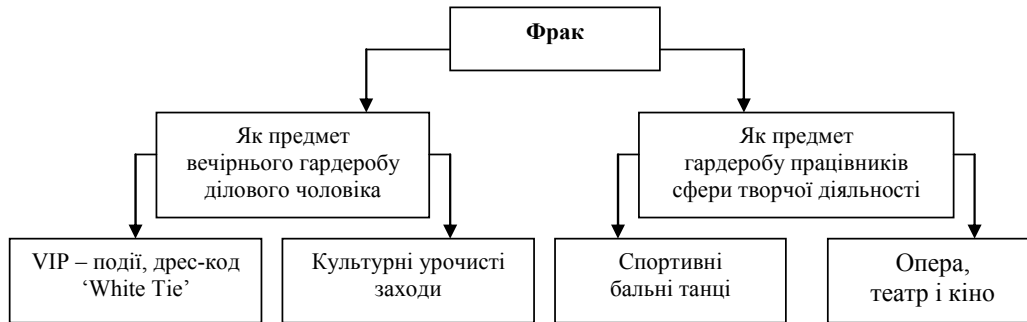


Рис. 1. Схема призначення сучасного фраку

При створенні зовнішнього вигляду ділового чоловіка слід керуватися передусім закономірностями теорії дизайну, і вже потім модними тенденціями. Відчуваючи себе комфортно і гармонійно в одязі, що підкреслює її індивідуальність і приховує недоліки фігури, людина стає більш впевненою у собі, непомітно для себе обирає манеру поведінки, відповідно до свого образу [4].

Врахування впливу цих факторів створює передумови для максимального задоволення потреб ділового чоловіка, для гармонізації предметів гардеробу із зовнішністю споживача. Таким чином, для формування художньо-конструктивного вирішення предметів вечірнього гардеробу ділового чоловіка розроблено методіку коректування розмірів і форми тіла чоловіка формою одягу. Способи коректування недоліків зовнішності систематизовано і представлено на рисунку 2.



Рис. 2. Способи коректування недоліків зовнішності

Тактика коректування визначається на основі аналізу типу тілобудови і пропорцій індивідуальної фігури, та особливостей будови тіла чоловіка.

Весь процес коректування форми тіла чоловіка формою одягу розділено на три етапи (рис. 3). На першому етапі формування гардеробу продумується об'єм і форма одягу, загальне композиційне вирішення. Форма одягу є найбільш активним засобом, що дозволяє змінити конфігурацію окремих частин тіла і фігури в цілому. Завдяки їй можна зорозов збільшити або зменшити поздовжні і поперечні розміри тіла, пом'якшити рельєф поверхні фігури або зробити його більш чітким.

На другому етапі розробка ескізу моделі на конкретну фігуру здійснюється впорядкуванням елементів форми, створення системи горизонтальних і вертикальних членувань, обумовленими визначеними математичними зв'язками: відношеннями і геометричними пропорціями.

На третьому етапі розробки ескізу здійснюється підбір кольорової гама виробів, фактури матеріалу, товщини тканини, розміру малюнка; визначаються модельні особливості виробів (крій, довжина і форма рукава, конфігурація вирізу горловини, розмір коміра, вид застібки, вид кишень, проектування внутрішніх ліній в одязі (форми лацканів, форми коміра, форми рельєфів, форми клапанів кишень) відповідно до типу пропорцій і тілобудови чоловіка з метою їх коректування.





Рис. 3. Етапи коректування форми тіла формою одягу

Методика проектування композиційного вирішення одягу залежно від типу пропорцій і тілобудови замовника наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Методика проектування переважних варіантів композиційних рішень чоловічого фрака залежно від типу пропорцій і тілобудови замовника

Рекомендовані ознаки	Тип фігури		
	Доліхоморфний грудний	Доліхоморфний м'язовий	Доліхоморфний брюшний
Задача	Зробити фігуру зорово повнішою, видовжити тулуб	Залишити об'єм без змін, видовжити тулуб	Зробити фігуру зорово худішою
Рекомендована форма	Кругла, прямокутна, трапеція	Прямокутна, трапеція	Прямокутна, кругла
Графічне умовне зображення форми			
Рекомендований силует	Прямий, вільний	Прямий, напівприлеглий, прилеглий	Прямий, напівприлеглий
Рекомендовані пропорції	1/1, 3/2, 7/1, 7/3	1/1, 3/2, 7/1, 7/3	1/1, 3/2, 7/1, 7/3
Поздовжні членування	Рельєфи	Рельєфи	Рельєфи
Товщина тканини	Товста, щільна	Для плечового одягу – тонка, м'яка, формостійка; для поясного – товста, щільна	Тонка, м'яка, формостійка
Крій рукава	Вшивний	Вшивний	Вшивний
Форма рукава	Прямий, широкий	Прямий, широкий, прилеглий	Прямий
Розмір коміра	Великий	Великий	Великий
Вид застібки	Зміщена	Центральна	Центральна
Ширина лацканів	Широкі	Середні	Неширокі
Розмір дрібних деталей	Дрібні	Середні	Великі

Аналіз вихідних даних для проектування чоловічого фраку

Вибір методики для побудови конструкції чоловічого вечірнього офіційного фраку є дуже важливим етапом проектування виробу необхідної якості. В якості пріоритетних методик були обрані методика побудови чоловічого фраку прилеглому силуету з бочком та без бочка в літературному і автоматизованому варіантах І.Я. Гріншпана, досвідченого майстра індивідуального виготовлення чоловічого верхнього одягу. Автоматизований варіант побудови чоловічого фраку представлений фірмою «Вілар», відомим російським розробником програмного забезпечення [5].

Крім того, для аналізу була обрана методика побудови чоловічого піджака напівприлеглому силуету Вороніна М.Л., засновника всесвітньоуспішного бренду, відомого бездоганною якістю посадки чоловічого верхнього одягу [6].

При виборі методики конструювання чоловічого фраку, на першому етапі був проведений порівняльний аналіз вхідних даних для побудови конструкції, а саме розмірних ознак та необхідних

прибавок [5, 6].

В результаті аналізу розмірних ознак, необхідних для побудови конструкції фраку за методикою Гріншпана І.Я. та піджака за методикою Вороніна М.Л., було зроблено висновок про подібність вхідної інформації методик.

Крім основних розмірних ознак, які визначаються для побудови креслення конструкції, необхідні додаткові виміри, що визначають поставу людини та безпосередньо впливають на баланс виробу.

Постава фігури за методикою Гріншпана І.Я. визначається по формулі:

$$O_c = D_{тпI} - (0.4C_{ш} + 2.4) - D_{тс}, \quad (1)$$

де O_c – постава фігури, см;

$D_{тпI}$ – вимір довжини переду до талії I, см;

$D_{тс}$ – вимір довжини спинки до талії, см;

Для перегинистої фігури O_c – позитивна, для сутулої – негативна. Значення O_c до $\pm 0,5$ – до уваги не береться.

Постава за методикою Вороніна М.Л. визначається положенням корпусу (P_k) і висотою плечей (B_p): $P_k = 7 \pm 1$ (нормальна), $P_k = 9 \pm 1$ і більше (сутула); $P_k = 5 \pm 1$ і менше (перегиниста).

$B_p = 6,4 \pm 0,75$ (нормальні); $B_p = 4,9 \pm 0,75$ (високі); $B_p = 7,9 \pm 0,75$ (низькі).

Воронін М.Л. пропонує використовувати додаткові виміри висота плеча коса спинки – $B_{пкс}$ і переду – $B_{пкп}$ при виготовленні креслення на конкретну фігуру, для перевірки положення плечової точки спинки і вищої точки горловини пілочки.

Гріншпан І.Я. для визначення лінії плечового зрізу спинки і пілочки замість вимірювань $B_{пкс}$ і $B_{пкп}$ пропонує D_p (довжина дуги через вищу точку плечового суглобу).

Такі додаткові розмірні ознаки як P_k , B_p , а також ракурс (розворот плечей) $Ш_{пс}$, $Ш_{пп}$ впливають на положення плечової точки, ширину і висоту горловини спинки, положення вершини горловини пілочки.

Порівнюючи прибавки по основних конструктивних ділянках, необхідні при побудові фраку прилеглого силуету та піджака напівприлеглого силуету за методикою Гріншпана І.Я. та піджака напівприлеглого силуету за методикою Вороніна М.Л., зроблено висновок, що прибавки для фраку прилеглого силуету (за Гріншпаном І.Я.) та піджака напівприлеглого силуету (за Вороніним М.Л.) є ідентичними.

Розробка напрямків удосконалення процесу проектування чоловічого фраку

На другому етапі було проаналізовано побудову основних конструктивних ділянок методик, що розглядаються, побудовано конструкції виробів для розміру 48 умовно-пропорційної фігури і виконано накладання креслень по основних лініях побудови. В результаті порівняння виявлена подібність в структурі розрахункових формул, за якими визначається положення основних ділянок креслення конструкцій. Разом з тим, зроблено висновок про співпадання положення основних конструктивних поясів – лінії грудей, талії, стегон, а також незначні відхилення у положенні решти відрізків.

Отже, на основі порівняльного аналізу вхідної інформації для побудови чоловічого фраку на базовий розмір 48, було обрано методику Гріншпана І.Я. в автоматизованому режимі. Для досягнення бажаного результату, тобто ідеальної посадки фраку на фігурі замовника, здійснено удосконалення методики побудови конструкції фраку Гріншпана І.Я., доповнюючи її методом перевірки балансової відповідності за методикою Вороніна М.Л. [5,6]. Тому, на кресленнях введені додаткові діагоналі, з використанням яких контролюються балансові показники конструкції. Принцип перевірки балансової відповідності креслення конструкції за допомогою співвідношення контрольних діагоналей представлено на кресленні конструкції фраку, рисунок 4:

$A41T5 = A21T3$ – зовнішній баланс.

$P5T6 = P1T31 - 3,0 (\pm 0,5)$ см – внутрішній баланс.

Перевірка рівнолінійного положення точок $T61$, $G52$ і $P5$.

Діагоналі пілочки:

$P5P7 = A41P6 +$ ширина горловини спинки – 1 см.

$P7T61 = T4P6$

Діагоналі спинки:

$P1Y = AP3$

$T2A2 = T2A21$ (без припусків на шви).

Перевірка положення плечової точки спинки: $T1A2 = B_{пкс}$ ($T1П$) і вищої точки горловини пілочки: $B_{пкп}$ ($T4П4$) = $T4A41$.

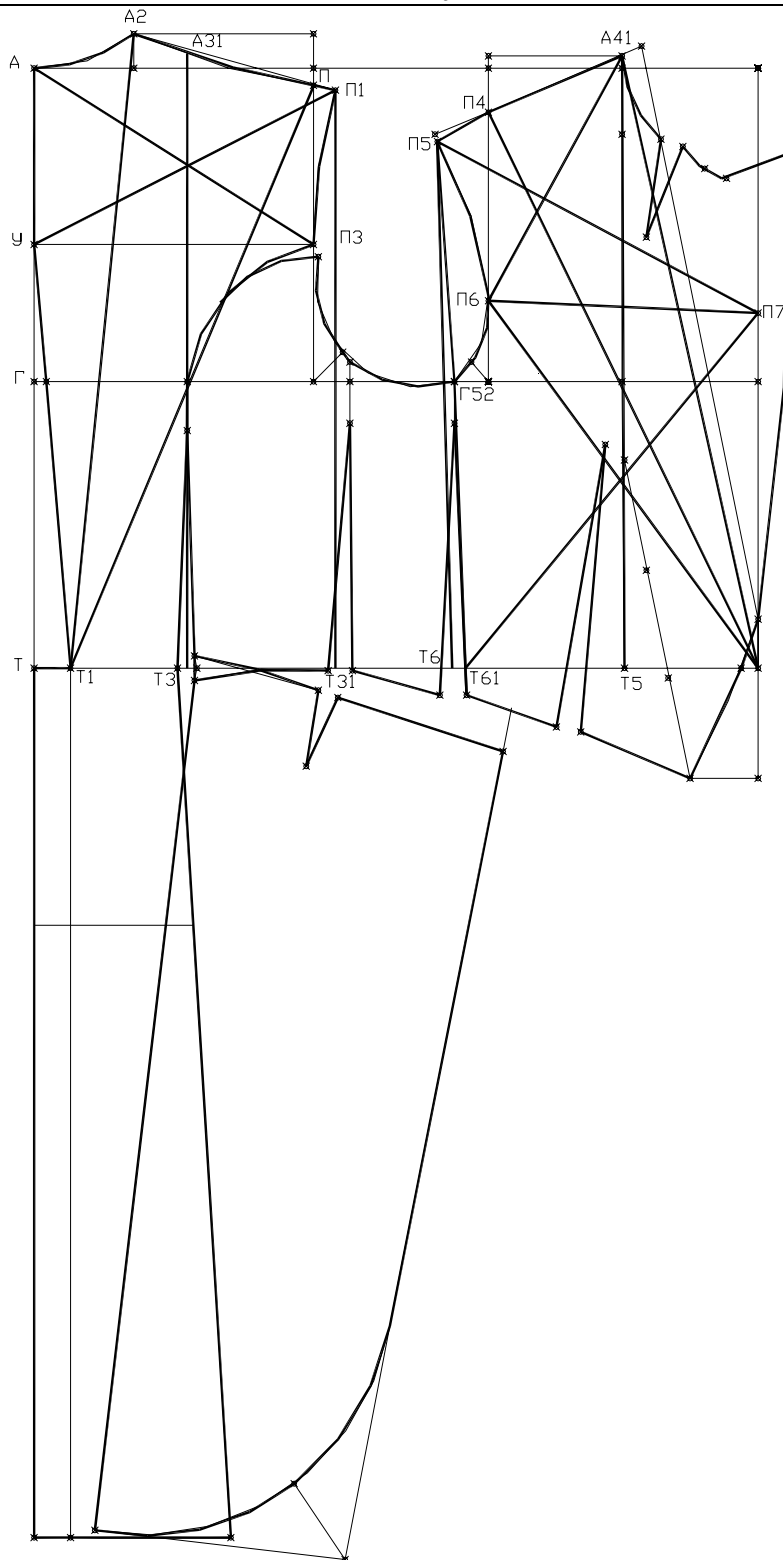


Рис. 4. Методика перевірки балансу конструкції чоловічого фракту, побудованого за методикою І.Я.Гріншпана

Показники якості посадки чоловічого одягу для удосконалення структури процесу проектування чоловічого фракту

Одним із найважливіших показників якості фракту є відповідність його розмірів і форми параметрам тіла людини. Найкращу посадку забезпечує повна відповідність параметрів опорної поверхні виробу несучій поверхні тіла людини, що закладається вже на початкових етапах одержання інформації про поверхню фігури.

В результаті аналізу показників статичної відповідності чоловічих плечових розстібних виробів [7,8], для комплексної кількісної оцінки якості посадки чоловічого фракту виділено десять одиничних показників за вагомністю рангів, таблиця 2.

Одиничні показники статичної відповідності чоловічого фракту

Код показника	Одиничний показник якості посадки одягу
1	2
X_{10}	Відсутність дефектів, що виникають внаслідок неточності з'єднання
X_4	Відсутність похилих вільних складок на спинці від пройми чи бічних швів
X_8	Відсутність горизонтальних вільних складок у верхній та середній частинах спинки
X_5	Відсутність горизонтальних напружених складок по горловині спинки
X_7	Відсутність напруги тканини всередині деталі (завдяки недостатньої опуклості переду чи спинки)
X_2	Відсутність зайвого відставання коміра від шиї ззаду та збоку
X_3	Прямовисність положення бічних швів
X_6	Відсутність зайвого прилягання коміра до шиї ззаду
X_1	Горизонтальність положення низу виробу
X_9	Відсутність вільних складок всередині деталі (завдяки недостатньої увігнутості переду чи спинки на рівні талії)

Висновок

На основі проведених досліджень, визначено етапи коректування форми тіла формою одягу та розроблено методику проектування художньо-конструктивних рішень чоловічого фракту для фігур із різними особливостями будови.

Методом літературно-аналітичного дослідження, проаналізовано методики побудови конструкції чоловічого плечового одягу та обґрунтовано вибір автоматизованої методики І.Я. Гріншпана для побудови конструкції чоловічого вечірнього офіційного фракту.

На основі аналізу принципів формування якості посадки чоловічого плечового одягу та дослідження вхідної інформації методик побудови конструкції чоловічого фракту за І.Я. Гріншпаном та чоловічого піджака за М.Л. Вороніним, запропоновано доповнення вхідних розмірних ознак додатковими вимірами, що визначають поставу фігури і баланс майбутнього виробу, принципи контролю балансової відповідності конструкції чоловічого фракту за допомогою контрольних діагоналей, які оцінені одиничними показниками статичної відповідності.

Література

1. Андреева Р.П. Энциклопедия моды. – СПб: Литера, 1997. – 416 с.
2. Киреева Е.В. История костюма. Европейский костюм от античности до XX в.: Учеб. пособие для сред. театр. учеб. заведений. – 2-е изд, испр. М.: Просвещение, 1976.
3. Коммиссаржевский Ф.Ф. История костюма. – М.: Литература, 1998. – 496 с.
4. Кузин Ф.А. Современный имидж делового человека, бизнесмена, политика. – М.: Ось-89, 2002. – 512 с.
5. Гриншпан И.Я. Конструирование мужской верхней одежды по индивидуальным заказам населения. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.
6. Воронин М.Л. Конструирование и изготовление мужской верхней одежды беспримечным методом: Методический материал. – К. – 1986.
7. Комплексная оценка качества промышленной продукции. – М.: Экономика, 1975. – 183 с.
8. Конструирование одежды с элементами САПР / Под редакцией Кобляковой Е.Б. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.

Надійшла 19.11.2009 р.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ НАДІЙНОСТІ КИСЛОТОЗАХИСНОГО ОДЯГУ

У статті визначені та досліджені показники текстильних матеріалів, з допомогою яких була проведена оцінка надійності кислотозахисного одягу з використанням коефіцієнтів повітропроникності і водотримкості проб, оброблених агресивним середовищем протягом 120 годин експозиції. Визначені залежності зміни структури матеріалу від концентрації агресивної рідини та часу контакту при п'ятицикловому очищенні.

The indexes of textile materials were curtained and explored in the article with the help of which the estimation of reliability of acid protective clothes was conducted with the use of coefficients of air permeability and water durability of tests, treated by aggressive environment during 12 hours of display. Dependences of change of structure of material on the concentration of aggressive liquid and time of contact at a 5-cyclic cleaning were determined in the article.

Ключові слова: кислотозахисний одяг, коефіцієнт повітропроникності, водотривкість, бавовняно-лавсановий матеріал, ступінь надійності.

Аналіз стану питання. Текстильні матеріали, в основному тканого способу виробництва, які використовуються для виготовлення кислотозахисного одягу, відбираються із загального асортименту спеціальних тканин завдяки вимогам двох нормативних документів. Але при цьому слід зауважити, що ГОСТ 11209-85 передбачає оцінювати кислотозахисні властивості матеріалів вивчаючи їх кислотного проникнення до впливу 20 % сірчаної кислоти. Для цього на три проби матеріалу розміром 10x10 см наносять по 10 крапель 20 % сірчану кислоту, накривають чашкою Петрі і залишають на 6 годин. Тканина вважається придатною для виготовлення кислотозахисного одягу, якщо за 6 годин експозиції 30 крапель агресивної рідини залишаються на лицевій поверхні проб. Контроль цього дослідження проводиться візуально, що ми відносимо до недоліків. Однак, основним зауваженням до стандарту є те, що представлена методика не передбачає визначення кислотостійкості спеціальних матеріалів до впливу того ж середовища. Одже кислотостійкість – це хімічна стійкість текстильних матеріалів до деструктивних процесів, обумовлених впливом агресивних середовищ (в даному випадку мінеральних кислот) протягом конкретного часу, яка контролюється величиною зміни розривальних характеристик в порівнянні з вихідними. Такі вимоги потребує ГОСТ 16166-80. Тому вибір матеріалів за нормативним документом, де враховується тільки проникнення крапель 20 % сірчаної кислоти без вивчення хімічної стійкості проб до указаних мінеральних кислот і їх дифузії, слід вважати некоректним і таким, який не призводить до покращення умов та охорони праці на хімічних підприємствах. Про це свідчать і результати експериментальних досліджень, які дали змогу оцінити вплив слабких розчинів 10...25 % концентрації сірчаної, соляної, азотної і фосфорної кислот на проби матеріалу арт. 3052, рекомендованого ГОСТ 11209-85 для виготовлення кислотозахисного одягу (рис. 1). Якщо проаналізувати отримані дані при умові наявності нормативного показника по хімічній стійкості в указаному стандарті, то стає очевидним, що такі текстильні матеріали, як арт. 3052; 3053; 3147 і 3162, виготовленні із 100 % бавовняних волокон, не слід відносити до кислотозахисних. Але оскільки вказані матеріали все-таки використовуються для спеціального одягу, то вивчення його надійності залежно від часу експлуатації обґрунтоване.

Що стосується вимог до вибору матеріалів для кислотозахисних ЗІЗ від впливу високих концентрацій, які зазначені в ГОСТ 16166-80, то на відміну від них необхідно додатково провести дослідження з соляною, азотною і фосфорною кислотами. Це дасть змогу реально оцінити кислотозахисні властивості матеріалів, які використовуються для спеціального одягу і виявити закономірності, що впливають на ступінь надійності виробу залежно від часу його експлуатації.

Постановка завдання. Проаналізувавши сутність чинних стандартів, з допомогою яких проводиться вибір спеціальних матеріалів для пошиву кислотозахисного одягу, можна однозначно стверджувати, що при вивченні ступеня їх надійності, залежно від часу експлуатації, необхідно користуватись указаним переліком мінеральних кислот (сірчана, соляна, азотна, фосфорна) певної концентрації та показниками, які здатні контролювати зміни властивостей, що відбулися з предметом дослідження. При цьому слід відмітити, що на першому етапі випробувань необхідно оцінити матеріали, які використовувались протягом багатьох років як кислотозахисні, але вивчались відносно впливу тільки сірчаної кислоти. На другому етапі експерименти будуть проводитись по відношенню до контакту з розчинами сірчаної, соляної, азотної і фосфорної кислот. Концентрація указаних агресивних середовищ повинна бути обґрунтована тією величиною, яка виробляється на підприємствах, а саме «середньої концентрації» та «високої концентрації». Що ж стосується «низької» або «слабкої» концентрації, то її виробляють, а готують із «середньої» та «високої» концентрації відомими для спеціалістів способами. В зв'язку з цим, подальші дослідження будуть проводитись з розчинами сірчаної кислоти 50, 80 і 90 % концентрації, соляної кислоти 20 і 35 % концентрації, азотної кислоти 50 і 80 % концентрації і фосфорної кислоти 50 і 85 % концентрації.

Що стосується показників якості матеріалів після контакту з агресивними середовищами, то їх можна контролювати розривальними характеристиками і кислотопроникністю, тобто тими фізико-

механічними величинами, які рекомендуються ГОСТ 16166-80. Так, вивчаючи зміну розривальних характеристик від часу експлуатації виробу, ми зможемо оцінити хімічну стійкість проб матеріалів, а проникнення крапельної фази агресивної рідини через товщу проби дасть змогу оцінити їх захисну спроможність. Але, якщо зважити на те, що згідно з нормами безоплатної видачі ЗІЗ робітники хімічних підприємств отримують одяг на 6-12 місяців, який протягом указаного періоду експлуатації, а саме через кожні 5 змін, здають для очищення (в основному, прання в мильно-содовому розчині), то очевидний вплив указаної процедури на кислотозахисні властивості також необхідно враховувати. Окрім цього слід констатувати, що в теперішній час відбір зразків (костюмів) з підприємств для проведення досліджень в лабораторії практично неможливий із-за відсутності бажання у їх власників. Тому, враховуючи такі обставини, нами було прийнято рішення проводити підготовку проб спеціальних матеріалів в лабораторії ЗІЗ ДП «НДІТБХВ» (м. Сєвєродонецьк). Для цього необхідно було створити умови обробки проб агресивними рідинами, які максимально моделюють процес експлуатації кислотозахисних костюмів на хімічних підприємствах. Сутність рекомендованого способу вивчення впливу вказаних мінеральних кислот полягає в тому, що проби спеціальних матеріалів протягом обґрунтованого часу знаходяться в контакті з хімічним реагентом певної концентрації, нейтралізуються і висушуються за 24 години в кліматичних умовах лабораторії. Після цього, використовуючи, насамперед, стандартні і запропоновані автором роботи методи дослідження, оцінюють придатність матеріалу виконувати кислотозахисні функції в готовому виробі залежно від концентрації конкретної мінеральної кислоти та її експозиції.

Концентрації агресивної рідини нами уже були обґрунтовані. Це будуть, в основному, мінеральні кислоти середньої та високої концентрації. А що стосується часу експозиції, то на відміну від умов стандарту, де вона дорівнює одній годині, контакт проби матеріалу з конкретним агресивним середовищем буде проводитись протягом 120 годин. Це пояснюється 5-и змінним режимом 8-часової роботи після закінчення якого, кислотозахисний костюм відправляють для очищення, в основному, пранням в мильно-содовому розчині. Таким чином, агресивна рідина, яка навіть випадково мала контакт при першій зміні, протягом всіх останніх деструктивно впливає на волокнистий склад спеціального матеріалу одягу, тобто до його очищення, що і дорівнює 120 годинам. Окрім цього, спеціальний одяг указаного часу експлуатації здають для прання, режими якого зазначені в нормативних рекомендаціях. В процесі цієї технологічної операції гідрофобні препарати, якими апретуються текстильні полотна на ткацьких фабриках (парафі-но-фталатна емульсія – ПФЕ, кремнійорганічна рідина – ГКР-11К, ГКР-94 і фторовмісні препарати типу олеофобів) для надання їм кислотозахисного ефекту, виливаються із волокнистої маси. Це сприяє міграції апретів з поверхні матеріалу, а відтак зменшенню його гідрофобності і кислотозахисних функцій залежно від кількості циклів прання. Слід зазначити також, що процес очищення указаним способом приводить до вимивання тих волокнистих фрагментів, які зруйнувалися від впливу агресивної рідини, що змінює структурно-морфологічну будову спеціального матеріалу, зменшуючи його кислото захист, наприклад, від збільшення розмірів пор. Указаний процес відбувається, як засвідчили експерименти, не тільки в часі при постійній концентрації кислот, але і при високих її концентраціях за фіксований час. Особливо це стосується тих текстильних матеріалів, до складу яких входять хімічно нестійкі волокна (бавовняні, поліамідні, віскозні), вміст яких в пряді основних і утокових нитках більший за 10 %.

Для перевірки указаної гіпотези, нами були проведені дослідження, пов'язані з вивченням впливу розчинів сірчаної кислоти різної концентрації на коефіцієнт повітропроникнення проб, виготовлених із кислотозахисного текстильного матеріалу, до складу якого входить 50 % бавовняних і 50 % лавсанових волокон. Матеріал призначався для виготовлення кислотозахисних костюмів від впливу мінеральних кислот середньої концентрації (наприклад, 50 % сірчаної кислоти), а тому був оздоблений кремнійорганічним препаратом ГКР-94.

Зразки матеріалу оброблялись 10...50 % (інтервал – 10 %) сірчаною кислотою (модуль ванни 1: 40) протягом 24...120 годин (інтервал – 24 години). Після кожних 24 годин контакту пробу матеріалу промивали до нейтральної реакції водою, висушували і з допомогою приладу ВПТМ-2М вивчали зміну коефіцієнта повітропроникнення K_p ($\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$), а прилад ПВ-2 використовувався для контролю зміни водотривкості V (мм. вод. ст.) в порівнянні з вихідними значеннями. А що стосується вивчення впливу прання проби в мильно-содовому розчині на зазначені показники, то воно проводилось після 120 годин експозиції в розчинах кислот указаних концентрацій, тобто через той проміжок часу, який в умовах підприємства дорівнює п'яти змінам. Процес очищення проводили з використанням мила та соди при концентрації 5 г/дм³ і 3 г/дм³ відповідно. Температура прання не перевищувала 50 °С протягом 10...15 хв при активному полосканні та от жими проби. Останні дві технологічні операції необхідні для вимивання бавовняних або інших хімічно нестійких волокон із структури проби.

Узагальнення результатів проведених досліджень дає змогу стверджувати, що вплив агресивних рідин як залежно від концентрації, так і часу суттєво змінює значення контролюючих показників в порівнянні з вихідними. При цьому слід зазначити, що темп деструкції бавовняного волокна відбувається активніше із збільшенням концентрації сірчаної кислоти. Так, за 24 години контакту з 10 % H_2SO_4 коефіцієнт повітропроникності K_p збільшився від 60 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (вихідне значення) до 62 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, тобто на 3,4 %, а, наприклад, при контакті з 40 % кислотою – до 72 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, що дорівнює 20 % (рис. 1, 1 і 4). Розчини 20 % і 30 % сірчаної кислоти також приводять до збільшення K_p на 6,7 % (64 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) і 15 % (69 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) відповідно (рис. 1, 2 і 3), а що стосується 50 % її концентрації, то за указаний час контакту контролюючий

показник збільшився на 263,4 % і став дорівнювати 218 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ (рис. 1, 5).

Процес руйнування збільшується і в тому разі, коли контакт проби з кислотою зростає в часі. Так, якщо за 48 годин безперервного впливу 10 % H_2SO_4 Кп дорівнював 63 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, то за 120 годин уже став дорівнювати 66 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, збільшившись в порівнянні з вихідним на 10 % (рис. 1, 1). Якщо одночасно збільшувати час впливу агресивного середовища і його концентрацію, то процес руйнування хімічно нестійких волокон посилюється. Розчини 20 % і 30 % сірчаної кислоти протягом усього експерименту також приводять до руйнування бавовняних волокон, про що свідчать отримані результати (рис. 1, 2 і 3). Це найбільш відслідковується коли концентрація кислоти дорівнює 40 % і 50 %. В першому випадку за 120 годин експозиції Кп збільшився від 60 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ до 77 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, тобто на 28,4 % (рис. 1, 4), а в другому – уже на 48 годині впливу він став дорівнювати 290 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, що в порівнянні з вихідним значенням становить 383,4 % (рис. 1, 5).

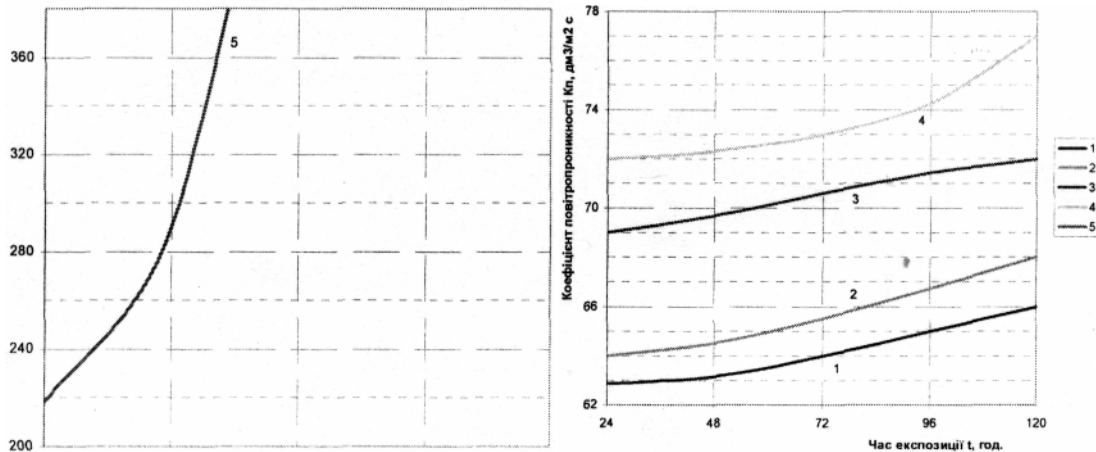


Рис. 1. Залежність коефіцієнта повітропроникності проб бавовняно-лавсанової тканини (50: 50) від часу експозиції сірчаної кислоти наступної концентрації: 1 – 10 %; 2 – 20 %; 3 – 30 %; 4 – 40 %; 5 – 50 %.

Після прання в мильно-содовому розчині, Кп проб, які оброблялись 10 % сірчаною кислотою, стали дорівнювати 69 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; 20 % сірчаною кислотою – 73 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; 30 % сірчаною кислотою – 408 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; 40 % і 50 % сірчаною кислотою – 1085 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, збільшившись на 15 %, 22 %, 580 % і 1708,4 % відповідно від вихідного значення ($\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$).

Отже, якщо проаналізувати отримані результати проведених досліджень, то стає очевидним той факт, що такий показник текстильного матеріалу як коефіцієнт повітропроникності Кп адекватно реагує на зміну волокнистого складу проби в процесі впливу агресивного середовища. Так, якщо волокна руйнуються, а продукти деструкції виливаються із структури матеріалу, то це, як показали експерименти, призводить до збільшення його пористості і повітропроникнення, а відтак до зменшення кислото захисних властивостей. Окрім цього слід зазначити, що величина коефіцієнта повітропроникності залежить як від часу експозиції агресивної рідини і її концентрації, так і від процесу очищення (прання) проб спеціальних матеріалів, які використовуються для виготовлення кислотозахисного одягу. Тому, на основі результатів проведених досліджень, можна стверджувати, що Кп, як показник ступеня надійності ЗІЗ від впливу мінеральних кислот, використовувати доцільно, особливо в тому випадку, коли моделювання умов експлуатації зразків матеріалів в лабораторії максимально наближені до виробничих на хімічних підприємствах. Для отримання коректних результатів нами було проведено указане моделювання за схемою: «проба матеріалу» – «агресивна рідина» – «нейтралізація агресивної рідини» – «висушування проби» – «контроль показників» – «прання» – «висушування» – «контроль показників проби».

В якості другого показника, для оцінки ступеня надійності кислотозахисного одягу, нами була вибрана водотривкість проб матеріалу до обробки агресивним середовищем і після неї залежно від його концентрації та експозиції.

Фізична сутність показника «водотривкість» для текстильних матеріалів полягає в тому, що висота водяного стовпа (у міліметрах) може змінюватись залежно від ступеня руйнування структурних елементів проби. Тобто, якщо волокнистий склад матеріалу піддається деструкції із-за будь-яких причин або факторів, то його структура, наприклад, пористість порушується, що приводить до зміни величини тиску водяного стовпа по товщині проби, який контролюється на приладі ПВ-2.

Матеріали і результати досліджень. Аналіз отриманих результатів показав, що водотривкість усіх без виключення проб бавовняно-лавсанового матеріалу протягом проведених експериментів зменшується і залежить від часу експозиції та концентрації агресивної рідини. Так, розчини 10 % сірчаної кислоти за 24 години контакту призводять до зменшення водотривкості (В) від 180 мм/вод. ст. (вихідне значення) до 177,5 мм. вод. ст., а за 120 годин – до 175 мм. вод. ст., що дорівнює 2,8 % (рис. 2, 1).

Збільшення концентрації і часу впливу сірчаної кислоти показали, що, наприклад, 30 % H_2SO_4 уже на 72 годині впливу приводить до зменшення В на 19,5 %, а за 120 годин цей показник став дорівнювати 140 мм/вод. ст., зменшившись від вихідного на 22,3 % (рис. 2, 3). Але найсуттєвіша руйнівна дія була відмічена

при впливові 40 % і 50 % сірчаної кислоти. Так, за 24 години експозиції 40 % розчини зменшили водотривкість на 17,3 % (149 мм/вод. ст.), а за 120 годин контакту – на 26,4 % (рис. 2, 4). А що стосується 50 % сірчаної кислоти, то за цей же самий час впливу водотривкість проб зменшилась від 180 мм/вод. ст. до 135 мм. вод. ст. та до 120 мм/ вод. ст., зменшившись на 25 % і 33,4 % відповідно (рис. 2, 5).

Аналогічні дослідження були проведені і після прання проб в мильно-содовому розчині з наступним висушуванням в умовах лабораторії до волого-сухого стану. Вивчення водотривкості проб показали, що після 120 годин контакту з 10 % сірчаною кислотою та прання, її значення стало дорівнювати 158 мм. вод. ст.; 20 % сірчаною кислотою – 141 мм. вод. ст.; 30 % сірчаною кислотою – 113 мм. вод. ст.; 40 % сірчаною кислотою – 88 мм. вод. ст. і 50 % сірчаною кислотою – 78 мм. вод. ст., зменшившись на 12,3 %, 21,7 %, 37,3 %, 51,1 % і 56,7 % відповідно від вихідного значення (180 мм. вод. ст.).

Отже отримані показники водотривкості проб після їх контакту з агресивним середовищем протягом 120 годин, з послідуочим пранням, що відповідає умовам експлуатації ЗІЗ, дають змогу оцінити ступінь надійності спеціальних матеріалів для кислотозахисного одягу залежно від концентрації і експозиції мінеральної кислоти.

На основі проведених експериментів і аналізу результатів можна зробити висновок, що такі показники текстильних матеріалів як коефіцієнт повітропроникності (K_p) і водотривкості (B) можуть бути використані для оцінки зміни структурних характеристик спеціальних матеріалів від часу впливу та концентрації мінеральної кислоти, а відтак слугувати інформаційним фактором при визначенні ступеня надійності кислотозахисного одягу в процесі його експлуатації. Тому показник надійності C_n відносно зміни коефіцієнта повітропроникності рекомендується вираховувати за формулою:

$$C_n = \frac{K_n}{K_k}, \quad (1)$$

а відносно зміни водотривкості – за формулою:

$$C_n = \frac{B_n}{B}, \quad (2)$$

де K_p – вихідне значення коефіцієнта повітропроникності, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

K_k – значення коефіцієнта повітропроникності після обробки проби агресивною рідиною, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

B – вихідне значення водотривкості, мм. вод. ст.;

B_k – значення водотривкості після обробки проби агресивною рідиною, мм. вод. ст.

Оптимальне значення ступеня надійності повинно дорівнювати одиниці, або бути меншим за неї на 15 % і розраховуватись окремо для указаних контролюючих показників. Якщо один із показників не відповідає зазначеним умовам, то кислотозахисний одяг слід вважати ненадійним. Так, наприклад, в нашому випадку при обробці спеціального матеріалу 20 % H_2SO_4 протягом 120 годин C_n відносно K_p і B дорівнює 0,9, що відповідає зазначеним умовам. Але, якщо концентрацію кислоти збільшити до 40 %, то C_n за розрахунками K_p дорівнює 0,77, а за розрахунками B – 0,74. Отже одяг, виготовлений із бавовняно-лавсанового (50: 50) матеріалу не бажано використовувати для захисту від впливу, в даному випадку, сірчаної кислоти указаної концентрації, оскільки відбувається інтенсивне руйнування натуральних (бавовняних) волокон.

Висновки. Таким чином, на основі проведених лабораторних досліджень, використовуючи розроблену схему та формалізовані залежності, можна зробити висновок, що такі показники текстильних матеріалів як коефіцієнт повітропроникності K_p ($\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) і водотривкості B (мм. вод. ст.) після контакту з агресивним середовищем протягом заданого часу і наступним очищенням (прання, хімчистка), дають змогу ґрунтовно оцінити ступінь їх надійності, а відтак доцільність застосування при виготовленні кислотозахисного одягу.

Література

1. Атрощенко В.И., Каргин С.И. Технология азотной кислоты / Атрощенко В.И., Каргин С.И. – М.: Химия, 1970. – 493 с.
2. Роговин З.А. Химия целлюлозы / Роговин З.А. – М.: Химия, 1972. – 520 с.
3. Садов Ф.И. Химическая технология волокнистых материалов / Садов Ф.И., Корчагин М.В., Матецкий А.И. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 784 с.

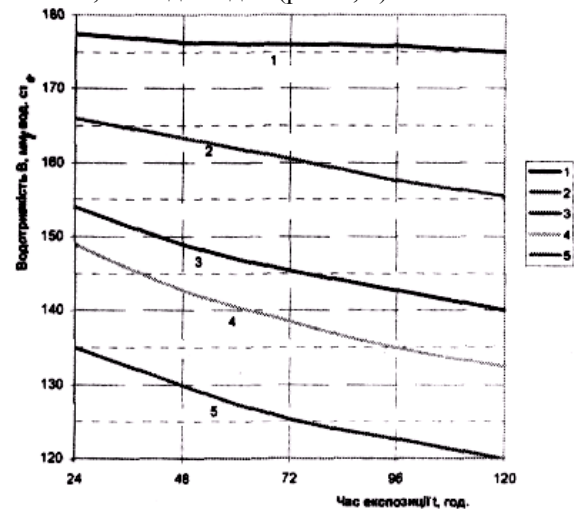


Рис. 2. Залежність водотривкості проб бавовняно-лавсанової тканини (50: 50) від часу експозиції сірчаної кислоти наступної концентрації: 1 – 10 %; 2 – 20 %; 3 – 30 %; 4 – 40 %; 5 – 50 %

4. Рябинина А.А. Исследование деструкции целлюлозы при воздействии растворов серной кислоты и разработка композиций для придания кислотозащитной отделки текстильным материалам: дис... канд. техн. наук: 05.18.19 / Рябкина Анна Александровна. – Херсон, 2008. – 195 с.

Надійшла 17.11.2009 р.

УДК 677.047.622.112.2

Ю.В. КОШЕВКО, О.І. КУЛАКОВ, М.О. КУЩЕВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ СТІЙКИХ ФОРМ ОДЯГУ

В статті представлені результати роботи з надання деталям одягу та виробам в цілому визначеної стійкої форми за допомогою хімічних засобів. Показано, що для отримання стійких об'ємних форм деталей одягу можливо застосовувати методи просочування тканин хімічними реагентами, а також апретуванням різними високомолекулярними сполуками.

In article results of work under the legend are presented to details and parts of clothes of the certain proof form by means of chemical means. It is shown, that for reception of proof volumetric forms of details of clothes, probably, to apply methods of impregnation of a fabric chemical reagents, and also different high-molecular connections.

Ключові слова: метод просочування, апретування, складні просторові форми, формостійкість деталей, термічна обробка, коефіцієнт відбиття.

Аналіз попередніх досліджень і постановка задачі дослідження

Однією із основних властивостей, яка обумовлює гарний зовнішній вигляд одягу в період експлуатації є здатність зберігати сталу форму виробу. У зв'язку з цим розробка методів і засобів надання деталям одягу та виробам в цілому визначеної форми, наприклад, складок, вигинів, об'ємних форм тощо є актуальною задачею. Розглянемо, для прикладу простішу форму, яку може приймати тканина – це складка на одязі. При її формуванні спостерігаються такі види руху в тканині, як вигин волокон і пряжі та ковзання волокон і пряжі. При вигині волокно натягується, причому його зовнішня частина знаходиться під напруженням, внутрішня стиснена, а центральна нейтральна. Стійкість складок визначається пружними властивостями волокон і тканини. Найбільш простим способом отримання форми і у тому числі складок є волого-теплова обробка. При дії тепла волокна тканини переходять у високо еластичний стан, виробу надають необхідної форми, а потім фіксують її у процесі його сушіння і охолодження під деяким тиском [1-3]. Суттєвим недоліком цієї фіксації є недовговічність її існування. Стійкі форми можна отримати, якщо змінити хімічну будову волокна або склеїти волокна так, щоб вони не змогли змінити форму, яку отримали у процесі обробки. Таким чином, для отримання стійких форм деталей одягу необхідне формоутворення за допомогою механічної дії на тканину і наявність спеціальних хімічних засобів для її сталої фіксації. Формування складки на одязі можна проводити на пневмопресах, а більш складних форм (напівсфера) – за допомогою нетрадиційних способів, характеристика яких наведена у роботі [3].

Формулювання мети

Метою даної роботи є розробка складів хімічних засобів для надання стійких складок і складних просторових форм деталям і частинам одягу, та забезпечення тривалішої формостійкості виробу ніж при традиційній волого-тепловій обробці.

Виклад основного матеріалу досліджень

Дослідження проводили на п'яти артикулах наступних видів матеріалів: пальтових та костюмних тканинах різного сировинного складу. До складу тканин входять вовна, нітрон і целюлозна складова у вигляді віскози. Вовняна компонента складала не менше 60 %. Зразки тканин просочували зануренням у водні розчини вибраних речовин і віджимали на плюсовці до 100 % вологості. Складки запрашовували праскою по основі і утку скрізь пропрасувальник, яка нагріта до температури прасування вовни (від 140 до 150 °С), протягом однієї хвилини з кожної сторони на зразках тонкої (камвольної) тканини і по дві хвилини на зразках товстої (пальтової) тканини. Через 24 год, після прасування складки за допомогою вимірювального мікроскопу визначали її висоту, кут після замочування, який характеризує стійкість складки до дії води, і релаксацію складки після дії механічного навантаження на релаксометрі типу "стійки" [4]. Крім цього, вимірювали також значення водневого показника водних розчинів рН для оцінки їх дії на волокна і стійкість забарвлення тканин при обробці розчинами.

Для виготовлення швейних виробів із стійкими формами використовуються тканини різного сировинного складу. Основне місце серед них займають чистововняні і напіввовняні змішані і неоднорідні тканини. У теперішній час в асортименті переважають тканини зі змішаною пряжею, до складу якої входять два або більше компонентів: вовна і хімічне волокно одного або кількох видів (нітронове, лавсанове, капронове і віскозне). Вовняне волокно у них відіграє основну роль – воно має найбільш високі пружні властивості, які обумовлені його хімічною будовою. Наприклад, макромолекули целюлозного волокна утримуються разом за рахунок сил Ван-дер-Ваальса і сил водневого зв'язку. У вовни поліпептидні молекули кератину зв'язуються додатково хімічними цистиновими зв'язками. Вміст сірки надають вовні велику еластичність, внаслідок чого складки, які утворюються в процесі носіння одягу, зникають, а зафіксовані не є стійкими [4-

5]. Так як нашою метою була розробка складів засобів для тривалої фіксації складок і форми, то ми запропонували наступну послідовність операцій для їх отримання:

- попереднє просочування хімічним розчином деталей одягу;
- механічне надання форми;
- термічна обробка для фіксації.

На першому етапі для визначення якості хімічних просочувань матеріалу було досліджено деформаційні властивості тканин після обробки у розчинах різних солей, які можуть взаємодіяти із волокнами вовни, завдяки чому надана форма тканини міцно фіксується при сушінні. Витримування зразків тканин проводили у розчинах тіосульфату натрію (2 %) протягом 15 хв або у його розчинах з додаванням етилового спирту (10 %), карбаміду (8 %) і тіокарбаміду (8 %), що сприяє утворенню нових поперечних зв'язків і підвищенню ступеня стійкості форми. Обробка дозволила отримати більш гострі складки, які стійкі до дії холодної води і які добре релаксують після дії механічного навантаження (таблиця 1). З таблиці видно, що найкращих результатів досягнуто при використанні Лакритекс™ 272+карбамол ЦЕС, піросульфату натрію та карбамолу з ПВА, тому подальші дослідження були проведені на зразках матеріалу обробленими даними композиціями.

Таблиця 1

Параметри складок при обробці засобами на основі хімічних розчинів

Основа розчину просочування	Висота складки, мм	Кут розкриття, град	Складові частини деформації, мм (%)			
			повна L_n	пружна L_{np}	еластична L_{el}	пластична L_{pl}
1	2	3	4	5	6	7
Костюмна «Аргон»						
Піросульфат натрію	5,18	20,0	10,5	4,0 (38,1)	1,5 (14,3)	5,0 (47,6)
Піросульфат натрію + етанол	5,26	22,0	7,5	2,5 (33,5)	2,5 (33,5)	2,5 (33,5)
Піросульфат натрію + карбамід	5,30	23,0	9,5	3,5 (36,8)	1,5 (15,5)	4,5 (47,5)
Піросульфат натрію + тіокарбамід	5,04	18,0	8,0	3,5 (43,8)	3,0 (37,5)	1,5 (18,8)
Гіосульфат натрію	4,98	25,0	7,5	2,0 (26,7)	2,5 (33,3)	3,0 (40,0)
Лакритекс™ 272+карбамол ЦЕС	3,5	16,0	7,37	1,38 (18,7)	1,38 (18,7)	4,61 (62,5)
Костюмна «Еlegant»						
Піросульфат натрію	1,74	25,0	9,5	3,5 (36,8)	1,0 (10,5)	5,0 (52,6)
Піросульфат натрію + етанол	1,83	22,0	9,5	4,0 (42,1)	2,0 (22,1)	3,5 (36,8)
Піросульфат натрію + карбамід	1,80	22,0	10,0	1,0 (10,0)	1,0 (10,0)	8,0 (80,0)
Піросульфат натрію + тіокарбамід	1,70	20,0	11,5	3,0 (26,1)	2,0 (17,4)	6,5 (56,5)
Гіосульфат натрію	1,52	28,0	12,5	4,0 (32,0)	3,5 (28,0)	5,0 (40,0)
Лакритекс™ 272+карбамол ЦЕС	3,0	15,0	5,85	1,80 (30,7)	0,90 (15,3)	3,15 (53,8)
Пальтова кашемір						
Піросульфат натрію	4,76	18,0	8,0	5,5 (68,8)	1,5 (18,8)	1,0 (12,5)
Піросульфат натрію + етанол	4,88	21,0	7,0	4,0 (57,1)	1,5 (21,4)	1,5 (21,4)
Піросульфат натрію + карбамід	4,90	20,0	6,5	2,0 (30,8)	1,0 (15,4)	3,5 (53,8)
Піросульфат натрію + тіокарбамід	4,70	16,0	9,5	5,0 (52,6)	2,0 (21,1)	2,5 (26,3)
Гіосульфат натрію	4,51	26,0	5,5	3,0 (54,5)	0,5 (9,1)	2,0 (36,4)
Лакритекс™ 272+карбамол ЦЕС	3,75	19,0	10,3	3,0 (29,1)	1,72 (16,6)	5,58 (54,1)
Пальтова						
Піросульфат натрію	3,87	19,0	7,0	4,0 (57,1)	0,5 (7,1)	2,5 (37,5)
Піросульфат натрію + етанол	3,94	23,0	8,5	4,0 (47,1)	1,5 (17,60)	3,0 (35,3)
Піросульфат натрію + карбамід	3,94	21,0	8,0	1,0 (12,5)	2,0 (25,0)	5,0 (62,5)
Піросульфат натрію + тіокарбамід	3,72	17,0	9,0	4,0 (44,4)	1,0 (11,1)	4,0 (44,4)
Гіосульфат натрію	3,26	24,0	7,0	3,0 (42,9)	1,5 (21,4)	2,5 (35,7)

1	2	3	4	5	6	7
Лакритекс™ 272+карбамол ЦЕС	3,75	18,0	6,79	2,26 (33,2)	1,81 (26,6)	2,71 (39,9)
Пальтова «Гайшет»						
Піросульфід натрію	3,52	18,0	10,0	6,0 (60,0)	1,5 (15,0)	2,5 (25,0)
Піросульфід натрію + етанол	3,58	21,0	4,5	0,5 (11,1)	1,5 (33,3)	2,5 (55,6)
Піросульфід натрію + карбамід	3,46	20,0	9,3	3,5 (36,8)	3,0 (31,6)	3,0 (31,6)
Піросульфід натрію + тіокарбамід	3,24	17,0	7,0	3,0 (42,9)	1,0 (14,3)	3,0 (42,9)
Гіпосульфід натрію	3,11	24,0	9,5	4,0 (42,1)	2,0 (21,1)	3,5 (36,8)
Лакритекс™ 272+карбамол ЦЕС	3,25	18,0	9,24	2,81 (30,4)	2,01 (21,7)	4,42 (47,8)

В процесі надання та фіксації отриманої форми із вовняних і напіввовняних тканин у присутності різних солей та інших речовин можуть змінюватись їх кольорні характеристики, такі як інтенсивність забарвлення, кольоровий тон тощо. Було досліджено спектральні характеристики тканин, які пройшли обробку, тобто зміну їх кольорових характеристик по спектрах відбиття. На рисунку 1 показані спектральні характеристики костюмної тканини «Аргон» до і після обробки досліджуваними препаратами.

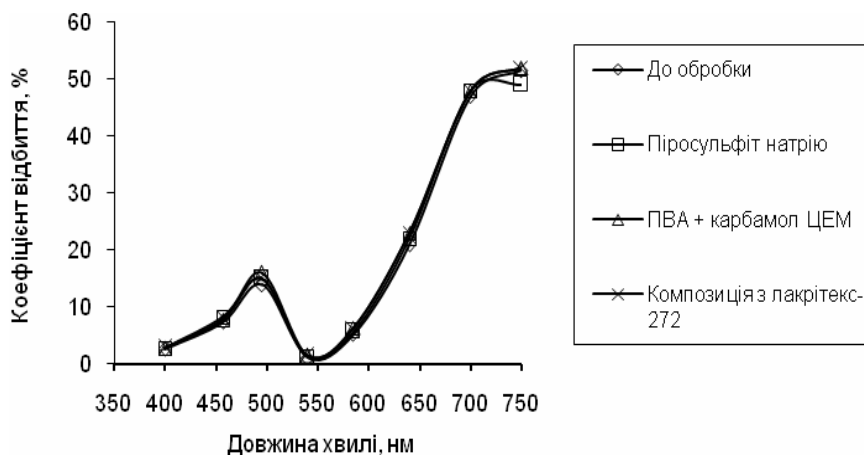


Рис. 1. Спектральні криві для костюмної тканини «Аргон» до і після обробки препаратами для надання сталої форми

На рисунках 2 – 5 показані спектральні криві для інших досліджуваних тканин. Як видно із рисунків 1 – 5, спектри відбиття вовняних і напіввовняних тканин до і після обробки препаратами практично не змінюються. Це стосується практично усіх тканин. Єдиним виключенням є тканини світлого кольору, які оброблені розчином піросульфиту натрію, так як в області червоних довгих хвиль вони мають відхилення від спектральних характеристик необроблених зразків досліджуваних тканин. Це може свідчити про те, що у процесі обробки тканини можуть набувати жовтуватого відтінку. Тому даний розчин рекомендовано використовувати для обробки виробів темних кольорів.

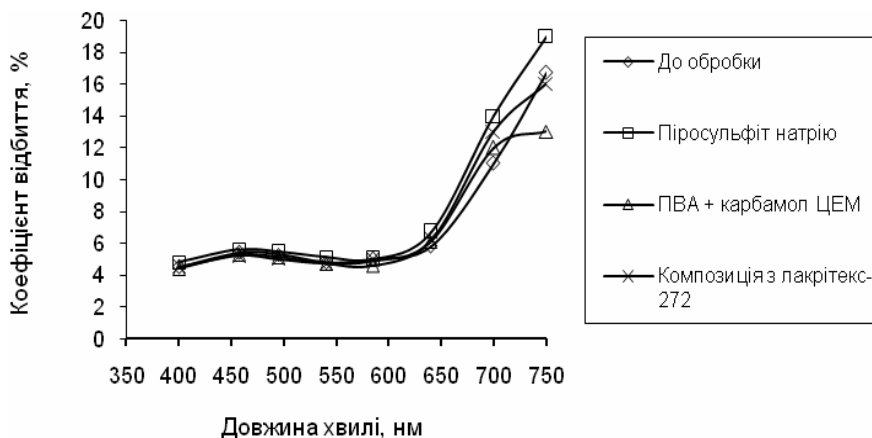


Рис. 2. Спектральні криві для пальтової кашемірової тканини до і після обробки препаратами для надання сталої форми

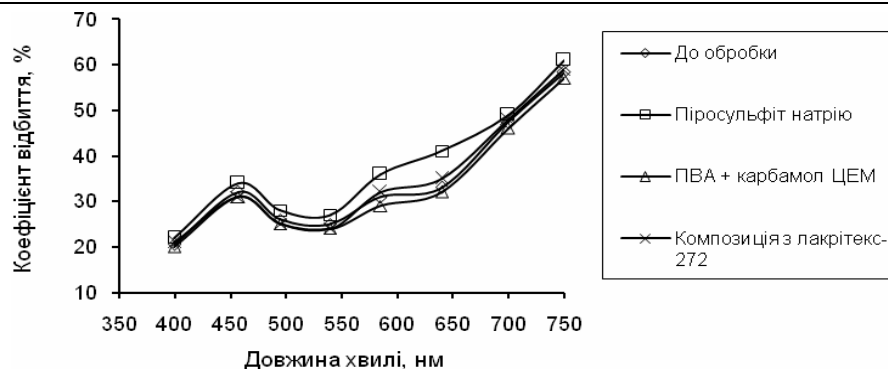


Рис. 3. Спектральні криві для костюмної тканини «Еlegant» до і після обробки препаратами для надання сталої форми

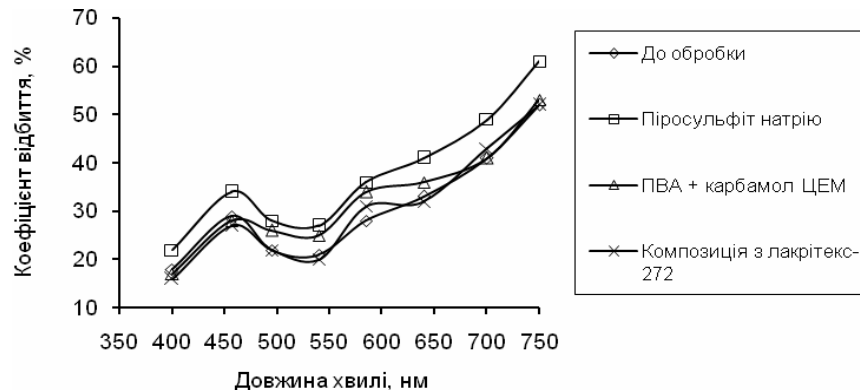


Рис. 4. Спектральні криві для пальтової тканини «Тайшет» до і після обробки препаратами для надання сталої форми

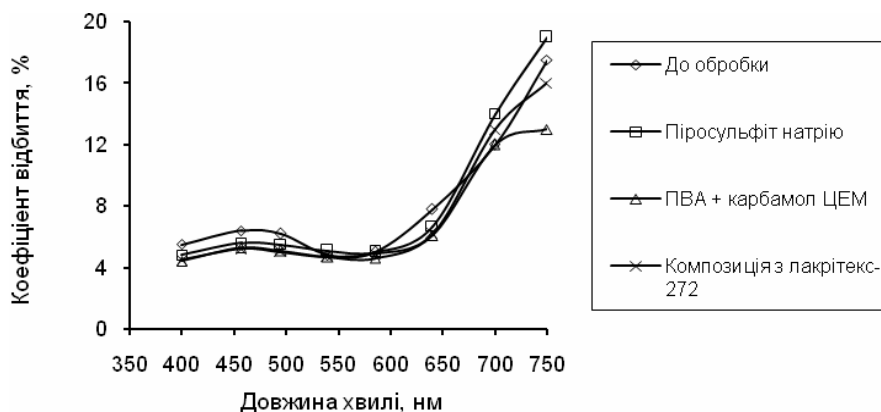


Рис. 5. Спектральні криві для пальтової тканини до і після обробки препаратами для надання сталої форми

В цілому, проведені дослідження показують, що обробка тканин розробленими складами препаратів майже не змінює кольорних характеристик тканин і ці складки можуть бути використані для надання деталям одягу стійких форм у процесі їх формування. Проте розчини на основі піросульфату натрію та полівінілацетатної емульсії дещо змінюють спектральні характеристики текстильних зразків. Дослідні зразки, оброблені Лакрітекс™-272, відповідають всім поставленим нами вимогам; на Україні розвинуто його виробництво, тому він є доступною речовиною. Таким чином, для використання паралельної технології формування та формозакріплення з метою надання вовняним та напіввовняним тканинам об'ємних форм рекомендовано використовувати апретуючі розчини, основою яких є Лакрітекс™-272.

Висновки і перспективи напрямку

На основі вивчення релаксаційних властивостей досліджено можливість застосування хімічних речовин різної хімічної будови для надання стійких складок і складних форм деталям і частинам одягу.

За результатами досліджень оптимізовано складки композицій із застосуванням полімерних матеріалів для надання тканинам стійких складок і складних форм. Запропоновано використовувати апретуючі розчини на основі піросульфату натрію, полівінілацетатної емульсії з карбамолом ЦЕМ та на основі Лакрітекс™-272.

Проведені дослідження спектральних характеристик оброблених зразків для визначення впливу обробки на колір апронованих тканин. Визначено, що розчини на основі піросульфату натрію можуть надавати текстильним матеріалам жовтизни, а розчини на основі полівінілацетатної емульсії з карбамолом ЦЕМ з часом надають тканині сірості. Дослідні зразки, оброблені Лакрітекс™-272, добре релаксують після дії механічного навантаження, обробка є стійкою до води, а спектральні характеристики зразків вовняних та

напіввовняних тканин є максимально наближеними до спектральних характеристик необроблених пробних зразків. Тому для наступного використання запропоновано апретуючий розчин на основі Лакрітекс™-272.

Література

1. Мигальцо И. И. Термические процессы в швейной промышленности / [И. И. Мигальцо и др.]. – К.: Техніка; Будапешт: Muszaki, 1987. – 214 с.
2. Куцевський М. О. Класифікація факторів волого-теплової обробки // М. О. Куцевський, Ю. В. Кошево // Вісник ХНУ. – 2008. – № 1. – С. 5 – 8.
3. Попович О. В. Особливості нетрадиційних способів формування деталей швейних виробів // О. В. Попович, М. О. Куцевський // Вісник ХНУ. – 2008. – № 6. – С. 209 – 212.
4. Кукин Г. Н. Текстильное материаловедение (волокна и нити) / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, А. И. Кобляков. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 352 с.
5. Новорадовская Т.С. Химия и химическая технология шерсти / Т. С. Новорадовская, С. Ф. Садова. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 200 с.

Надійшла 10.11.2009 р.

УДК 687.1

О.В. ПОПОВИЧ, Д.В. ПРИБЕГА, М.О. КУЦЕВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ДІЇ СИЛ ПРИ ФОРМУВАННІ ДЕТАЛЕЙ ОДЯГУ ГІДРОСТРУМІННИМ СПОСОБОМ

Авторами проведено аналіз характеру дії сил на тканину зразка деталі одягу при формуванні гідрострумінним способом, визначено умови формування, наведені рекомендації щодо застосування умов формування.

The authors conducted the analysis of character of force actions on fabric of detail standard of clothes at forming by hydro stream method, terms of forming were determined, recommendations in relation to application of forming terms were resulted in the article.

Ключові слова: гідрострумінний спосіб формування деталей одягу, формуючий елемент, гідрострумін, кут утворений поверхнею зразка та віссю струменя, тиск струменю, тиск водяного шару.

Постановка проблеми

Якість деталей одягу об'ємної форми обумовлюється як властивостями тканини так і способом формування, важливим фактором якого являється силове поле. Відомі способи формування деталей швейних виробів з використанням статичних чи динамічних навантажень. Аналіз літератури показує, що в даний час ведеться активний пошук в полі динамічних сил, що дозволить активізувати «грубу» структуру тканини [1]. Альтернативним в рішенні даної проблеми є використання при формуванні гідрострумінних технологій [2-5]. Однак, залишаються невідомими характер дії та розподілу силового поля на поверхні тканини в процесі формування гідрострумінним способом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Вперше особливості формування силового поля та характеру його розподілу на формуючому елементі з урахуванням структури тканини було розглянуто в роботах [6-8], де отримані моделі ілюструють фізичну суть дії на тканину явища відцентрової сили в процесі формування.

В роботі [9] розглянуто особливості дії рідинно-активного робочого середовища (РАРС), при його циклічному навантаженні під дією тиску стисненого повітря на тканину деталі одягу. Однак, запропонована фізична модель описує поведінку структурних елементів тканини при застосуванні гідродинамічного способу формування деталей швейних виробів у РАРС.

Формулювання мети

Для раціонального вибору режимів формування доцільним є прогнозування процесу за рахунок аналізу дії прикладених до тканини зразка навантажень і розробка рекомендацій щодо застосування різних схем дії навантажень, враховуючи особливості поверхні формуючого елемента і відповідно деталі. Саме тому, метою роботи є визначення моделі поведінки систем ниток тканини і характеру розподілу навантажень при формуванні деталей одягу з використанням гідрострумінного способу.

Виклад основного матеріалу

В процесі формування гідрострумінним способом основним завданням є покращення якості об'ємної деталі одягу, за рахунок дії на тканину затопленого гідрострумню. Для досягнення поставленої мети, необхідно в робочій камері 1 на поверхні формуючого елемента 2, повторюючи його форму, закріпити тканину 3 притискним кільцем 4 і направити на неї певне механічне зусилля. Гідрострумін 6 притискає тканину до поверхні формуючого елемента (або переміщує вздовж нього). Формуючий елемент, із закріпленням на його поверхні зразком, здійснює обертовий рух в нерухомій системі координат Ox_1y_1

навколо вісі Oy_1 (рис. 1).

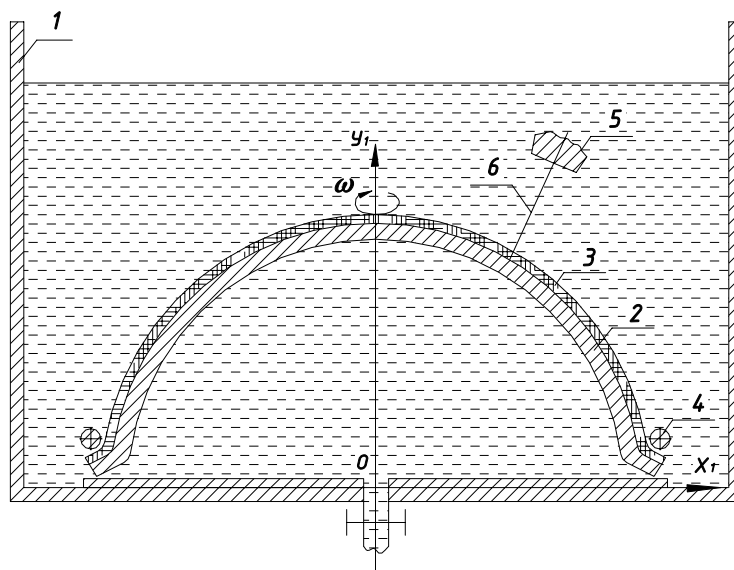


Рис. 1. Схема експериментальної установки для формування деталей одягу гідроструминним способом: 1 – робоча камера; 2 – формуючий елемент; 3 – зразок тканини; 4 – притисне кільце; 5 – струменеформуючий насадок; 6 – занурений гідрострум; Ox_1y_1 – система координат, в якій розміщено формуючий елемент зі зразком тканини; ω – швидкість обертання формуючого елемента

Для зручності визначення характеру сил, що діють на тканину зразка, та їх складових виділимо на елементарній ділянці однієї з систем ниток деяку точку A та скористаємося рухомою системою координат Ax_1y_1 .

Розглянемо три основні випадки розташування затопленого гідроструменя відносно поверхні тканини зразка. В усіх випадках на тканину діють формуючі зусилля та зусилля, які перешкоджають формуванню. Характер зазначених зусиль змінюється залежно від величини кута нахилу зануреного гідроструменя.

Перший випадок: кут між поверхнею зразка і віссю струменя α дорівнює 90 град. (рис. 2).

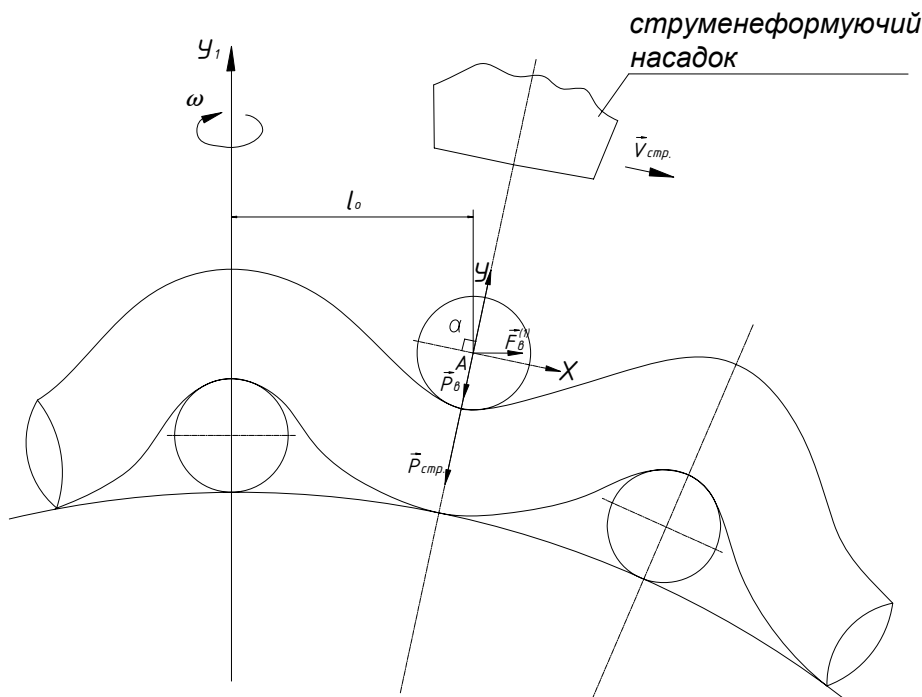


Рис. 2. Схема дії навантажень на т. A зразка тканини при величині кута, утвореного поверхнею зразка і віссю струменя $\alpha = 90$ град.: $\vec{P}_{стр.}$ – тиск струменя; $\vec{P}_в$ – тиск водяного шару; $\vec{F}_в^{(1)}$ – відцентрова сила, прикладена до одиниці площі зразка; Oy_1 – вісь обертання зразка; ω – швидкість обертання формуючого елемента; Ax_1y_1 – рухома система координат, в якій знаходиться елементарна ділянка тканини; l_0 – відстань між центрами ниток однієї системи до формування

До формуючих зусиль відносять тиск струменю $\vec{P}_{стр.}$ і тиск водяного шару \vec{P}_e , до зусиль, що перешкоджають формуванню – відцентрову силу, прикладену до одиниці площі зразка $\vec{F}_e^{(1)}$.

В результаті дії вказаних зусиль на точку A , нитка однієї із систем притискається до поверхні формуючого елемента.

Отже, в даному випадку формування відбувається при виконанні наступної умови:

$$\vec{P}_{стр.} + \vec{P}_e \gg \vec{F}_e^{(1)} \quad (1)$$

Другий випадок: кут між поверхнею зразка і віссю струменя – α , розташований в першій координатній площині рухомої системи координат Axy , перебуває в межах від 0 до 90 град. (рис. 3).

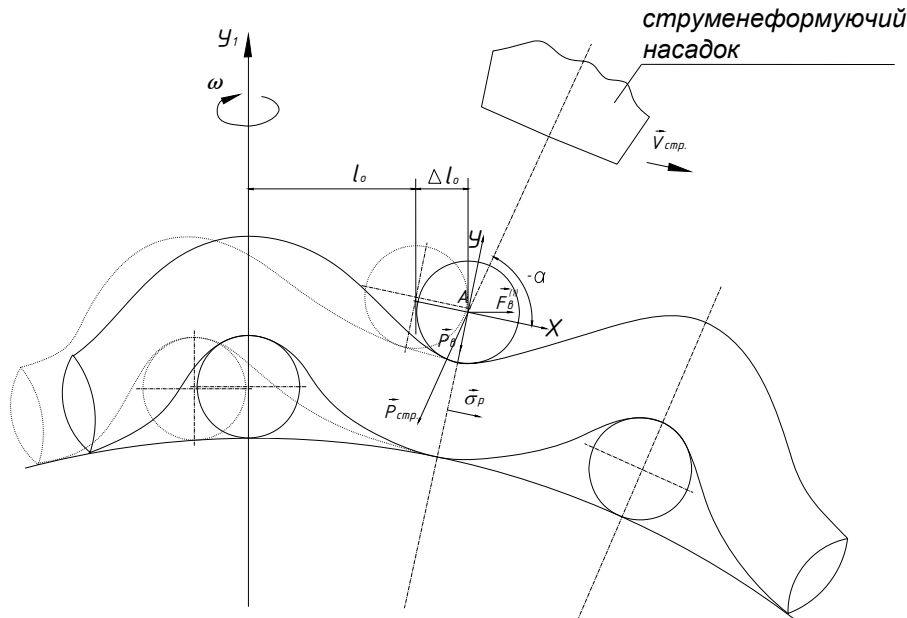


Рис. 3. Схема дії навантажень на т. A , обрану на поверхні зразка тканини при величині кута, утвореного поверхнею зразка і віссю струменя $0 < \alpha < 90$ град.: $\vec{P}_{стр.}$ – тиск струменю; \vec{P}_e – тиск водяного шару; $\vec{F}_e^{(1)}$ – відцентрова сила, прикладена до одиниці площі зразка; $\vec{\sigma}_p$ – напруження розтягання нитки; Oy_1 – вісь обертання зразка; ω – швидкість обертання формуючого елемента; Axy – рухома система координат, в якій знаходиться елементарна ділянка тканини; l_0 – відстань між центрами ниток однієї системи до формування; Δl_0 – приріст відстані між центрами ниток однієї системи після формування

До формувальних зусиль відносяться \vec{P}_e та напруження розтягання нитки $\vec{\sigma}_p$, зусиллями, що перешкоджають формуванню є $\vec{F}_e^{(1)}$ та $\vec{P}_{стр.}$.

В результаті дії вказаних сил на поверхню зразка, точка A переміщується в напрямку, протилежному напрямку вкладавання тканини на поверхні формуючого елемента.

Оскільки, під дією розглянутих сил тканина переміщується вгору і збирається на його вершині, перешкоджаючи процесу формування, застосування другого випадку є недоцільним.

Третій випадок: кут, утворений поверхнею зразка і віссю струменя $+\alpha$, знаходиться у другій координатній чверті рухомої системи координат Axy в межах від 0 до 90 град. (рис. 4).

Формувальні зусилля – $\vec{P}_{стр.}$ та \vec{P}_e , зусилля, що перешкоджають формуванню – $\vec{F}_e^{(1)}$ та $\vec{\sigma}_p$

Під дією формувальних зусиль точка A переміщується на відстань Δl вздовж осі Ax . Інтенсивність формування залежить від величини кута, утвореного поверхнею зразка і віссю струменя. Найбільше зусилля забезпечить кут $+\alpha$, рівний 45 град. Дана гіпотеза ґрунтується на рівності абсолютних величин тангенційної та нормальної складової сили $\vec{P}_{стр.}$, але це потребує подальшої експериментальної перевірки.

Для розглянутого випадку характерне зміщення тканини вздовж поверхні формуючого елемента з певним натягом. Формування відбувається за наступної умови:

$$\vec{P}_{стр.} + \vec{P}_e \gg \vec{F}_e^{(1)} + \vec{\sigma}_p \quad (2)$$

Розглянувши три варіанти дії сил на тканину зразка, можна зробити висновок, що наступні умови, залежно від величини кута α є справедливими для забезпечення двох режимів формування:

- для притискання тканини до поверхні формуючого елемента

$$\vec{P}_{стр.} \gg \vec{F}_e^{(1)} - \vec{P}_e, \quad (3)$$

- для розтягання тканини вздовж поверхні формуючого елемента

$$\vec{P}_{стр.} \gg +\vec{F}_e^{(1)} + \vec{\sigma}_p - \vec{P}_e \quad (4)$$

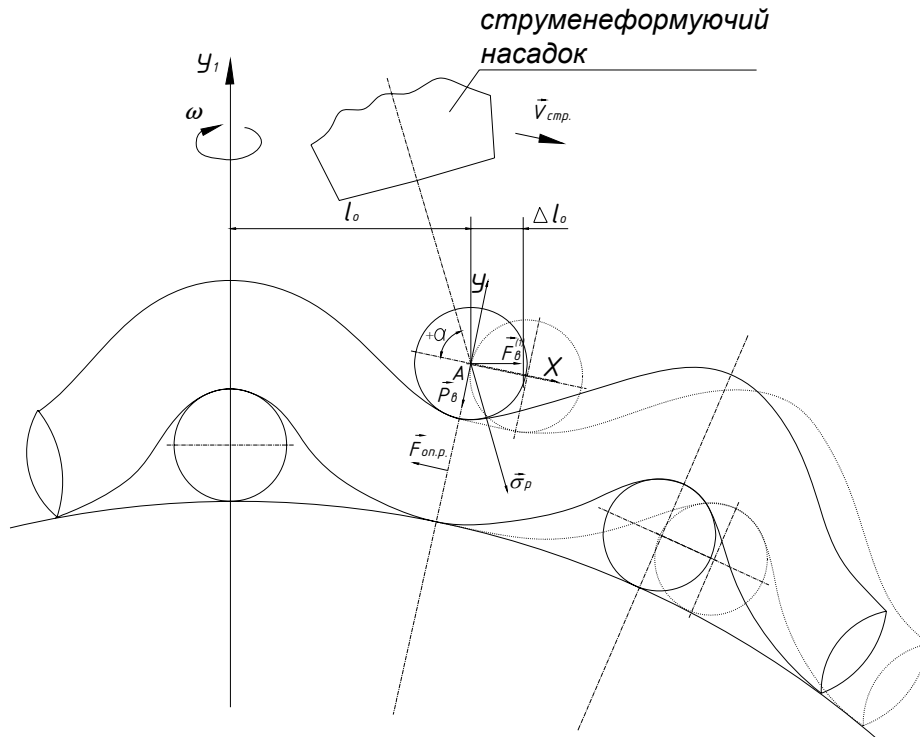


Рис. 4. Схема дії навантажень на т. А, обрану на поверхні зразка тканини при величині кута, утвореного поверхнею зразка і віссю струменя $0 < +\alpha < 90$ град.: $\vec{P}_{стр.}$ – тиск струменя; \vec{P}_e – тиск водяного шару; $\vec{F}_e^{(1)}$ – відцентрова сила, прикладена до одиниці площі зразка; $\vec{\sigma}_p$ – напруження розтягання нитки; Oy_1 – вісь обертання зразка; ω – швидкість обертання формуючого елемента; Axy – рухома система координат, в якій знаходиться елементарна ділянка тканини; l_o – відстань між центрами ниток однієї системи до формування; Δl_o – приріст відстані між центрами ниток однієї системи після формування

Оскільки одягаюча здатність поверхні сферичного формуючого елемента тканиною носить різний характер [10, 11], то доцільно на ній визначити п'ять характерних ділянок для зручності варіювання технологічних параметрів процесу формування та застосування того чи іншого режиму (рис. 5).

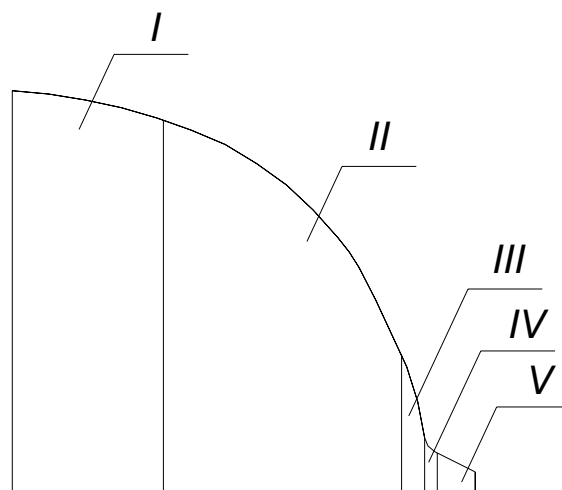


Рис. 5. Технологічні ділянки формування зразка на формуючому елементі сферичної форми

Відомо [10, 11], що найбільша площа поверхні одягання тканиною формуючого елемента припадає на верхню частину сферичного зразка, тому застосування режиму притискання є доцільним (рис. 2) для формування ділянки I та частини ділянки II при переміщенні гідроструменю до моменту створення кута осями Ox_1 та Ay , рівного 45 град. Саме в цій області тканина починає накопичуватися і біля основи формуючого елемента утворюються небажані складки. Тому для формування решти ділянок доцільно

застосовувати режим розтягання (рис. 4), причому на ділянці II кут $+a$ бажано, щоб знаходився в межах від 0 до 90 град., а на ділянках III-V дорівнював 45 град. Тобто, змінюючи кут від 0 до 90 град., спостерігається комбінація двох режимів формування з перевагою першого від технологічної ділянки формування. Отже, визначення оптимального значення кута a для кожної характерної ділянки формування є складним завданням, що вимагає подальшого планування та проведення експериментальних досліджень.

Висновки: В результаті аналізу характеру дії сил знайдені умови формування деталей одягу гідроструминним способом залежно від величини кута, утвореного поверхнею зразка і віссю струменя. Виявлено два оптимальні режими і запропоновано їх раціональне застосування для кожної з п'яти визначених технологічних ділянок сферичного зразка.

Література

1. Попович О.В., Куцевський М.О. Особливості нетрадиційних способів формування деталей швейних виробів // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 6. – С. 209-212.
2. Атанов Г.А. Гидроимпульсные установки для разрушения горных пород. – К.: Вища школа, 1987. – 155 с.
3. Кедровский Б.Г. Определение параметров гидрорезной установки для раскроя материалов легкой промышленности: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.13. – К., 1990. – 20 с.
4. Клапцов Ю.В. Разработка струменеформирующей пристройки для разрезания материалов легкой промышленности гидро- та гидро абразивным струменем: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.10. – К., 2007. – 20 с.
5. Семінська Н. Гідроструминні методи руйнування матеріалів // Машинознавство. – 2007. – № 5. – С. 22-25.
6. Березненко Н.П., Пашаев Н.П. Особенности формирования силового поля при формировании деталей одежды на сферических поверхностях с использованием центробежного эффекта // Известия вузов. технология легкой промышленности. – 1987. – № 1. – С. 77-79.
7. Березненко Н.П., Пашаев Н.П. Характер распределения силового поля при формировании деталей одежды на формирующем элементе с использованием центробежного эффекта // Известия вузов. технология легкой промышленности. – 1987. – № 5. – С. 91-94.
8. Пашаев Н.П. Оптимизация технологических процессов производства одежды по критериям качества и энергозатрат: Дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04. – К., 1988. – 278 с.
9. Буханцова Л.В. Удосконалення процесу формування жіночих головних уборів: Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04. – Хмельницький, 2007. – 221 с.
10. Горелова А.Е. Совершенствование способов формообразования и формозакрепления деталей стана плечевых швейных изделий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04. – Иваново, 2006. – 19 с.
11. Корнилова Н.Л., Горелова А.Е. К вопросу учета формовочных свойств материалов при проектировании одежды // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. – № 6. – С. 86-88.

Надійшла 3.11.2009 р.

УДК 685.34

С.С. ГАРКАВЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайн

МЕТОД ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ АСОРТИМЕНТУ ВЗУТТЯ НА ОСНОВІ ANCOVA-МОДЕЛІ

Робота присвячена вдосконаленню методології формування структури асортименту взуття з використанням фіктивних змінних. Наведено етапи процесу формування асортименту за видами та стилями взуття на основі моделі коваріаційного аналізу – ANCOVA-моделі.

The activity is dedicated to advancing of a methodology of formation of pattern of assortments of footwear with usage dummy changeable. The stages (phases) of process of formation of assortments on kinds (views) and styles of footwear are adduced on the basis of model of analysis of covariance – ANCOVA-model.

Ключові слова: асортимент, фіктивні змінні, коваріаційний аналіз.

Постановка проблеми.

Попит на різні асортиментні групи взуття залежить, перш за все, від його ціни, яка формується на основі багатьох чинників, серед яких конструктивно-технологічні характеристики взуття, якість матеріалу, технологія виготовлення тощо.

На етапі формування структури асортименту мають бути враховані рішення щодо стилю, в тому його тлумаченні, що безпосередньо впливає на вибір фасону колодки, технологічного процесу складання

взуття як найбільш витратних складових його виготовлення.

Разом з тим, оскільки попит залежить від часового періоду (сезонності), в структурі асортименту за видами взуття, стилем, асортиментними групами має бути враховано ефект зрушення у часі.

Тому, математичну модель попиту на види взуття побудовано нами як модель коваріаційного аналізу ANCOVA-модель, оскільки, вона включає як фіктивні змінні, так і квантифіковану змінну (ціну) [1-3].

Формулювання цілей:

Об'єктом проведених досліджень є процес формування асортименту взуття, предметом дослідження – вдосконалення методології формування асортименту на основі ANCOVA- моделі.

В даній роботі поставлено та вирішено наступні задачі дослідження:

- розробити метод формування структури асортименту на основі моделі коваріаційного аналізу;
- перевірити гіпотезу щодо того, що побудована без урахування структури попиту між асортиментними групами взуття математична модель не дає змоги достовірно виміряти зв'язок між цими показниками;

- перевірити на основі F-критеріїв можливість використання моделей, розрахованих на основі окремих асортиментних груп з фіктивних змінними, адекватно представляти структуру попиту;

- побудувати на основі інформації, що містить лонгітюдні дані, сформовані на основі структурного чинника – часового періоду, математичні моделі прогнозування попиту за умови холодної та теплої зими, що враховують перерозподіл попиту в межах окремих асортиментних груп.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Метод визначення структури асортименту на основі ANCOVA-моделі може бути представлений як послідовність наступних восьми етапів.

Етап 1. Визначення кількості асортиментних груп за видами продукції та стилями, що складають сезонний асортимент взуття.

На даному етапі визначається кількість спостережень, які складатимуть інформаційну базу побудови математичних моделей. Загальна кількість необхідних спостережень, які сформовані на основі структурного чинника – часового періоду – визначається як добуток кількості місяців сезону та кількості видів взуття, що складають сезонний асортимент підприємства

Етап 2. Побудова, на основі лонгітюдних даних, математична модель залежності попиту від ціни без урахування структури попиту між асортиментними групами взуття та перевірка її достовірності.

Побудована нами для конкретного підприємства математична модель без урахування структури попиту між асортиментними групами взуття: $j=1$ – напівчеревики стилю Casual; $j=2$ – напівчеревики стилю і класичного стилю; $j=3$ – черевики стилю Casual; $j=4$ – черевики класичного стилю; $j=5$ – чоботи стилю Casual; $j=6$ – чоботи класичного стилю; $j=7$ – туфлі стилю Casual; $j=8$ – туфлі класичного стилю, має вигляд:

$$Y = -3553,33 + 10,63X \quad (1)$$

Як свідчить значення оцінки параметру, $\hat{a} = 10,63$, зв'язок між попитом та ціною є прямий, що суперечить теорії кон'юнктури ринку і закону попиту. Сума квадратів залишків за цією моделлю становить:

$$v'v = Y'Y - \hat{A}'X'Y = 144063468 \quad (2)$$

Таким чином, підтверджено гіпотезу про відсутність у моделі фіктивних змінних структури попиту взуття, що не дозволяє виміряти зв'язок між цими показниками достовірно і для прогнозування попиту має бути використана модель, що враховує структуру попиту між асортиментними групами.

Етап 3. Ідентифікація фіктивних та квантифікованих змінних, що впливають на попит.

Оцінювання можливості використання лонгітюдних даних для даної моделі передбачає побудову математичні моделі для кожної структурної групи, що має вигляд:

$$\hat{Y} = \hat{a}_0^{(k)} + \hat{a}_1^{(k)} X_k \quad (3)$$

Для асортиментної групи „туфлі стилю Casual” рівняння має вигляд:

$$\hat{Y}_7 = 6996,75 - 10,73X_7, \quad (4)$$

для туфель класичного стилю –

$$\hat{Y}_8 = 15326,47 - 24,61X_8. \quad (5)$$

Критерії Ст'юдента підтверджують статистичну значущість оцінок параметрів моделі з імовірністю у межах від 0,8 до 0,95. В цих моделях розрізняються як вільні члени, так і оцінки параметрів, що характеризують вплив ціни на попит кожної асортиментної групи. Сума квадратів залишків для кожної моделі складає:

$$u_7^{\alpha'} u_7^{\alpha} = 320478,8; \quad u_8^{\alpha'} u_8^{\alpha} = 1982750,0, \quad (6)$$

а сума квадратів усіх залишків (3.33) дорівнює:

$$u^{\alpha'} u^{\alpha} = Y'Y - \hat{A}'Z'Y = S_4 = 38675620,93. \quad (7)$$

З рівняння $S_2 = S_3 + S_4$ визначено $S_3 = S_2 - S_4 = 1962349,2$, оцінено суму квадратів залишків, яка складає $S_1 = 103425498$.

Розраховані суми квадратів залишків для різних моделей використано для перевірки гіпотези

стосовно відмінностей відповідних оцінок параметрів моделі, розрахованих на основі лонгітюдних даних на основі критеріїв Фішера

$$F_{(1)} = \frac{S_1 / (s-1)}{S_2 / (ns - s - r + 1)} = 21,63, \quad (8)$$

$$F_{(2)} = \frac{S_3 / (sr - s - r + 1)}{S_4 / (sn - sr)} = 0,17, \quad (9)$$

$$F_{(3)} = \frac{S_1 + S_2 / (sr - r)}{S_4 / (sn - sr)} = 4,67. \quad (10)$$

де n – кількість місяців сезону; s – кількість асортиментних груп взуття; r – кількість оцінок параметрів моделі; ns – загальна кількість лонгітюдних даних.

На основі розрахованих вище F -критеріїв та порівняння їх з $F_{(0,05)табл}$ нами доведено, що моделі розраховані на основі окремих асортиментних груп не можуть адекватно представляти структуру попиту.

Етап 4. Визначення загального вигляду та матричної форми моделі з використанням фіктивних змінних.

На даному етапі досліджень попит на всі асортиментні групи взуття з урахуванням часового періоду представлено як лонгітюдні дані у загальній сукупності спостережень, що дозволяє за допомогою включення до математичної моделі фіктивних змінних побудувати моделі попиту для кожної із структурних груп. Модель ANCOVA включатиме сім фіктивних змінних, за що кількість асортиментних груп складає вісім.

Етап 5. Побудова на основі лонгітюдних даних математична модель прогнозування попиту, що враховує зміну структури попиту між окремими асортиментними групами.

Загальний вигляд ANCOVA-моделі запишеться так:

$$Y = a_0 + b_1 D_1 + b_2 D_2 + b_3 D_3 + b_4 D_4 + b_5 D_5 + b_6 D_6 + b_7 D_7 + a_1 X + u, \quad (11)$$

де Y – вектор попиту на взуття; X – вектор ціни на взуття; D_j – фіктивні змінні, що дозволяють врахувати структуру асортименту взуття ($j = \overline{1,7}$); u – вектор стохастичної складової, що акумулює вплив випадкових чинників (уподобань споживачів, сприйняття нових конструкторсько-технологічних рішень, погодні умови тощо).

Матрична форма моделі має вигляд:

$$\hat{Y} = D\hat{B} + X\hat{A}, \quad (12)$$

де D – матриця фіктивних змінних; X – матриця пояснювальних змінних; \hat{B} – вектор оцінок параметрів моделі, які відповідають певним фіктивним змінним; \hat{A} – вектор оцінок параметрів моделі пояснювальних змінних.

Враховуючи цілі дослідження, має бути побудована модель з фіктивними та комбінованими змінними, що характеризують зв'язок фіктивних змінних із пояснювальною:

$$\hat{Y} = D\hat{B} + X\hat{A}. \quad (13)$$

В цій моделі матриця (DX) містить окремо матрицю фіктивних змінних D , що характеризує зв'язок фіктивних змінних із пояснювальною змінною та матрицею пояснювальних змінних X . Таким чином, змінні використовуються як в адитивній, так і в мультиплікативній формі. Перша необхідна для того, щоб уможливити забезпечення різних вільних членів рівняння для різних асортиментних груп взуття, а друга – для визначення відмінностей у граничній зміні попиту від ціни для кожної асортиментної групи.

Матриця фіктивних змінних D містить кількість векторів, кожний з яких відображає відмінності інформації за асортиментними групами взуття від інформації за першою групою. Матриця пояснювальних змінних X містить вектор одиниць для визначення вільного члена моделі для першої асортиментної групи.

Етап 6. Перевірка гіпотези щодо відмінностей відповідних параметрів моделі, розрахованих на основі лонгітюдних даних.

Побудова математичної моделі, прогнозування попиту, що враховує зміну структури попиту між окремими асортиментними групами, передбачає отримання вектора оцінок параметрів моделі на основі оператора оцінювання:

$$\begin{bmatrix} \hat{B} \\ \hat{A} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D'D & D'X \\ X'D & X'X \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} D'Y \\ X'Y \end{bmatrix}, \quad (14)$$

Отримана нами для конкретного підприємства математична модель структури попиту на взуття має вигляд:

$$\hat{Y} = 15406,3 + 900,13D_1 + 2312,92D_2 + 7645,11D_3 + 7645,11D_3 + 7460,53D_4 + 9672,86D_5 + 1118,04D_6 + 1902,74D_7 - 28,12X, \quad (15)$$

Етап 7. Встановлення на основі ANCOVA– моделі залежності між попитом на взуття різних видів та ціною по кожній асортиментній групі.

В отриманій нами моделі гранична зміна попиту залежно від ціни є константою для всіх асортиментних груп ($a_1 = -28,12$).

Наприклад, вільні члени рівняння для туфель стилю Casual та класичного стилю, відповідно, мають вигляд:

$$\hat{a}_0^{(7)} = 16524,34, \quad \hat{a}_0^{(7)} = \hat{a}_0^{(1)} + \hat{b}_6 \quad (16)$$

$$\hat{a}_0^{(8)} = \hat{a}_0^{(1)} + \hat{b}_7 \quad (17)$$

Критерії Ст'юдента, що розраховані для перевірки статистичної значущості оцінок параметрів моделі наведено у векторі t :

$$t = (4,52 \ 1,23 \ 2,94 \ 7,34 \ 6,24 \ 5,40 \ 1,44 \ 2,32 \ 4,22). \quad (18)$$

Критичне значення критерію Ст'юдента при рівні довіри 95 % становить $t_{(0,05)} = 2,06$. Сім фактичних значень t - критерію перевищують табличне значення, тобто вони є статистично достовірні з імовірністю 0,95. Два фактичні значення t - критеріїв t_{b_1} і t_{b_6} статистично достовірні з імовірністю 0,8

($t_{(0,02)табл} = 1,42$). Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8$. Це свідчить про те, що на 80 % попит на різні види взуття визначається фіктивними та пояснювальними змінними моделі. Критерій Фішера ($F = 5,57$), а $F_{(0,05)табл} = 2,11$. Оскільки $F_{факт} > F_{(0,05)табл}$, то математична модель є статистично достовірною.

Етап 8. Побудова математичних моделей з урахуванням структури попиту між асортиментними групами та перевірка її достовірності.

При цьому для кожного рівняння моделі ANCOVA за певного прогнозованого значення середньої ціни певної асортиментної групи можуть бути отримані прогнозні оцінки попиту на даний вид взуття. Залежність між ціною та попитом проілюстровано на рис. 1.

Співставлення теоретичних та розрахункових значень дозволило зробити висновки про те, що побудована теоретична модель адекватна фактичним даним щодо попиту на різні види взуття з урахуванням стилів, в яких спроектовано конструкції даного виду взуття.

Висновки.

Таким чином, в результаті проведених досліджень – запропоновано метод формування асортименту взуття на основі ANCOVA-моделі, який передбачає визначення кількості асортиментних груп за видами продукції та стилями, що складають сезонний асортимент взуття; побудовано, на основі лонгітюдних даних, математичну модель залежності попиту від ціни без урахування структури попиту між асортиментними групами взуття та перевірена її достовірності; ідентифіковано фіктивні та квантифіковані змінні, що впливають на попит; визначено загальний вигляд та матричну форму моделі з використанням фіктивних змінних; побудована, на основі лонгітюдних даних, математична модель прогнозування попиту, що враховує зміну структури попиту між окремими асортиментними групами; перевірена гіпотеза щодо відмінностей відповідних параметрів моделі, розрахованих на основі лонгітюдних даних; встановлена на основі ANCOVA– моделі залежність між попитом на взуття різних видів та ціною по кожній асортиментній групі; побудовані математичні моделі з урахуванням структури попиту між асортиментними групами та перевірка їх достовірності.

Також підтверджено гіпотезу щодо того, що побудована без урахування структури попиту між асортиментними групами взуття математична модель не дає змогу достовірно виміряти зв'язок між цими показниками; перевірено на основі F-критеріїв можливість використання моделей, розрахованих на основі окремих асортиментних груп з фіктивних змінними, адекватно представляти структуру попиту; побудовано математичні моделі прогнозування попиту за умови холодної та теплої зими, що враховують перерозподіл попиту в межах окремих асортиментних груп, спричинений погодними умовами.

Слід зазначити, що структура попиту за видами взуття в умовах високих та низьких температур навколишнього середовища суттєво відрізняється. Відповідно, рішення щодо виробничої програми з орієнтацією на потенційний попит має бути прийняте з урахуванням отриманих розрахункових оцінок попиту в умовах невизначеності погоди, що дозволить отримати скореговані дані щодо раціональної структури сезонного асортименту за умови холодної та теплої зими, що є предметом наступних досліджень.

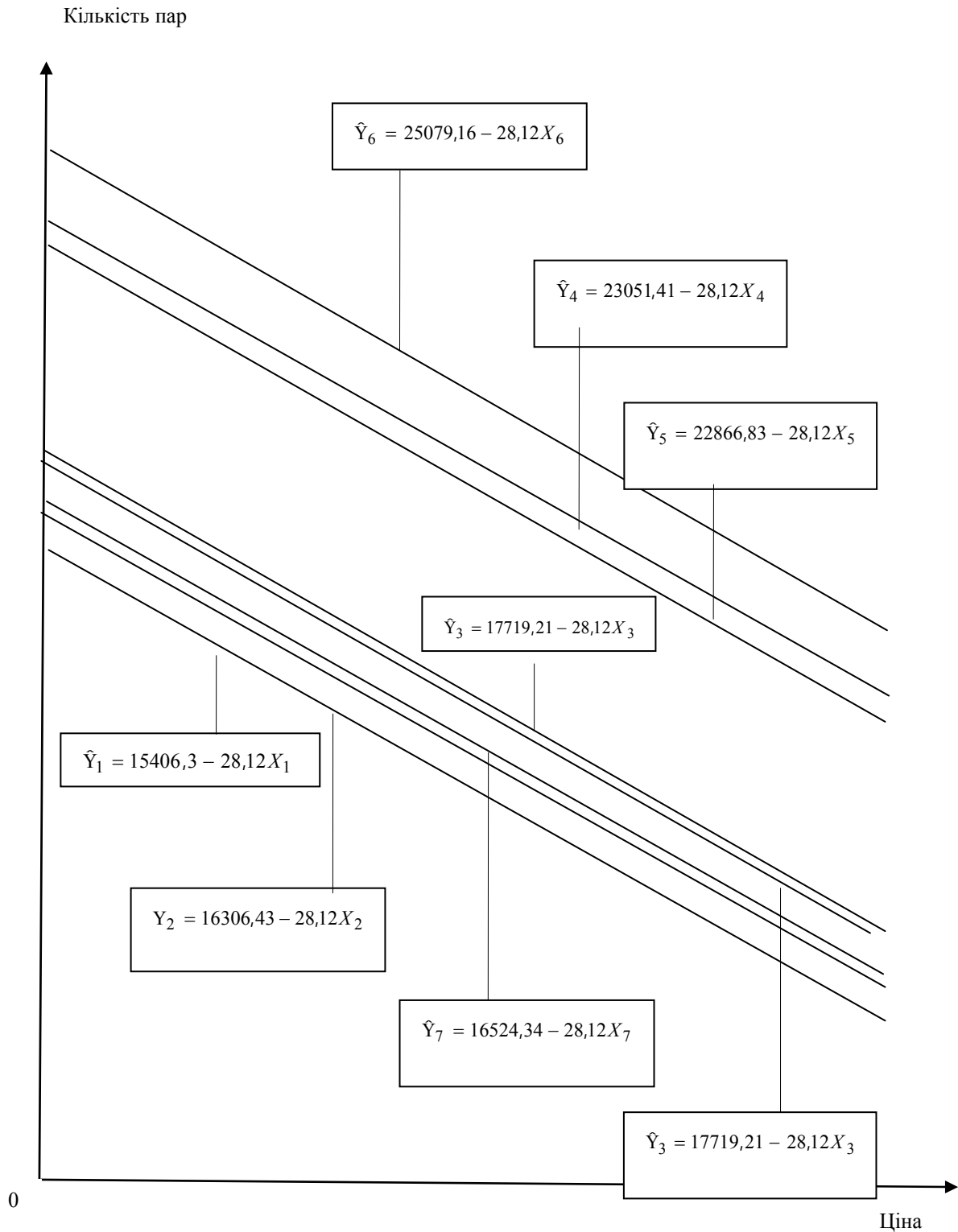


Рис. 1. Залежність попиту на взуття різних видів за ціною, визначена на основі моделі ANCOVA

Літератури

1. Малхотра. Маркетинговые исследования. Практическое руководство / Малхотра, К. Нэреш, – 3-е изд.; Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 960 с.
2. Наконечний С.І. Економетрія / Наконечний С.І., Терещенко Т.О., Романюк Т.П. – [3-є вид., доп. та перероб.] – К.: КНЕУ, 2004. – 520 с.
3. Гаркавенко С.С. Розвиток наукових основ проектно-технологічних робіт на стадії створення конкурентоспроможної продукції взуттєвої та шкіргалантерейної галузі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.18.18 «Технологія взуття, виробів зі шкіри та хутра» / С.С. Гаркавенко. – К., 2009. – 37 с.

Надійшла 6.11.2009 р.

АНТРОПОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТОП ТАНЦІВНИЦЬ GO-GO

В даній статті наведені результати антропометричних досліджень стоп танцівниць Go-go віком 21–22 роки. Дослідження проводилися в розважальних клубах та тренувальних залах під час репетицій танцівниць у м. Києві за контактною методикою і затвердженою програмою. Отримані дані антропометричного дослідження оброблялися за допомогою вибіркового методу математичної статистики з використанням ПК та пакета прикладних програм (Access, Excel). Зроблений висновок про необхідність розробки раціональних колодок та функціонального взуття для танцівниць Go-go.

In the given field reduced outcomes of anthropometric researches stops the Go-go dancers by age 21-22 years. The researches were conducted in entertaining clubs and training halls during rehearsals the dancers in Kiev on a contact technique and approved program. The obtained data of anthropometric research were processed with the help of a sampling method of mathematical statistics with usage of the PC and application package (Access, Excel). Drawn a conclusion about necessity of mining of rational chocks and functional footwear for the Go-go dancers.

Ключові слова: стопа, антропометричні дослідження, функціональне взуття, Go-go.

Вступ.

Вихід України на світовий культурний простір після проголошення Незалежності сприяв активному проникненню до країни великої кількості нових художніх форм хореографії, опанування якими за радянських часів було неможливими в зв'язку з їх невідповідністю принципам соцреалізму. Тому нинішній розвиток сучасних форм хореографії, розширення сфери інтересів вітчизняних фахівців завдяки вивченню більшого різноманіття їх стилів і видів відбувається під знаком інтеграції в галузі культури та мистецтв.

Культура будь-якого суспільства являє собою цілісну систему з властивими їй ознаками. На основі системного аналізу культури можна прогнозувати тенденції її розвитку, взаємодію між різними її складовими.

Шоу-бізнес є однією зі складових культури сучасного суспільства, яка, з одного боку, виникає і розвивається в певному соціокультурному контексті і відбиває особливості його як цілісної системи, а з іншого, суттєво впливає на розвиток культури в цілому. Нічні клуби та різні розважальні заходи також відносяться до сфери шоу-бізнесу, в якому приймають участь багато діджеїв, які відповідають за музичне оформлення заходу та своїми ритмами заводять всіх, піджеїв (Pj), які професійно називають себе танцівниками Go-go, вони які добре і технічно рухаються під музику, відчувають стиль, імпровізують, насолоджуються ритмом, тим самим підтримуючи інтерес публіки, яка танцює.

Сьогодні молодь нашої країни полюбить проводити своє дозвілля саме в нічних клубах та на модних вечірках. На таких закладах частенько можна зустріти танцівників Go-go, які виступають на танцмайданчиках, використовуючи спеціальне взуття іноземних фірм-виробників або зручне повсякденне взуття на високому підборі прикрашене для виступу в нічних клубах. В Україні дане взуття не випускається або поширюється на замовлення.

Враховуючи вище сказане й те, що цей вид діяльності починає набувати популярності, виникає потреба у розробці видового асортименту взуття для танцівниць Go-go з урахування морфофункціональних та антропометричних особливостей їх стоп.

Основний розділ.

Під час проведення експерименту були обміряні стопи танцівниць віком 21-22 роки згідно з необхідним обсягом неповторної вибірки, який дорівнює 108. Обміри проводилися в розважальних клубах та тренувальних залах під час репетицій танцівниць у м. Києві за контактною методикою і за затвердженою програмою [1]. По кожній обмірній визначалось біля 100 параметрів (довжинних, широтних – на ступомірі і за плантограмою, висотних і обхватних). Крім того, в процесі антропометричних досліджень стоп танцівниць виявлялися патологічні відхилення. Найбільшою паталогією серед обміряних стоп була гіпертрофія головок 1-ї і 5-ї плюсневих кісток.

Отримані дані антропометричного дослідження оброблялися за допомогою вибіркового методу математичної статистики з використанням ПК та пакета прикладних програм (Access, Excel) і по кожному параметру визначались середнє арифметичне значення M_x , середнє квадратне відхилення σ_x , статистична помилка середніх m_x , асиметрія A , ексес E , коефіцієнт варіації v , коефіцієнти кореляції $r_{y/x}$ і регресії $R_{y/x}$. Крім того, визначали показник відносної точності вимірів, величина якого для забезпечення достатньої надійності отриманих даних не повинна перевищувати 5%. В таблиці 1 наведені результати обробки даних за основними характеристиками розмірних ознак ступнів танцівниць Go-go.

У таблиці 2 наведені результати порівняльного аналізу основних розмірних ознак стоп танцівниць із параметрами стоп не танцівниць.

Як показав проведений порівняльний аналіз отриманих даних антропометричного обстеження ступнів танцівниць з не танцівницями [2], ступні танцівниць мають більшу довжину ніж не танцівниць (збільшення довжини ступні сягає 17,1 мм).

Результати обробки даних антропометричних обстежень ступнів танцівниць Go-go віком 21-22 роки за основними характеристиками розмірних ознак

Розмірна ознака	M_x , мм	m_x , мм	σ_x , мм	v , %
Довжина:				
стопи за відбитком	256,1	1,3	5,2	3,0
до зовнішнього пучка	165,9	0,9	5,8	2,2
до внутрішнього пучка	183,1	1,1	6,1	2,6
до кінця відбитка 5-го пальця	203,1	1,0	5,1	2,4
до центра відбитка 1-го пальця	229,7	1,3	5,7	3,0
Кут відхилення 1-го пальця, град.	11,1	0,4	4,9	1,0
Ширина п'ятки:				
за контуром	55,2	0,4	8,6	1,1
за відбитком	42,9	0,3	7,9	0,7
Ширина по середині пучків:				
за контуром	95,3	0,4	4,3	0,9
за відбитком	81,7	0,5	6,2	1,1
Обхват:				
по внутрішньому пучку	245,6	0,9	4,0	2,1
по зовнішньому пучку	250,1	0,7	3,4	1,7
Висота до найвищої точки:				
1-го пальця	15,3	0,2	9,1	0,4
голівки 1-ї плюсневої кістки	24,2	0,3	9,4	0,8

Збільшення довжинних параметрів ступні може бути пов'язано із специфікою даного виду клубного танцю, а також в період морфологічної адаптації під час вікової акселерації.

Аналогічні тенденції спостерігаються і в інших довжинних параметрах таких як до внутрішнього пучка (у танцівниць збільшення – на 9,1 мм), до зовнішнього пучка (у танцівниць на – 20,9 мм).

В широтних параметрах спостерігаються такі зміни: ширина по зовнішньому та внутрішньому пучках у танцівниць більше, ніж у не танцівниць на 2,8 мм та 10,8 мм відповідно. Однак широтні параметри п'ятки танцівниць вужче, ніж у не танцівниць і ця різниця складає 9,8 мм.

Зменшення ширини в п'ятці у танцівниць пов'язане з особливістю біомеханіки їх ступнів, а саме: великий об'єм навантаження при танці припадає на передню частину ступні, п'ятка при цьому залишається в недовантаженому положенні.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз основних розмірних ознак ступнів танцівниць із параметрами ступнів не танцівниць

Розмірна ознака	Танцівниці	Не танцівниці	Відхилення
	M_x	M_x	ΔM_x
1	2	3	4
Довжина стопи:			
за відбитком	256,1	239,0	17,1
до внутрішнього пучка	183,1	174,0	9,1
до зовнішнього пучка	165,9	145,0	20,9
Кут відхилення 1-го пальця, градусів	11,1	12,0	-0,9
Ширина:			
п'ятки по контуру	55,2	65,0	-9,8
по внутрішньому пучку	95,8	85,0	10,8
по зовнішньому пучку	91,8	89,0	2,8
Обхват ступні:			
по внутрішньому пучку	245,6	219,0	26,6
по зовнішньому пучку	250,1	227,0	23,1
по прямому підйому	298,0	290,0	8,0
Обхват голені:			
в найбільш вузькому місці	216,0	216,0	0,0
в області найбільш розвинутого гомілкового м'яза	345,0	340,0	5,0

Тенденція збільшення параметрів ступнів танцівниць спостерігається і в обхватних параметрах. Так наприклад, максимальне відхилення від відповідних параметрів танцівниць складає 23,1 мм – обхват по зовнішньому пучку; 26,6 мм – обхват по внутрішньому пучку; 8 мм – обхват по прямому взйому. Також

спостерігається збільшення обхватних параметрів в області найбільш розвинутого гомілкового м'яза на 5 мм, це також пов'язано з особливістю біомеханіки рухів танцівниць.

Антропометричні дані, окрім математично-статистичної обробки, були оброблені графічним методом, що дозволило отримати контури основних розрізів стоп танцівниць.

Якщо розглядати довжинні, широтні і обхватні параметри стоп танцівниць в порівнянні з відповідними параметрами не танцівниць, то проглядається тенденція збільшення параметрів (рис. 1-3).

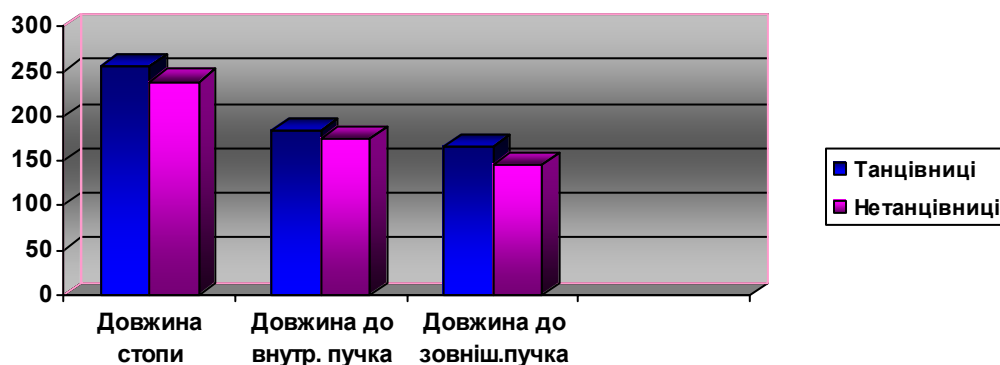


Рис. 1. Гістограма розподілення деяких довжинних параметрів стоп танцівниць Go-Go та нетанцівниць

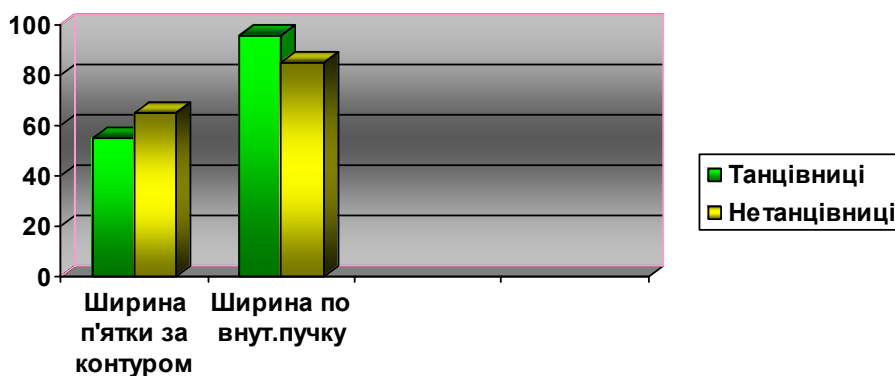


Рис. 2. Гістограма розподілення деяких широтних параметрів ступнів танцівниць Go-Go та не танцівниць

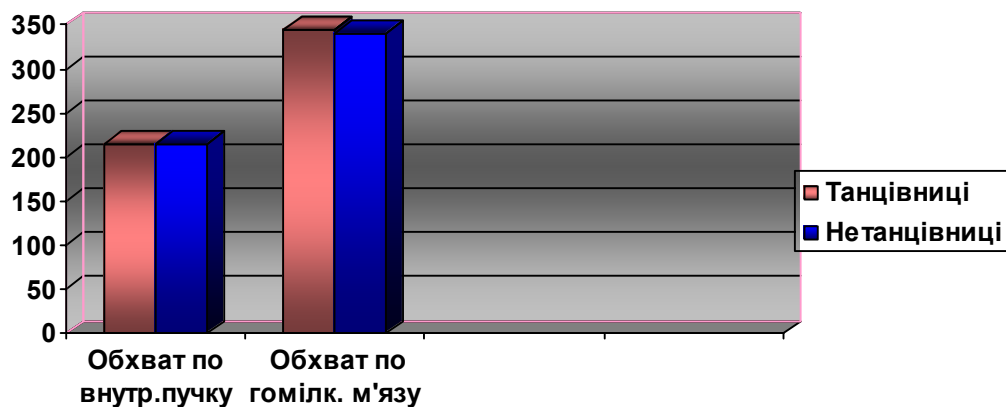


Рис. 3. Гістограма розподілення деяких обхватних параметрів стоп танцівниць Go-Go та не танцівниць

Таким чином, аналіз даних антропометричного дослідження ступнів танцівниць, показав, що значення основних параметрів їхніх стоп значно відрізняється від тих самих параметрів стоп нетанцівниць. Це потрібно враховувати при проектуванні раціональної форми спеціальної колодки та взуття для танцівниць Go-Go.

Література

1. Фарниєва О. В., Нургельдієв К. Н. Совершенствование размерной стандартизации и ассортимента обуви. – А.: Блым, 1982. – 192 с.
2. Кочеткова Т.С., Ключникова В.М. Антропологические и биомеханические основы конструирования изделий из кожи. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – С. 96.

Надійшла 24.11.2009 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАТЕРІАЛІВ ПАРИ ТЕРТЯ НА ПРОЦЕСИ ЇХ ЕЛЕКТРИЗУВАННЯ

У статті розглянуто результати досліджень здатності підшовних матеріалів до накопичення та розсіювання електростатичних зарядів на своїй поверхні при терті з покриттями підлоги.

The article discusses the results of the research capacity of plantar materials to the accumulation and dissipation of electrostatic charges on its surface frictional surfaces of the floor.

Ключові слова: підшовні матеріали, покриття підлоги, матеріал контртіла, статична електрика, електрофізичні властивості, електризування, напруженість електростатичного поля, поверхнева щільність, знак зарядів, півперіод розсіювання.

Постановка проблеми

Подальший розвиток взуттєвої галузі неможливий без широкого використання полімерних матеріалів. В наш час кожна пара навіть шкіряного взуття містить деталі із синтетичних матеріалів. Особливо це стосується деталей низу, які в переважній більшості виготовляються із хімічних матеріалів. Їх впровадження сприяє не тільки розширенню асортименту взуття, підвищенню його якості, економії дефіцитної і дорогої натуральної шкіри, використанню високопродуктивної та безвідходної технології, а також дає можливість суттєво підвищувати техніку – економічні показники роботи підприємств і знижувати вартість виробів. Разом з тим відомо, що більшість хімічних матеріалів за низкою електрофізичних показників поступаються натуральним матеріалам. Однією із характерних особливостей полімерних матеріалів є високі діелектричні властивості та низька їх електропровідність. Виробництво і експлуатація виробів із таких матеріалів являється однією із основних причин, які впливають на ступінь накопичення та тривалість зберігання електростатичних зарядів як на їх поверхні, так і на тілі людини, що є негативним фактором. При цьому відомо, що одним із шляхів інтенсивного накопичення зарядів на тілі людини є трибоелектризування низу взуття при ходьбі.

У зв'язку з вищезазначеним актуальною проблемою є дослідження електрофізичних властивостей сучасних підшовних матеріалів при експлуатації взуття та встановлення факторів, які впливають на їх здатність накопичувати та розсіювати заряди статичної електрики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Механізму виникнення електростатичних зарядів присвячена значна кількість робіт [1]. Разом з тим до цього часу не існує загальноприйнятої теорії, яка б давала надійну оцінку здатності діелектриків до накопичення електростатичних зарядів в тих чи інших умовах. Згідно виконаних робіт найбільші труднощі і неясності мають місце у питанні вивчення процесів електризації твердих матеріалів, до яких відносяться переважна більшість полімерних взуттєвих матеріалів. В результаті огляду процесів статичної електризації людини при ходьбі найбільший науковий інтерес представляє прямий метод оцінки трибоелектризування взуттєвих матеріалів, сутність якого полягає в генеруванні електричних зарядів на поверхні контактуючих матеріалів при терті. Він є найбільш складним, оскільки на величину генерації зарядів впливає низка важко контролюючих чинників. Як показали дослідження, контактний метод вимагає створення спеціальних пристроїв, які повинні забезпечувати сталі швидкості розділу тіл тертя, тиску і площі контакту, механічних і хімічних властивостей контактуючих поверхонь.

В роботі [2] для оцінки електростатичних властивостей матеріалів підкладки взуття при терті з панчішно-шкарпетковими виробами запропонована методика, яка не забезпечує моделювання умов електризації інших груп матеріалів з урахуванням умов виробництва та експлуатації взуття. В останні роки розроблена експериментальна установка [3] і методика [4], які дають можливість дати реальну кількісну оцінку здатності різних за властивостями та призначенням взуттєвих матеріалів до накопичення та розсіювання електростатичних зарядів при заданих умовах.

Формулювання цілі статті

На основі розробленого методу випробувань встановити ступінь електризування підшовних матеріалів і тривалість зберігання електростатичних зарядів на їх поверхні залежно від матеріалів пари тертя.

Виклад основного матеріалу

Враховуючи умови експлуатації взуття, в основу розробленого приладу положено фрикційний метод зарядки матеріалу, яка здійснюється внаслідок тертя матеріалу підшви з покриттями підлоги. При цьому моделюється реальний процес електризації низу взуття при ходьбі, в тому числі, можливе створення будь-якого співвідношення тертя кочення і ковзання.

З метою всебічного вивчення процесів електризування матеріалів передбачено використовувати комплекс показників. В якості основних показників оцінки накопичення зарядів при терті прийняті: напруженість електростатичного поля (ЕСП E , В/см), поверхнева щільність (σ , Кл/м²) і знак зарядів (+, -). Показником для оцінки процесу розсіювання зарядів є півперіод їх стікання ($\tau_{0,5}$, сек.), який визначається

часом зниження максимального рівня електризації на половину.

Предметом даного дослідження обрано асортимент підшовних матеріалів, які відрізняються між собою за хімічним складом, структурою, кольором, технологією виготовлення та фізико-механічними властивостями. В якості контактуючих тіл підібрані матеріали покриттів підлоги, які найбільш широко використовуються в побуті і на виробництві, а саме: лінолеуми ПВХ без основи, на тканий і латексній основі; килими синтетичний, напівшерстяний і на латексній основі; ковролін.

Для вимірювання знаку і величини напруженості електростатичного поля використовували малоінерційний прилад ИНЭП – 11Д з виносним датчиком, що дає можливість встановлювати його безпосередньо над об'єктом дослідження і з високою точністю неперервно визначати кінетику накопичення і спаду зарядів.

Поверхневу щільність зарядів σ (Кл/м²) визначали перерахунком показників приладу за формулою:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E,$$

де ε – електрична постійна, яка дорівнює $8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м;

E – величина напруженості електростатичного поля, яка показана приладом (В/см).

З метою отримання порівняльної оцінки трибоелектризування підшовних матеріалів на створеній експериментальній установці за оптимальні параметри випробувань прийняті: питомий тиск $(1,5-2) \times 10^5$ Па; швидкість тертя 0,7– 0,9 м/с; тривалість одного досліду 240с. При цьому, вид тертя встановлюється з урахуванням умов експлуатації взуття.

Підготовка зразків і їх випробування здійснювалось в стандартних кліматичних умовах: при відносній вологості повітря 65 ± 2 % і температурі 20 ± 2 °С.

Отримані результати порівняльної характеристики електризування підшовних матеріалів при терті з покриттями підлоги представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Матеріал підшови	Матеріал контргіла	Напруженість ЕСП E (В/см) і знак заряду	Середня щільність зарядів $\sigma \times 10^{-12}$ (Кл / м ²)	Півперіод спаду заряду $\tau_{0,5}$ (хв.)
1	2	3	4	5
Шкіра для низу взуття ниткових і клейового методів кріплення	Синтетичний килим	-45 ± 6	398,25	0,15
	Напівшерстяний килим	-27 ± 4	238,95	0,08
	Килим на латексній основі	-19 ± 5	168,15	0,06
	Ковролін	-9 ± 3	79,65	0,01
	Килимове покриття для офісів	-110 ± 10	973,5	0,2
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	60 ± 9	531	0,17
	Лінолеум ПВХ без основи	41 ± 5	362,85	0,14
Гума «Мипора» РПШ	Лінолеум на латексній основі	80 ± 15	708	0,19
	Синтетичний килим	-2080 ± 95	18408	18
	Напівшерстяний килим	-985 ± 60	8717,25	83
	Килим на латексній основі	-2720 ± 85	24072	10
	Ковролін	-2900 ± 96	25665	20
	Килимове покриття для офісів	-2450 ± 87	21682	17
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	990 ± 62	8761,5	32
Гума «Депора»	Лінолеум ПВХ без основи	760 ± 32	6726	22
	Лінолеум на латексній основі	1400 ± 54	12390	30
	Синтетичний килим	-2530 ± 65	22390	30
	Напівшерстяний килим	-2850 ± 94	25222,5	37
	Килим на латексній основі	-3240 ± 85	28674	28
	Ковролін	-3500 ± 54	30975	10
	Килимове покриття для офісів	-4050 ± 100	35842	35
Лінолеум ПВХ на тканий основі	Лінолеум ПВХ на тканий основі	960 ± 65	8496	58
	Лінолеум ПВХ без основи	790 ± 57	6991	43
	Лінолеум на латексній основі	1950 ± 87	17257,5	40

1	2	3	4	5
Шкірволон	Синтетичний килим	-760 ± 82	6726	11
	Напівшерстяний килим	-145 ± 10	1283	8
	Килим на латексній основі	-50 ± 9	442,5	53
	Ковролін	-370 ± 64	3274,5	15
	Килимове покриття для офісів	-1100 ± 85	9735	20
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	460 ± 65	4071	22
	Лінолеум ПВХ без основи	240 ± 34	2124	23
	Лінолеум на латексній основі	780 ± 50	6903	25
Поліуретан	Синтетичний килим	-395 ± 65	3495,75	0,5
	Напівшерстяний килим	-40 ± 10	354	0,17
	Килим на латексній основі	-36 ± 8	318,6	0,12
	Ковролін	-80 ± 21	708	0,17
	Килимове покриття для офісів	-580 ± 47	5133	0,5
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	920 ± 6	8142	0,2
	Лінолеум ПВХ без основи	300 ± 65	2655	0,67
	Лінолеум на латексній основі	970 ± 97	8584,5	0,67

Із наведених даних в таблиці 1 видно, що ступінь електризування залежить від властивостей матеріалів пари тертя. При цьому підшовні матеріали характеризуються різною здатністю до накопичення зарядів на своїй поверхні при терті з одним і тим же покриттям підлоги.

Найбільшою здатністю до накопичення електростатичних зарядів на своїй поверхні володіють гуми пористої структури марок «Мипора» РПШ і «Депора» при терті з килимовими покриттями підлоги і ковроліном. Так, при їх контакті величина напруженості ЕСП знаходиться в межах 2080 – 4050 В/см, що відповідно в 10 – 20 разів перевищує гранично допустимий поріг [5].

Значно нижчий рівень електризування мають в порівнянні з пористими гумами такі підшовні матеріали як шкірволон і поліуретан. Значення напруженості ЕСП на їх поверхні залежно від виду покриття підлоги знижується в декілька десятків разів. При цьому дещо вищу здатність до генерування зарядів на своїй поверхні має шкірволон. Разом з тим, наявність активних наповнювачів, штучних волокон у хімічному складі шкірволону і підвищена щільність, очевидно, сприяють суттєвому зниженню його ступеня електризуванню в порівнянні з іншими марками гум.

Дослідження підтвердили, що за стандартних кліматичних умов навіть при інтенсивному терті з усіма вибраними покриттями підлоги напруженість ЕСП на поверхні натуральної шкіри не перевищує гранично допустимого порогу. Відомо [5], що з підвищенням вологості повітря вірогідність генерування електричних зарядів на поверхні шкіри різко зменшується.

Отримані експериментальні дані свідчать, що рівень електризування взуттєвих матеріалів залежить як від їх властивостей так і властивостей контактуючого матеріалу. При заміні одного контртіла на інше величина напруженості ЕСП і порядок розташування матеріалів по ступеню їх електризування можуть значно змінюватися. Так, наприклад, напруженість ЕСП гуми «Депора» при терті з килимовим покриттям для офісів становить 4050 В/см, а з лінолеумом ПВХ без основи – 790 В/см.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш інтенсивне електризування гум пористої структури має місце при контакті з усіма вибраними килимовими покриттями підлоги і ковроліном шкіроподібної гуми – з синтетичним килимом і лінолеумом на латексній основі, поліуретану – з лінолеумом на тканий і латексній основі. Всі випробувані зразки взуттєвих матеріалів при терті з лінолеумом на латексній основі мають найвищий рівень накопичення зарядів у порівнянні з іншими видами лінолеуму, а найнижчий – з лінолеумом ПВХ без основи.

Що стосується знаку заряду, який виникає на поверхні взуттєвих матеріалах, то він може бути як позитивним так і негативним і в значній мірі залежить від хімічної природи контактуючих матеріалів. Експериментально встановлена закономірність, що досліджені підшовні матеріали при контакті з усіма килимами отримують негативний заряд, а з лінолеумами – позитивний. Принято вважати [6], що статична електризація позитивного знаку при певних умовах має більш шкідливу дію на організм людини ніж негативного.

Одночасно з генерацією електричних зарядів на поверхні матеріалу протікає процес їх розсіювання (стікання), який в значній мірі залежить від питомого об'ємного або поверхневого електричного опору. Отримані результати свідчать, що найбільшою здатністю до довготривалого зберігання зарядів на своїй поверхні володіють гуми. Для них півперіод стікання зарядів залежно від величини максимальної напруженості ЕСП знаходиться в межах 8 – 83 хвилин. Ці дані підтверджують, що взуттєві гуми мають високий електричний опір, який перешкоджає швидкому розсіюванню електричних зарядів. Виходячи із цього, експлуатація взуття на гумових підшвах при певних умовах може сприяти накопиченню і тривалому зберіганню електростатичних зарядів як на їх поверхні, так і на тілі людини.

Найкращим матеріалом, стосовно низьких значень напруженості ЕСП і півперіоду спаду зарядів, є

натуральна шкіра. За цими електрофізичними показниками на другому місці знаходиться поліуретан. Для них характерно найнижчий рівень електризування і найменший півперіод спаду зарядів, величина якого знаходиться в межах від 0,01 до 0,5 хвилин. Використання таких матеріалів для підшов як для побутового так спеціального взуття при нормальних кліматичних умовах є електростатично безпечним і буде сприяти зниженню електризації людини.

Висновки

Таким чином, згідно попередньо розробленої методики досліджена здатність підшовних матеріалів при терті з покриттями підлоги до накопичення зарядів статичної електрики та їх розсіювання. При цьому встановлено, що:

- ступінь накопичення зарядів на поверхні взуттєвих матеріалів і їх полярність в значній мірі визначається властивостями (природою) контактуючої пари матеріалів. При заміні одного контртіла на інший величина і знак зарядів та порядок розташування матеріалів за цими показниками може змінюватися;
- найбільшою здатністю до інтенсивного накопичення зарядів на своїй поверхні і тривалого їх зберігання характеризуються підшовні гуми пористої структури при терті з килимовими покриттями підлоги і ковровіном. При цьому максимальна величина напруженості ЕСП перевищує порогове значення в 10-20 разів;
- найнижчий рівень електризування і півперіод розсіювання зарядів мають натуральна шкіра і поліуретан, використання яких буде сприяти створенню електростатично безпечних умов як для людини так і для виробництва;
- всі досліджені матеріали при контакті з килимовими покриттями отримують негативний заряд, а з лінолеумом – позитивний.

Отримані результати роботи дають можливість:

- в лабораторних умовах об'єктивно оцінювати процеси накопичення та розсіювання електростатичних зарядів на поверхні взуттєвих матеріалів з урахуванням умов виробництва та експлуатації взуття;
- здійснювати правильний вибір матеріалів з урахуванням їх електрофізичних властивостей, призначення та умов експлуатації взуття;
- прогнозувати електростатичну поведінку матеріалів і виробів із них в конкретних умовах їх використання;
- своєчасно розробляти заходи щодо зниження негативних проявів статичної електрики.

Література

1. Филлипов В.И. Состояния и задачи научных разработок по защите от статического электричества // Вопросы электробезопасности в народном хозяйстве. Темат. сборник / Всесоюз. центр научно- исслед. инст. охр. труда ВЦСПС. – М.: ВЦНИИОТ, 1974. – 261 с.
2. Оценка электростатических свойств обувных материалов динамическим методом измерения / Бирюкова М.Ф., Леденева И.Н., Костригина Ю.А., Белицкая О.А // Кож. – обув. пром-сть, 2004. – № 2 – С. 46 – 47.
3. Савчук М.П., Либа В.П., Калина В.М. Экспериментальна установка для дослідження електризації взуттєвих матеріалів // Вісник ХНУ. – 2007. – № 6. – С. 104 – 107.
4. Савчук М.П. Прибор и методика определения электризации материалов низа обуви // Тези доповідей XI наук. – практ. конф. – Мукачево, 2007. – С. 35.
5. ГОСТ 12.1045-84. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. – Изд-во стандартов, 1984. – 2 с.
6. Материаловедение изделий из кожи: Учеб. для вузов / Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Берштейн М.М. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 416 с.

Надійшла 21.11.2009 р.

ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ПРИБОЮ ПРИ ФОРМУВАННІ БАГАТОШАРОВИХ ТКАНИН

Наведені результати визначення кута прибою при формуванні багатошарових тканин, які використовуються при виготовленні силових захватів.

The results of determination of corner of surf are resulted at forming of multi-layered fabrics, what utilized at making of power delights.

Ключові слова: кут прибою, пружня система заправки, натяг нитки, координати переміщень.

Вступ. Визначення кута прибою при формуванні багатошарових тканин має важливе значення при визначенні напруженості цього процесу, при визначенні сили прибою та натягу основних ниток. Основна математична залежність для кута прибою для одношарової тканини має вигляд [1]

$$90^0 > \gamma > 90^0 - \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

де γ – кут прибою;

α – кут зіву при пробі.

В роботі [2] наведена більш детальна залежність для визначення величини кута прибою для одношарової тканини з урахуванням кута відхилення тканини до горизонту

$$\gamma = 90^0 - \beta, \quad (2)$$

де β – кут нахилу тканини до горизонту.

Слід зауважити, що наведені вище формули (1) та (2) не дають можливості визначати кут прибою при формуванні багатошарових тканин, коли цей процес відбувається без використання бокових шпаруток ткацького верстата.

Основний розділ. На рис. 1 наведена розрахункова схема взаємодії опушки тканини з бердом. Положення берда FO відповідає випадку, коли більшість ниток основи розташовані у верхній гільці зіву, положення берда FO_1 відповідає випадку, коли більшість ниток основи розташовані у нижній гільці зіву, а положення FO_2 відповідає випадку, коли нитки основи розташовані симетрично. Враховуючи деформацію пружної системи заправки при зевування, рівняння для визначення кута прибою при формуванні багатошарових тканин, без використання бокових шпаруток ткацького верстата, мають вигляд

$$\begin{aligned} \gamma &= 90^0 + \arctan \left(\frac{\sqrt{(FB + y)^2 + x^2} - FB}{l_3} \right), & n_2 > n_1, \\ \gamma &= 90^0 - \arctan \left(\frac{\sqrt{(FB - y)^2 + x^2} - FB}{l_3} \right), & n_2 < n_1, \\ \gamma &= 90^0 + \arctan \left(\frac{\sqrt{FB^2 + x^2} - FB}{l_3} \right), & n_2 = n_1, \end{aligned} \quad (3)$$

де FB – відстань від точки качання батану до пружної системи заправки в положенні заступу;
 x, y – координати переміщення опушки тканини при зівування;

l_3 – довжина тканини в пружній системі заправки;

n_2, n_1 – число ремізних рамок у верхньому і нижньому положенні.

Визначення координат x, y переміщення опушки тканини при зівування зводиться до системи двох трансцендентних рівнянь. Для дослідження були обрані дві п'ятишарові тканини з рапортом переплетення по утоку 18 та 24 нитки та півторашарова технічна тканина. Перші дві вироблялися на ткацькому верстаті АТТ-120-5М, третя на ткацькому верстаті СТБ-2-175. Рапорти переплетення цих тканин наведені на рис. 2.

Основна система рівнянь для визначення координат x, y переміщення опушки тканини при зівоутворюванні має вигляд

$$\begin{aligned}
 l_{CA} &= l_{C_1} = \sqrt{l_1^2 + h^2}, \quad l_{AO} = \sqrt{(l_2 - x)^2 + (h - y)^2}, \\
 l_{A_1O} &= \sqrt{(l_2 - x)^2 + (h + y)^2}, \quad l_{OD} = \sqrt{(l_3 + x)^2 + y^2}, \\
 \Delta l_{CAO} &= \sqrt{l_1^2 + h^2} + \sqrt{(l_2 - x)^2 + (h - y)^2} - (l_1 + l_2), \\
 \Delta l_{C_1A_1O} &= \sqrt{l_1^2 + h^2} + \sqrt{(l_2 - x)^2 + (h + y)^2} - (l_1 + l_2), \\
 \Delta l_{OD} &= \sqrt{(l_3 + x)^2 + y^2} - l_3, \\
 P_1 &= n_2 C_O \Delta l_{CAO}, \quad P_2 = n_1 C_O \Delta l_{C_1A_1O}, \quad P_T = C_T \Delta l_{OD}, \\
 \sin \alpha_1 &= \frac{h - y}{\sqrt{(l_2 - x)^2 + (h - y)^2}}, \quad \cos \alpha_1 = \frac{l_2 - x}{\sqrt{(l_2 - x)^2 + (h - y)^2}}, \\
 \sin \alpha_2 &= \frac{h + y}{\sqrt{(l_2 - x)^2 + (h + y)^2}}, \quad \cos \alpha_2 = \frac{l_2 - x}{\sqrt{(l_2 - x)^2 + (h + y)^2}}, \\
 \sin \alpha_3 &= \frac{y}{\sqrt{(l_3 + x)^2 + y^2}}, \quad \cos \alpha_3 = \frac{l_3 + x}{\sqrt{(l_3 + x)^2 + y^2}}, \\
 -P_1 \cos \alpha_1 - P_2 \cos \alpha_2 + P_T \cos \alpha_3 &= 0, \\
 P_1 \sin \alpha_1 - P_2 \sin \alpha_2 - P_T \sin \alpha_3 &= 0,
 \end{aligned} \tag{4}$$

де l_1, l_2, l_3, h – винос, глибина зіву, довжина тканини, висота зіву;

x, y – координати переміщення опушки при зівоутворюванні;

P_1, P_2, P_T – натяг верхньої, нижньої гілок зіву, натяг тканини;

C_O, C_T – коефіцієнти жорсткості основи пробраної в одну ремізну рамку і тканини.

Останні два рівняння системи (4) є трансцендентними. Для їх вирішення необхідно використовувати чисельні методи. При розрахунках для п'ятишарових тканин приймали $l_1=350$ мм; $l_2=300$ мм; $l_3=190$ мм; $h=60$ мм; $n_1 + n_2=8$; $C_O=0,05$ Н/мм; $C_T=150$ Н/мм. Число ниток основи в заправці дорівнювала 2992. Число основних ниток пробраних в одну ремізну рамку дорівнювало 374. Розрахунки проводилися для наступних співвідношень n_2/n_1 : 7/1, 6/2, 5/3, 4/4. При розрахунках для півторашарової тканини приймали $l_1=400$ мм; $l_2=300$ мм; $l_3=310$ мм; $h=45$ мм; $n_1 + n_2=10$; $C_O=0,05$ Н/мм; $C_T=190$ Н/мм. Число ниток основи в заправці дорівнювала 3780. Число основних ниток пробраних в одну ремізну рамку дорівнювало 378. Розрахунки проводилися для наступних співвідношень n_2/n_1 : 9/1, 8/2, 7/3, 6/4, 5/5. Для вирішення системи трансцендентних рівнянь був обраний модифікований метод Ньютона. Для його реалізації було розроблено програмне забезпечення. Це дозволило визначити дискретні значення координат x і y які потім апроксимувалися. Для апроксимації був обраний метод найменших квадратів з можливістю автоматичного обрання ступеня полінома. В результаті апроксимації для п'ятишарової тканини, з рапортом переплетення по утку 18, були отримані наступні залежності

$$\begin{aligned}
 x &= -0,14 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^4 + 1,5 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 - 5,3 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 + 8,5 \left(\frac{n_2}{n_1} \right), \\
 y &= -0,9 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^4 + 8,7 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 - 28,9 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 + 33,9 \left(\frac{n_2}{n_1} \right).
 \end{aligned} \tag{5}$$

Для півторашарової технічної тканини були отримані такі залежності

$$\begin{aligned}
 x &= -0,03 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^4 + 0,4 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 - 1,8 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 + 3,6 \left(\frac{n_2}{n_1} \right) + 0,01, \\
 y &= -0,4 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^4 + 4,8 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 - 19,2 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 + 26,8 \left(\frac{n_2}{n_1} \right) + 0,08.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Вирішуючи спільно рівняння (3), (5)÷(6) були отримані номограми зміни кута прибою при формуванні багат шарових тканин, які наведені на рис. 3. При розрахунках приймали $FB = 770$ мм для

ткацького верстата АТТ-120-5М та $FB = 180$ мм для ткацького верстата СТБ-2-175. На рис. 3а наведені значення кута прибою для п'ятишарової тканини з рапортом переплетення по утоку 18, на рис. 3б – для п'ятишарової тканини з рапортом переплетення по утоку 24, на рис. 3в – для півторашарової технічної тканини.

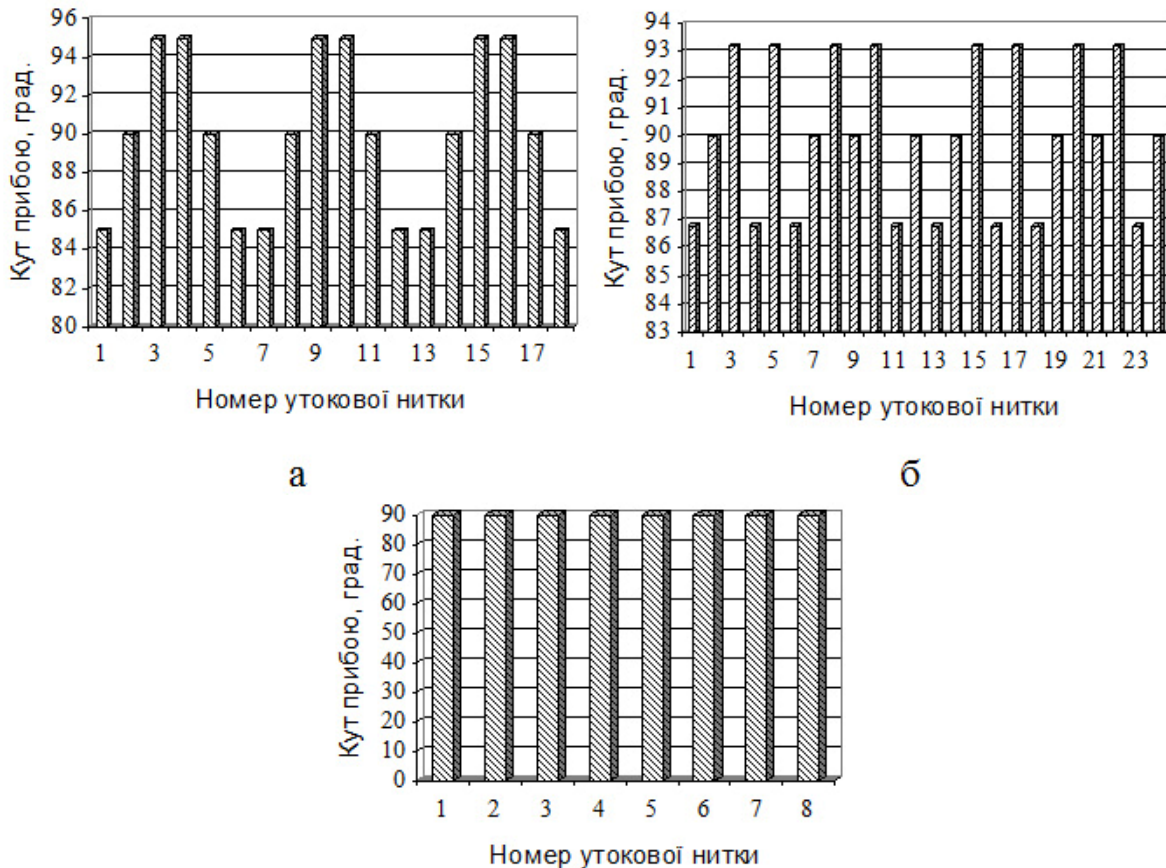


Рис. 3.

Висновки.

1. Розроблена математична модель для визначення кута прибою при формуванні багатошарових тканин.

2. Отримані результати дозволили встановити, що для п'ятишарової тканини з рапортом переплетення по утоку 18 кут прибою змінюється в межах від 85° до 95° , для п'ятишарової тканини з рапортом переплетення по утоку 24 кут прибою змінюється в межах від $86,8^{\circ}$ до $93,2^{\circ}$, для півторашарової технічної тканини кут прибою практично не змінюється і становить 90° .

3. Такі зміни кута прибою при формуванні багатошарових технічних тканин негативно впливають на сам процес прибою утокової нитки, призводять до пошкодження сировини, обривів, а це в свою чергу приводить для погіршення якості готової продукції та збільшенню часу простою технологічного обладнання.

Література

1. Технологія ткачества / Розанов Ф.М., Власов П.В., Павлова М.И. и др. – М.: Легкая индустрия, 1967. – 341 с.
2. Власов П.В. Нормализация процесса ткачества. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.

Надійшла 15.11.2009 р.

МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТОП ЮНАКІВ ТА ДІВЧАТ 15-16 РОКІВ ПІВНІЧНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

За даними проведених антропометричних досліджень біля 400 стоп дітей-старшокласників Північного регіону України встановлено основні морфологічні особливості їхніх стоп, які потрібно враховувати при проектуванні відповідних колодок та взуття.

According to the anthropometrical studies around 400 feet of senior high school student an north of Ukraine the basic morphological features of their feet should be take at account in footwear designing have been defined.

Ключові слова: антропометричні дослідження, морфологічні особливості.

Вступ. Постановка проблеми.

В умовах ринкової економіки проблема якості стає найактуальнішою проблемою промислового виробництва взуття. Престиж якості засвідчується і світовим досвідом розвитку легкої промисловості. При зміні панівної в світі моди стильового образу в підлітковому взутті відбувається перебудова форми за рахунок зміни її пропорційних співвідношень, при цьому антропометричні параметри стоп юнаків та дівчат не завжди відповідатимуть цим змінам, тому при розробці дитячого взуття найбільш вагомим компонентом гармонізації форми буде її пропорційність. Поки взуття виготовляли для індивідуального споживача, проблема відповідності форми виробу і стопи не існувала. Але в умовах масового виробництва, коли вироби виготовляють для невідомого споживача, ця проблема стала дуже гострою.

Щоб досягти бажаного результату виробники давно зрозуміли, що без спеціальних досліджень стоп неможливо виробляти взуття, яке задовольняло б потреби споживача. Зокрема, особливу увагу слід приділяти стопам підлітків. Тим більше, що як відомо, останні масові антропометричні дослідження стоп дітей віком 15-16 років проводились в 80-і рр. минулого століття, хоча за існуючими в антропометрії правилами це потрібно робити через кожні 10-12 років.

В зв'язку з різними факторами впливу, особливо в підлітковому віці, відбувається змінення розмірів стоп. Поки ж взуття для старших школярів за існуючими стандартами залишається ще дитячим за розмірами, і ця група споживачів повинна купувати взуття для дорослих, яке не відповідає необхідним вимогам: випускається на каблуках або платформах, має нераціональну форму колодки і часто свій дизайн. Особливо велике значення має створення раціонального взуття для ще несформованих стоп дітей. Для цього виконуються антропометричні дослідження, результатом яких є проектування внутрішньої форми взуття.

Для проектування дитячого взуття з високим ступенем статичної й динамічної відповідності необхідно мати знання про форму стопи, пропорції, особливості будови дитячої стопи різних вікових груп, характеру виконуваних ними рухів.

Одним з основних вікових змін, які відбуваються з дітьми, є ростові та пропорційні зміни тіла. Дослідниками встановлено трьохфазний характер зміни довжини тіла [1]. На першій фазі від народження до трьох років відбувається значне уповільнення швидкості росту, на другій фазі від 3 до 9 років швидкість росту майже стабільна, а на третій стадії відбувається спочатку різке збільшення швидкості росту, а потім різке його падіння.

Пропорції дітей розглядаються в співвідношенні довжин різних частин тіла, вихідною величиною прийнято вважати висоту голови. На стадії внутрішньочеревного розвитку проходить переважно ріст частин тіла, що розміщені ближче до голови, і, перш за все, росте сама голова. Протилежна тенденція спостерігається після народження: чим далі по відношенню до голови знаходиться сегмент тіла, тим швидше він росте і тим вища швидкість його росту. До періоду статевого дозрівання загальне збільшення довжини тіла дітей відбувається, в основному, за рахунок росту ніг, після нього – переважно за рахунок збільшення довжини тулуба (тобто до періоду статевого дозрівання інтенсивно відбувається ріст тіла у висоту, а окремих органів – в довжину).

З моменту народження дитина несе в собі інформацію, яка є основою його розвитку, і визначає основні характеристики зовнішнього вигляду майбутньої дорослої людини. Всі фізіологічні функції в організмі, так чи інакше, пов'язані з розмірами тіла, процесами росту органів і тканин. Ріст кісток в довжину регулюється внутрішніми факторами, а також умовами життя. Внутрішні фактори детермінують періодизацію процесу росту і його інтенсивність, а умови життя визначають форму реалізації цієї програми. Кінцеві розміри скелету дорослої людини є результатом взаємодії внутрішніх (генетичних) і зовнішніх (соціальне середовище) факторів протягом усього періоду росту [1].

Важливою характеристикою фізичного розвитку дитини є його темп. Прискорення або уповільнення розвитку називається відповідно акселерацією і ретардацією [2]. За останні 30 років в літературі широко обговорювалися процеси акселерації, які спостерігаються в різних країнах світу [3]. Ознаки акселерації відзначені у всіх вікових періодах, про що свідчать роботи О.М. Хрисанфовой, Б.А. Нікітюка, К. А. Башкирова, В.В. Костильовой, В.П. Коновала й інших авторів [3]. Вчені звернули увагу на те, що динаміка в акселерації від десятиліття до десятиліття в рості дітей та збільшення довжини стопи

здійснюються не стабільно, проте повне дозрівання настає у них в більш ранньому віці. При цьому основними причинами акселерації називають [1]: загальні темпи прискорення життя, поліпшення матеріальних умов, підвищення якості харчування й медичного обслуговування, догляд за дітьми в ранньому віці, лікування багатьох важких дитячих хвороб, вплив радіації тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження

Кафедрою КТВШ були проведені антропометричні дослідження стоп дітей-старшокласників (юнаків та дівчат) північного регіону України. Обміри стоп дітей-старшокласників проводилися в м. Чернігові та Кролевець за контактною методикою та стандартною програмою. З кожної обміряної стопи визначалося біля 100 параметрів (довжинних, широтних на стопомірі і за плантограмою, висотних та обхватних). Всього було обміряно біля 200 стоп юнаків та біля 200 стоп дівчат. Обробка отриманих даних проводилася статистично-математичним методом з використанням ПК (програм Excel, «Anthro-foot»). По кожному розмірному параметру визначались: середнє арифметичне значення M_x , середнє квадратичне відхилення σ_x , статистична помилка середніх m_x , асиметрія A , ексцес E , коефіцієнт варіації v та ін.

Крім того, була проведена графоаналітична обробка даних, у результаті чого були отримані контури основних перетинів УСТС (умовна середньо-типова стопа) юнаків та дівчат.

Для проведення обробки стоп графічним методом був здійснений відбір типових плантограм стоп без патологічних відхилень за трьома основними розмірними ознаками: середньою довжиною стопи, шириною та обхватом в пучках.

Відбиралися плантограми, у яких відхилення цих розмірів від їх середніх значень не перевищує $\pm 0,5\lambda$ (де λ – інтервал байдужості). Відібрані плантограми оброблялися за звичайною методикою. На розкреслених плантограмах вимірялися відрізки від осі до контуру, відбитку і горизонтальної проєкції стоп, положення п'яtkового та носкового відділів та ін. Результати вимірів статистично оброблялися на ПЕОМ, після чого були отримані узагальнені плантограми умовних середньо-типових стоп (УСТС) юнаків та дівчат.

На основі середніх розмірних ознак типових стоп юнаків та дівчат за висотою і довжиною, отриманих при антропометричних дослідженнях, викреслювалися контури поздовжньо-вертикальних перетинів відповідних УСТС. На рис. 1, як приклад, наведено контур УСТС юнаків 15-16 років північного регіону України.

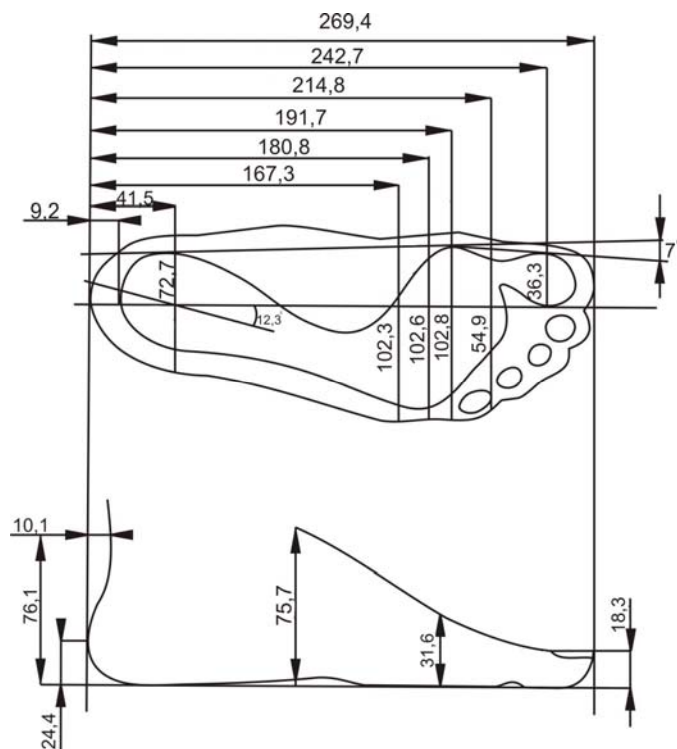


Рис. 1. УСТС юнаків 15-16 років

У ході проведення антропометричних досліджень стоп були виявлені також деякі морфологічні особливості стоп юнаків та дівчат північного регіону (рис. 2) в порівнянні з центральним, а саме:

- нормальний стан поздовжнього склепіння мають 34 % та 59 % (що на 16 % менше, ніж у юнаків Центрального регіону та на 5,3 % більше, ніж у дівчат цього ж регіону), приблизно 31 % стоп юнаків мають поздовжню плоскостопість та 25,8 % стоп дівчат (що відповідно на 19 % і 20,5 % менше від центрального регіону), 6,9 % досліджуваних стоп юнаків і 15,2 % стоп дівчат мали еквінусні стопи (так звані «полі»).

Наведені вище дані можна пояснити тим, що у даному регіоні юнаки частіше віддають перевагу модельному взуттю, а ніж кросівкам (як це спостерігалось в центральному регіоні), а дівчата пізніше починають використовувати взуття на високому каблуці (особливо, в сільській місцевості);

- поперечна плоскостопість у Північному регіоні зустрічається на 8 % рідше, а ніж у центральному у юнаків та на 2 % у дівчат;

- гіпертрофія м'язів п'ятого пальця (на 18,9 % більше у юнаків та на 2,5 % у дівчат у північному регіоні) та гіпертрофія м'язів першого та другого пальців на – 4,9 % у дівчат;

Спостерігалось збільшення у дітей Північного регіону деформації Hallux Valgus – у юнаків 24,7 % та дівчат 47,7 % (що відповідно на 9,5 % і 17,5 % більше від Центрального регіону), гіпертрофії головок першої плеснової кістки – у юнаків 42,3 % (що на 15,4 % більше), у дівчат – 62,5 % (на 15,3 % більше) та головок п'ятої плеснової кістки – 53,4 % у юнаків (що на 41,6 % більше) та 53,4 % у дівчат (що на 38,6 % більше). Ці зміни у морфологічній будові стоп-старшокласників необхідно враховувати в параметрах та формі взуттєвих колодок.

Виявлені вище дані найбільш вірогідно свідчать про використання юнаками та дівчатами півночі нерационального взуття, найчастіше вузького та на каблуках вище середнього.

Крім того, до особливостей морфології стоп дівчат та юнаків слід віднести наявність в них відхилень від норм в положенні п'яткової та носково-пучкової частин. Зокрема, 70,9 % досліджених стоп юнаків мають приведенне положення носково-пучкової (у дівчат – 57,6 %); а 88,4 % у юнаків – відведене положення п'яткової частини (87,1 % – у дівчат). Поєднання цих двох деформацій (приблизно 75 % досліджених) призводить до так званого "скручування" стоп більше встановлених норм, що обов'язково потрібно відтворювати в колодці і взутті для дітей-старшокласників цього регіону України.

Дуже часто спостерігається різноманітне поєднання деформацій, наприклад: відведення п'ятки з приведенням переднього відділу – 2,2 %; гіпертрофія головки I-ї, V-ї плесневих кісток.

Відомо, що стопа – дистальна ділянка нижніх кінцівок, анатомічно й функціонально складний і надзвичайно важливий орган опори й пересування. Велика кількість кісток і суглобів, з яких складається стопа, дозволяють виконувати їй також ресорну й балансувальну функцію. Розлад її функції як без зміни, так і зі зміною будови і форм, викликає реактивні зміни у всьому опорно-руховому апараті, статиці й кінематиці людини, що призводить до зниження працездатності.





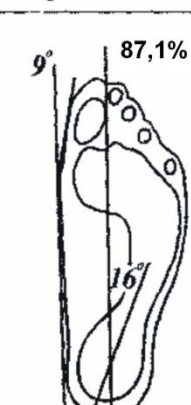



Поперечна плоскостопість	Гіпертрофія головок першої плесневої кістки	Гіпертрофія головок п'ятої плесневої кістки	Hallux valgus
 <p>4° 97,0%</p>	 <p>22° 62,5%</p>	 <p>3° 53,4%</p>	 <p>16° 47,7%</p>
Латеральний розворот п'яткового відділу	Гіпертрофія м'язів першого пальця	Поєднання гіпертрофії м'язів першого та п'ятого пальців	Поєднання гіпертрофії м'язів та головок
 <p>9° 87,1%</p> <p>16°</p>	 <p>5° 39,1%</p>	 <p>9° 46,9%</p>	 <p>13° 77,6%</p>

Рис. 2. Характерні особливості морфології стоп дівчат

Раніше наші предки займалися саморефлексотерапією – просто ходили босоніж. Користуючись взуттям, людина позбавила себе цього великого способу саморегулювання здоров'я. І як наслідок вже серед школярів кількість здорових дітей скорочується в 4-5 разів, до 70 % збільшується відсоток хронічних захворювань, як вже вказувалося раніше, деякі діти мають одночасно по 2-3 патології. Найчастіше серед школярів зустрічаються порушення функцій опорно-рухового апарату, запалення верхніх дихальних шляхів, підвищений або знижений артеріальний тиск тощо [5].

Крім того, результатом використання неякісного взуття є поява мозолів, скривлення пальців, плоскостопість, порушення нормального кровообігу та ін.

Використання дітьми, стопа яких ще остаточно не сформована, нераціонального взуття (особливо на високому каблуці) призводить до погіршення постави, скривлення пальцевого відділу, перевантаженню підколінних сухожилів. Відомо, що не менш як у 80 % населення [6] дисфункції опорно-рухового апарату побічно, або безпосередньо, пов'язані з деформаціями стоп.

Оскільки стопа є як би «фундаментом» тіла людини, то порушення «фундаменту» обов'язково призводять до перекосу всієї конструкції. Так при плоскостопості порушується опорна функція нижніх кінцівок, погіршується їх кровопостачання, з'являється біль, а іноді судоми під склепінням і в гомілці. Змінюється положення тазу і як наслідок – порушення постави (тобто відхилення в положенні хребта). При цьому починає неправильно функціонувати м'язовий апарат, дитина погано переносить фізичні навантаження, швидко втомлюється і може відчувати біль у спині.

Як наслідок, захворювання хребта можуть виникати різноманітні ускладнення в роботі внутрішніх органів, функціонування яких безпосередньо пов'язане зі спинним мозком і нервами, що виходять через міжхребцеві отвори. Під час навіть незначних звужень міжхребцевих отворів (при сколіозі та кіфозі) може порушуватися живлення нервових клітин різних органів, що супроводжується різними захворюваннями (мігрень, бронхіальна астма, виразки шлунку, недостатність гормонального апарату, цукровий діабет та ін.).

Ще однією проблемою підліткового віку є прагнення до дорослого життя: дитина починає «приміряти» на себе та використовувати дорослий одяг та взуття. Але ж дитяча стопа за своїми анатомо-фізіологічними особливостями, параметрами та формою дуже відрізняється від стопи дорослих.

Таким чином, дивлячись на те, що взуття є важливим аспектом, який впливає на формоутворення, розвиток і нормальне функціонування організму (особливо, в підлітковому віці) питання проектування та виготовлення раціонального взуття для дітей та підлітків є дуже актуальним. Тому перед сучасними модельєрами та конструкторами постає одна з найважливіших задач: зробити все можливе, щоб взуття не заважало, а допомагало розкрити цілісний механізм, закладений в людському організмі.

Висновки

1. Проектування раціонального взуття (особливо, для дітей-старшокласників, стопа яких є ще не остаточно сформованою) є дуже важливим питанням, що пов'язано з загальним здоров'ям людини. Тому тема даної роботи, яка присвячена дослідженню морфологічних особливостей стоп старшокласників північного регіону України (які являють собою інформативну базу для проектування відповідних взуттєвих колодок) є актуальною.

2. Кафедрою КТВШ КНУТД були проведені за стандартною методикою та типовою програмою антропометричні дослідження біля 400 стоп дітей-старшокласників в різних навчальних закладах міст Чернігові та Кролевеця.

3. В результаті обробки даних антропометричних досліджень графічним методом були отримані контури основних перетинів УСТС юнаків та дівчат 15-16 років північного регіону України.

4. Проведено порівняльний аналіз контурів основних перетинів УСТС юнаків та дівчат 15-16 років центрального та північного регіонів, який виявив деякі відмінності відповідних параметрів стоп, які вказують на неможливість використання одних й тих самих колодок для виготовлення взуття для дітей північного і центрального регіонів України.

5. Проведено аналіз морфологічних особливостей стоп юнаків та дівчат цих регіонів України, який також підтвердив вище вказаний висновок.

6. Дані, що отримані в роботі, необхідно враховувати при проектуванні колодок та взуття для дітей-старшокласників Північного регіону України.

Література

1. Дітковська О.А., Кудрявцева Н.В. Передумови вивчення антропоскопічної характеристики дитячих фігур // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 3. – С. 176-179.

2. Никитюк Б.А., Мусагалиева Г.М., Савченко К.А. Акселерация развития детей и ее последствия. – Алма-Ата: Казахстан, 1990.

3. Коновал В.П. Теоретические и практические основы создания и фиксации формы обуви: Дис. ...д-ра техн. наук: 05.19.06. – К., 1994.

4. Кернеш В., Резнік Н., Первая Н., Чертенко Л., Омельченко Н., Коновал В. Антропометричні дослідження ступнів дітей України з метою проектування раціональних колодок та взуття // PRZEMYSŁ LEKKI NA PRZEŁOMIE TYŚIĄCLECI. – Radom. – 2001. – № 20. – P.282-285.

5. Вельховер Е.С., Кушнир Г.В. Эстерорецепторы кожи. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 125с.

6. Омельченко Н.М., Кернеш В.П., Коновал В.П. Взуття та здоров'я людини // Легка промисловість. – 2009. – № 2. – С. 38-39.

Надійшла 11.11.2009 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНЮВАННЯ ПРОЕКЦІЙНИХ ВИМІРІВ ТУЛУБА ЖІНОЧИХ ФІГУР

Розроблено параметричну базу даних коефіцієнтів проекційних розмірів тулуба типових жіночих фігур і встановлено діапазони довірчих інтервалів змінювання їхніх міжрозмірних та міжповнотних приростів. Розроблено математичні моделі, що які дозволяють розрахувати величини цих коефіцієнтів в межах розмірних та повнотних рядів.

The self-reactance base of these coefficients of projection sizes of trunk of typical womanish figures is developed and the ranges of confidence intervals are set treasons their intersize and interfullness increases. Mathematical models are developed, that which allow to expect the sizes of these coefficients within the limits of size and fullness rows.

Ключові слова: типова фігура; гармонійна фігура; проекційні розміри; коефіцієнт; фронтальна проекція; профільна проекція; розмірний ряд; повнотний ряд.

Постановка проблеми

Проектування жіночого плечового одягу перш за все пов'язане із заданням його силуетної форми, що обумовлена формою тулуба. Остання залежить від розвитку грудного, талієвого та тазового антропоморфних поясів і характеризується формою певних анатомічних відділів: грудної клітки, черева і тазу. Ступінь розвитку морфологічних ознак, що характеризують вище згадані анатомічні відділи (ширина грудей, талії та стегон), може бути недостатньою, нормальною та надмірною [1]. В результаті комбінації різних варіантів морфологічних ознак формуються різні форми тулуба як на вигляді в фас, так і на вигляді в профіль, що потребують відповідних підходів до конструкції одягу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

З аналізу досліджень [2, 3, 4] виявлено, що при створенні параметричної бази даних морфологічних ознак тулуба, різними авторами використовуються різні співвідношення однієї і тієї ж групи показників: поперечних та передньо-задніх діаметрів грудей, талії та стегон між собою або з величиною зросту, а також тотальних розмірів тіла – обхвату грудей III із зростом. Відповідно ці системи параметрів значно відрізняються між собою і не дозволяють сформувати єдину базу даних. Крім того, не у всіх авторів сформовані рубрикації типів фігур або тулуба, а наведена лише параметрична характеристика різних ступенів розвитку морфологічних ознак, що формують тип тулуба на вигляді в фас та в профіль. Також авторами не враховані параметричні характеристики гармонізованих жіночих фігур [5].

Мета дослідження

Встановлення закономірностей змінювання коефіцієнтів проекційних розмірів тулуба типових жіночих фігур в розмірних та повнотних рядах.

Постановка завдання

Визначення довірчих інтервалів змінювання співвідношень проекційних розмірів типових фігур відносно гармонійних.

Виклад основного матеріалу

В попередніх дослідженнях [5] нами було розроблено параметричну базу даних гармонійно складених жіночих фігур зросту 152-176 см. Обчислення відхилень проекційних розмірів тулуба типових фігур від гармонійних дозволяє розробити базу довірчих інтервалів їх змінювання в розмірних та повнотних рядах.

Відносні відхилення габаритних параметрів тулуба типових фігур від гармонійних, обчислено за коефіцієнтом співвідношення їхніх проекційних розмірів:

$$k = \frac{T}{T_{\text{гарм}}}$$

де k – коефіцієнт проекційного розміру тулуба типової фігури, відмінної від гармонійної;

T – параметр розмірної ознаки типової фігури, см;

$T_{\text{гарм}}$ – параметр розмірної ознаки гармонійної фігури, см.

Із [6, 7] обрано 107 жіночих фігур зросту 164 см, з обхватом грудей третім 80-132 см і з обхватом стегон 84-136 см, як такі, що в сукупності мають найбільшу частоту зустрічності серед загалу типових.

На основі проекційних вимірів тулуба типових фігур проведено обчислення коефіцієнтів тулуба на рівні лінії грудей, талії та стегон. Відповідно, на фронтальній проекції вихідними обрано поперечні діаметри грудей (№ 98), талії (№ 55) та стегон (№ 56); на профільній – аналогічні передньо-задні діаметри грудей (№ 99), талії (№ 111) та стегон (№ 112). Параметри гармонійноскладеної жіночої фігури зросту 164 см, з якими порівнювалися розміри типових, наведені в таблиці 1.

Результати обчислень коефіцієнтів проекційних параметрів тулуба (табл. 2) сукупності жіночих фігур зросту 164 см визначено для повнотних рядів сформованих в [5]. Параметри відхилень представлені у вигляді трьох коефіцієнтів, перший з яких характеризує відхилення тулуба на лінії грудей, другий – на лінії талії, третій – на лінії стегон.

Параметрична характеристика проєкційних розмірів тулуба гармонійно складеної жіночої фігури [5]

Розмірна ознака тулуба	Величина, см
поперечний діаметр грудей	29,6
поперечний діаметр талії	22,7
поперечний діаметр стегон	31,8
передньо-задній діаметр грудей	26,1
передньо-задній діаметр талії	16,2
передньо-задній діаметр стегон	22,7

Таблиця 2

Параметрична характеристика коефіцієнтів проєкційних розмірів тулуба типових жіночих фігур зросту 164см (фрагмент)

Повнотний ряд							
-1	0	1	2	3	4	5	6
Різниця між обхватом стегон та обхватом грудей III, см							
-4	0	4	8	12	16	20	24
вигляд в фас							
		80-84	80-88	80-92	80-96	80-100	
		0,87-0,92-0,94	0,88-0,94-0,96	0,88-0,96-0,99	0,88-0,97-1,02	0,88-1,009-1,04	
		84-88	84-92	84-96	84-100	84-104	84-108
		0,94-0,96-0,97	0,94-0,98-0,99	0,94-1,004-1,02	0,95-1,022-1,047	0,95-1,04-1,08	0,95-1,06-1,1
116-112	116-116	116-120	116-124	116-128	116-132	116-136	
1,42-1,32-1,15	1,42-1,34-1,15	1,42-1,35-1,2	1,42-1,36-1,23	1,42-1,38-1,26	1,42-1,38-1,29	1,42-1,39-1,31	
120-116	120-120	120-124	120-128	120-132			
1,48-1,38-1,18	1,48-1,39-1,2	1,48-1,41-1,23	1,48-1,42-1,26	1,48-1,43-1,129			
	124-124	124-128	124-132	124-136			
	1,57-1,46-1,23	1,57-1,47-1,26	1,57-1,48-1,29	1,57-1,49-1,32			

Примітка: 80-84 – розмір фігури (обхват грудей та обхват стегон)
0,87-0,92-0,94 – коефіцієнти тулуба (на лінії грудей, талії та стегон)

В програмному середовищі Microsoft Excel виконано розрахунки коефіцієнтів проєкційних розмірів тулуба в повнотному ряді від -1 до 7 повноти та в групі розмірів від 80 до 132. За результатами обчислень побудовані графіки залежності величин вище згаданих коефіцієнтів для розмірних ознак № 55, № 56, № 98, № 99, № 111, № 112 (рис. 1).

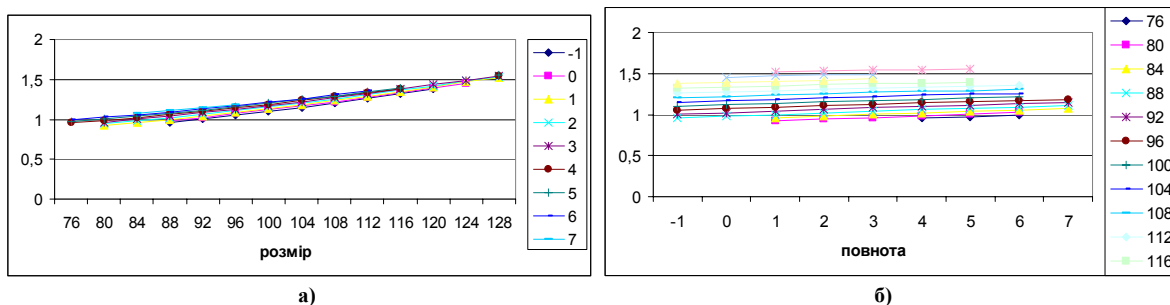


Рис. 1. Зміна значень коефіцієнтів поперечного діаметру талії № 55:
а – між розмірами в межах повнотного ряду; б – між повнотами в межах розмірного ряду

На їх основі з використанням методу найменших квадратів отримані математичні залежності зміни коефіцієнтів проєкційних розмірів тулуба (рис. 2) для всіх вище згаданих розмірних ознак. В результаті їх апроксимації отримано математичні моделі, що описують зміну коефіцієнтів в межах повнотних та розмірних рядів.

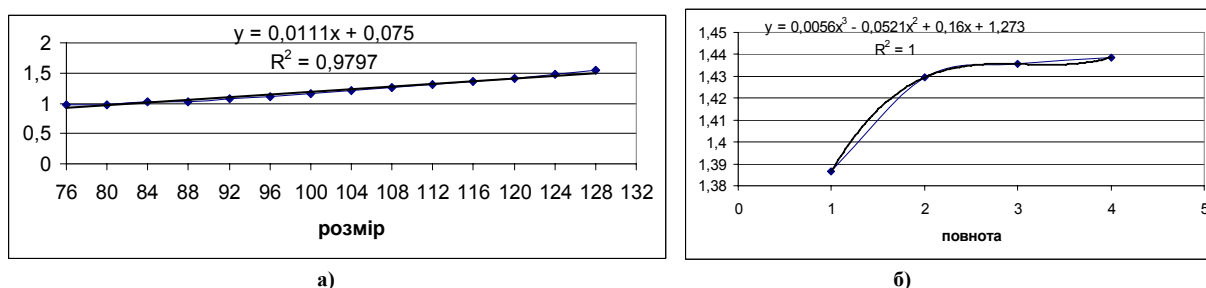


Рис. 2. Апроксимація математичних залежностей зміни коефіцієнтів поперечного діаметру талії № 55;
а – в межах розмірного ряду; б- в межах повнотного ряду

З аналізу графіків слідує, що для всіх розмірних ознак зміна значень коефіцієнтів в межах розмірного ряду та для -1, 0 повноти описується лінійними рівняннями, в межах повнотного ряду – поліноміальними рівняннями третього (для 1-4 повноти) та другого (для 5-7 повноти) ступеня (табл. 3). Рівень їх адекватності підтверджується високим ступенем достовірності апроксимації $R^2 = 0,977-1,0$ (табл. 3).

Таблиця 3

Математичні моделі залежностей зміни коефіцієнтів проєкційних розмірів тулуба типових жіночих фігур зросту 164 см

Розмірна ознака тулуба	Рівняння апроксимації			R ²
	в межах розмірного ряду			
Поперечний діаметр грудей T98	$y = 0,0156x - 0,368$			0,991
Поперечний діаметр талії T55	$y = 0,011x + 0,075$			0,984
Поперечний діаметр стегон T56	$y = 0,0059x + 0,54$			0,987
Передньо-задній діаметр грудей T99	$y = 0,0121x - 0,0622$			0,988
Передньо-задній діаметр талії T111	$y = 0,0193x - 0,611$			0,977
Передньо-задній діаметр стегон T112	$y = 0,0151x - 0,218$			0,986
	в межах повнотного ряду			
	- 1, 0 повнота (мала)	1-4 повнота (середня)	5-7 повнота (велика)	
Поперечний діаметр грудей T98	$y = 0,088x + 1,33$	$y = 0,0029^3 - 0,019x^2 + 0,044x + 1,24$	$y = -0,029x^2 + 0,308x + 0,31$	1,0
Поперечний діаметр талії T55	$y = 0,082x + 1,25$	$y = -0,0026x^3 + 0,016x^2 - 0,0129x + 1,226$	$y = -0,018x^2 + 0,186x + 0,69$	1,0
Поперечний діаметр стегон T56	$y = 0,053x + 1,12$	$y = -0,0024x^3 + 0,014x^2 + 0,0008x + 1,1$	$y = -0,006x^2 + 0,071x + 0,94$	1,0
Передньо-задній діаметр грудей T99	$y = 0,073x + 1,26$	$y = 0,0022x^3 - 0,0134x^2 + 0,0245x + 0,19$	$y = -0,019x^2 + 0,197x + 0,58$	1,0
Передньо-задній діаметр талії T111	$y = 0,178x + 1,47$	$y = 0,0056x^3 - 0,0521x^2 + 0,16x + 1,27$	$y = -0,018x^2 + 0,21x + 0,74$	1,0
Передньо-задній діаметр стегон T112	$y = 0,118x + 1,32$	$y = -0,0051x^3 + 0,0349x^2 - 0,0342x + 1,29$	$y = -0,0087x^2 + 0,118x + 0,94$	

За результатами обчислень коефіцієнтів проєкційних параметрів тулуба в програмному середовищі Microsoft Excel були обчислені величини їх міжрозмірних приростів в межах повнотного ряду (від -I до VII повноти) та міжповнотних приростів в межах розмірного ряду (від 80 до 132 розміру). На основі отриманих даних було встановлено діапазон довірчих інтервалів змінювання величин цих приростів для кожної вище розглянутої розмірної ознаки (табл. 4).

Таблиця 4

Параметри довірчих інтервалів змінювання коефіцієнтів проєкційних розмірів тулуба типових жіночих фігур зросту 164 см

Розмірна ознака тулуба	Довірчий інтервал	Розмірна ознака тулуба	Довірчий інтервал
1	2	3	4
міжрозмірний приріст		міжповнотний приріст	
Поперечний діаметр грудей T98	0,0705±0,0175	Поперечний діаметр грудей T98	0,022±0,013
Передньо-задній діаметр грудей T99	0,055±0,0175	Передньо-задній діаметр грудей T99	0,013±0,006
Поперечний діаметр талії T55	0,0525±0,0135	Поперечний діаметр талії T55	0,016±0,006
Поперечний діаметр стегон T56	0,0295±0,0015	Поперечний діаметр стегон T56	0,0265±0,0015
Передньо-задній діаметр талії T111	0,092±0,086	Передньо-задній діаметр талії T111	0,042±0,043
Передньо-задній діаметр стегон T112	0,0915±0,0475	Передньо-задній діаметр стегон T112	0,0475±0,0215

Значення міжрозмірних та міжповнотних приростів в межах 0-0,05 відповідає допустимому діапазону прийнятому в швейній промисловості $0-5\% \leq \chi^2_{\text{доп}} = 5\%$, тому їх слід приймати як такі, що характеризують зміну розмірів тулуба в межах допустимого порогу зорової байдужості. Відповідно фігури, міжрозмірна чи міжповнотна різниця яких не перевищує ці межі, вважаються подібними. При значенні приросту більшого за 0,051 – параметри тулуба вважають такими, що перевищують поріг зорової байдужості, а фігури, які вони характеризують, приймаються за зорово відмінні.

Висновки

В подальших дослідженнях доцільним є розбиття довірчих інтервалів міжрозмірних та міжповнотних приростів на такі, що характеризують групи малих, середніх та великих розмірів (повнот), і звідси визначення довірчих інтервалів коефіцієнтів, що характеризують недостатній, нормальний та надмірний розвиток анатомічних відділів тулуба. Створення на основі цих даних рубкації фронтальних та профільних типів тулуба жіночих фігур.

1. Шершнева Л.П. Конструирование женских легких платьев – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.
2. Лашина И.В., Коблякова Е.Б., Бахмутская Е.А. Рекомендации по модификации основных параметров конструкции верхней женской одежды в зависимости от типа телосложения фигуры // Швейная промышленность. – 1992. – № 4. – С. 32-34.
3. Шершнева Л.П., Пирязева Т.В. Проектирование одежды на нетиповые фигуры // Швейная промышленность. – 2002. – № 2. – С. 35-37.
4. Шершнева Л.П., Рогова А.П. Проектирование и производство женского платья – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 224с
5. Сиротенко О.П. Удосконалення методу гармонізації конструктивно-композиційних рішень жіночого легкого одягу: Дис... канд. техн. Наук: 05.19.04/ ХНУ – 2005. – 242 с.
6. ОСТ 17-497-83 Изделия швейные. Типовые фигуры женщин для проектирования корсетных изделий. – М.: Изд. Стандартов, 1983. – 110с.
7. ГОСТ 17522-72 Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. – Введ. 01.01.73; Измен. 19.12.86. – М.: Издательство госстандартов, 1988. – 91 с.

Надійшла 8.11.2009 р.

УДК 685.3

В.І. ЧУПРИНКА, О.О. ХОМЕНКО, Л.Т. СВИСТУНОВА
Київський національний університет технологій та дизайну

АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ РОЗКЛАДОК ЗА СХЕМАМИ З ПРЯМОКУТНИМ СУМІЩЕННЯМ ДЕТАЛЕЙ ТА ЗІ ЗСУВОМ РЯДІВ

В роботі сформульовані математична і технологічна постановки задачі автоматизованої підготовки схем розкрою рулонних матеріалів на деталі верху взуття при одношаровому розкрої на заданій довжині матеріалу і запропонована математична модель задачі. Запропоновані методи проектування розкладок з прямокутною схемою суміщення деталей та проектування розкладок зі зсувом рядів.

The mathematical and technological problem definition of the automated preparation of cutting out patterns preparations of roll materials into the footwear parts on single-layer and specified length are formulated. The mathematical model of the problem is offered. The methods of designing of marking with the rectangular scheme of combination of details and designing of marking with the offset of rows are offered.

Ключові слова: автоматизована підготовка, схеми розкрою, деталі верху взуття.

В сучасних умовах ринкової економіки склалась така ситуація, що великі фабрики з виробництва взуття мають менше шансів на успіх, ніж дрібні і середні підприємства. Ринок товарів і послуг вимагає від виробників застосування нових матеріалів, фасонів і технологій виробництва взуття. Якщо підприємство виробник взуття не в змозі швидко реагувати на запити і зміни ринку, то воно приречене на фінансові втрати. Модні тенденції достатньо сильно впливають на виробництво взуття, примушують виробника своєчасно міняти дизайн продукції та її асортимент. Тому більш життєстійкими підприємствами є ті, які можуть запропонувати ринку товар гарної якості і швидко змінювати систему виробництва взуття. При виробництві взуття процес розкрою матеріалів є одним з основних і сильно впливає на економічні показники підприємства. Тобто актуальною є проблема розробки системи автоматизованого розкрою матеріалу для малих підприємств взуттєвої промисловості.

Технологічну постановку задачі автоматизованої підготовки розкрійних схем рулонних матеріалів на деталі верху взуття при одношаровому розкрої на заданій довжині матеріалу можна сформулювати так: на рулонному матеріалі, заданому довжиною Lm і шириною Wm розмістити максимальну кількість комплектів деталей заданої моделі таким чином, щоб відсоток використання заповненої зони був максимальним і виконувались наступні технологічні вимоги:

- враховувати крайовий зазор $\delta \cdot t$, де $t=0$ при одношаровому розкрої;
- враховувати міжшаблонний місток Δ ;
- розміщувати деталі під кутами 0° та 180° ;
- досягати неперетину контурів деталей між собою;
- досягати неперетину контурів деталей з границями матеріалу;
- $Lm \leq L$, де L – довжина рулону при рулонній подачі або довжина розкрійного столу.

Загальну математичну постановку задачі можна сформулювати наступним чином: дана напівнескінченна смуга з шириною Wm . На цій смузі необхідно розмістити C комплектів багатокутників D_i ($i = 1, 2, \dots, m$) таким чином, щоб довжина зайнятої смуги L_p була найменшою і виконувались технологічні вимоги і обмеження.

Оскільки ця задача є багато екстремальною з нескінченною кількістю екстремумів, то знаходження глобального екстремуму є малоімовірним. Тому доводиться розглядати наступну спрощену математичну

модель задачі, в якій вважається, що розкрійна схема складається із секцій. Тоді математичну постановку задачі побудови розкрійної схеми при одношаровому розкрої можна сформулювати таким чином: нехай кожен j -й варіант секції характеризується наступними параметрами:

a'_{ij} – кількість деталей i -го різновиду, що містяться в j -му варіанті секції;

b_i – потреба в деталях i -го різновиду, $b_i = Q_i \cdot C$, де Q_i – кількістю i -ї деталі в комплекті;

k – допустиме відхилення від плану задачі;

V_j – корисна площа матеріалу в j -й секції;

x_j – невідома, вказує інтенсивність використання j -о варіанту секції.

Функція цілі задачі раціонального розкрою має наступний вигляд:

$$L = \sum_{j=1}^n V_j \cdot x_j \longrightarrow \max \quad (1)$$

При обмеженнях:

$$b_i - k \leq \sum_{j=1}^n a'_{ij} \cdot x_j \leq b_i + k, \quad i \in [1, m], \quad (2)$$

$$x_j, a'_{ij}, b_i \in N_o \quad j \in [1, n], \quad i \in [1, m] \quad (3)$$

тут i – номер виду деталі, $i = 1, 2, \dots, m$; m – кількість деталей у виробі; j – номер варіанта розкладки, $j = 1, 2, \dots, n$; n – кількість розкладок.

Цільова функція (1) відображає критерій оптимальності – максимізація корисної площі матеріалу. Кожне рівняння (2) відображає умову забезпечення заданої потреби в деталях. Запропонована модель задачі забезпечує можливість використання в настільки одного варіанту секції багаторазово. Це дозволяє скоротити множину варіантів секцій, включених в економіко-математичну модель. В результаті розв'язання задачі визначається цілочисельний набір варіантів секцій і на їх основі формується схема розкрою матеріалу.

Необхідно розв'язати наступні задачі:

1. Згенерувати множину допустимих варіантів секцій.

2. Із допустимої множини секцій обрати комбінації тих, які задовольняють комплектному виходу та забезпечують відсоток використання матеріалу не нижче заданого P_0 .

Множина допустимих секцій буде складатися з трьох видів секцій:

1) секції з однієї розкладки;

2) секції з двох розкладок різнойменних деталей;

3) секції з трьох розкладок різнойменних деталей.

Під розкладкою розуміється решітчасте розміщення однойменних деталей на матеріалі довжини $L_p \leq Lm$ і ширини $W_p \leq Wm$, яке не перевищує потребу в деталях даного виду і враховує наступні технологічні вимоги:

- відсоток використання матеріалу вище заданого;

- деталі в секції розміщені рядками по основі;

- деталі можуть бути повернуті в рядках або в стовпчиках на 180 залежно від конфігурації деталей;

- між деталями повинен бути міжмодельний місток;

- допускається зсув рядів між собою;

- максимальна кількість стовпчиків визначається з умови, щоб в секції кількість деталей не перевищила потребу в них.

Розв'язок першої задачі побудови множини допустимих секцій із розкладок 1-го, 2-х та 3-х видів описаний у роботі [1], а розв'язок другої – у роботі [2]. Тому дана робота присвячена опису способів проектування розкладок. В роботі запропоновано два способи:

- проектування розкладок з прямокутною схемою суміщення деталей;

- проектування розкладок зі зсувом продольних рядів.

Проектування розкладок з прямокутною схемою суміщення деталей

Спосіб суміщення деталей, що базується на визначенні лінійних ефектів від суміщення деталей у рядках та стовпчиках, описаний у [3], є незастосовним до деталей взуттєвої промисловості, що мають складну конфігурацію. Приклад помилок в роботі цього алгоритму, що призвели до перекриття деталей, наведено у роботі [4]. На основі результатів досліджень [3] розроблено вдосконалений алгоритм, що забезпечує коректну роботу з деталями будь-якої складної конфігурації та дозволяє досягати щільного розміщення однойменних деталей в розкладці за прямокутною системою їх суміщення.

Для опису алгоритму слід спочатку ввести наступні поняття: $Lh3_i$ – лінійний ефект від щільного суміщення рядків деталей i -го виду за шириною матеріалу в розкладці, $Lw3_i$ – лінійний ефект від щільного суміщення стовпчиків деталей i -го виду за довжиною матеріалу в розкладці. Перш ніж перейти до визначення лінійних ефектів $Lh3_i$ та $Lw3_i$ слід виконати підготовку вхідних даних.

Для представлення контурів деталей застосовано спосіб кусково-лінійної апроксимації. Тоді координати вершин апроксимуючого опукло-ввігнутого багатокутника для i -ї деталі будуть представлені масивом: $\{X_{ij}, Y_{ij}\}$, де $i = 1..n$, n – кількість деталей, $j = 1..k_i$ та k_i – кількість вершин апроксимуючого

багатокутника для i -ї деталі. Граничні значення координат вершин апроксимуючого опукло ввігнутого багатокутника визначаються із співвідношення:

$$\begin{aligned} X_{\max_i} &= \max\{X_{ij}\}, & N_{x\max_i} &= j, \\ Y_{\max_i} &= \max\{Y_{ij}\}, & N_{y\max_i} &= j, \\ X_{\min_i} &= \min\{X_{ij}\}, & N_{x\min_i} &= j, \\ Y_{\min_i} &= \min\{Y_{ij}\}, & N_{y\min_i} &= j, \end{aligned}$$

де $N_{x\max_i}, N_{x\min_i}, N_{y\max_i}, N_{y\min_i}$ – номери вершин з максимальними та мінімальними значеннями абсцис та ординат апроксимуючого багатокутника, де $i = 1..n, j = 1..k_i$.

Перетворення координат багатокутників виконуються за формулами (4) таким чином, щоб центр описаного навколо деталі прямокутника перемістився у початок координат $\{0,0\}$:

$$\begin{aligned} X_{ij} &= X_{ij} - \frac{1}{2}(X_{\max_i} + X_{\min_i}), \\ Y_{ij} &= Y_{ij} - \frac{1}{2}(Y_{\max_i} + Y_{\min_i}), \end{aligned} \quad (4)$$

де $i = 1..n, j = 1..k_i$.

Для коректної роботи алгоритму слід змінити напрям обходу деталей, номери вершин яких задовольняють нерівності (5) на обхід проти годинникової стрілки і переформувати масив координат вершин так, щоб першою була вершина з номером $N_{x\min_i} = 0$.

$$N_{y\max_i} \leq N_{x\max_i} \leq N_{y\min_i}. \quad (5)$$

Для зменшення кількості підрахунків та істотного заощадження часу при генерації схем розкряю для кожного виду деталі необхідно визначити верхній і нижній контури. Верхній контур деталі в основному положенні KVO_i складається з вершин, номери яких задовольняють нерівності (6), а номери вершин контуру поверненої деталі KVR_i задовольняють нерівності (7). Аналогічно, нижній контур деталі в основному положенні KNO_i складається з вершин, номери яких задовольняють нерівності (7), а номери вершин контуру поверненої деталі KNR_i задовольняють нерівності (6):

$$N_{x\max_i} \leq N_{x_{ij}}, \quad (6)$$

$$N_{x\min_i} \leq N_{x_{ij}} \leq N_{x\max_i} \quad (7)$$

Положення будь-якої деталі в розкрійній схемі можна однозначно задати за допомогою таких параметрів як код розміщеної деталі N_d , координати полюсу деталі (X^p, Y^p) (полюс – задана точка на деталі в системі координат, пов'язаної з матеріалом), ознаки повороту деталі P_r ($P_r=0$ відповідає основному положенню деталі, $P_r=1$ відповідає повороту деталі на 180°). Деталь з координатами полюсу (X_i^p, Y_i^p) , що задовольняють системі нерівностей (8) завжди буде знаходитись у межах матеріалу довжини Lm та ширини Wm .

$$\begin{cases} X_i^p \in [X_{\min_i}, Lm - X_{\max_i}] \\ Y_i^p \in [Y_{\min_i}, Wm - Y_{\max_i}] \end{cases}, \quad (8)$$

Алгоритм визначення лінійного ефекту $Lh3_i$ від суміщення рядів у розкладці містить наступні кроки:

1. Виконати щільне суміщення у рядку другої деталі до першої на величину $Lw1_i$ та третьої до другої на $Lw2_i$.

2. Знайти верхню границю трьох суміщених деталей шляхом об'єднання частин їх контурів $KVO_i(X_{KVO_{ij}}, Y_{KVO_{ij}})$, $KVR_i^z(X_{KVR_{ij}^z}, Y_{KVR_{ij}^z})$ та $KVO_i^z(X_{KVO_{ij}^z}, Y_{KVO_{ij}^z})$, де

$$X_{KVR_{ij}^z} = X_{KVR_{ij}} - Lw1_i + X_{\max_i} - X_{\min_i}$$

$$X_{KVO_{ij}^z} = X_{KVO_{ij}} - Lw1_i - Lw2_i + 2 \cdot (X_{\max_i} - X_{\min_i})$$

Об'єднана загальна верхня границя надалі вважається однією деталлю $GV_i = KVO_i \cup KVR_i^z \cup KVO_i^z$.

3. Зсунути три суміщені деталі уздовж осі OY на висоту $H_i = Y_{\max_i} - Y_{\min_i}$ деталі i .

4. Знайти нижню границю трьох суміщених деталей шляхом об'єднання частин їх контурів

$KNO_i(X_{KNO_{ij}}, Y_{KNO_{ij}})$, $KNR_i^z(X_{KNR_{ij}^z}, Y_{KNR_{ij}^z})$ та $KNO_i^z(X_{KNO_{ij}^z}, Y_{KNO_{ij}^z})$, де

$$X_{KNR_{ij}^z} = X_{KNR_{ij}} - Lw1_i + X \max_i - X \min_i$$

$$X_{KNO_{ij}^z} = X_{KNO_{ij}} - Lw1_i - Lw2_i + 2 \cdot (X \max_i - X \min_i)$$

Об'єднана загальна нижня границя надалі вважається однією деталлю $GN_i = KNO_i \cup KNR_i^z \cup KNO_i^z$.

5. Знайти лінійний ефект $Lh3_i$ від суміщення границь GN_i та GV_i . Для цього слід побудувати відрізки $l_v \parallel OY$ ($v = 1..kv$, де kv – кількість вершин GV_i) з кожної вершини GV_i до перетину з GN_i і прямі $m_n \parallel OY$ ($n = 1..kn$, де kn – кількість вершин GN_i) з кожної вершини GN_i до перетину з GV_i . Лінійний ефект $Lh3_i = \min(l_v, m_n)$.

Аналогічно наведеній процедурі визначається і лінійний ефект $Lw3_i$ від суміщення стовпчиків у розкладці, з тією лише відмінністю, що шукається відстань між лівою і правою границями трьох суміщених деталей у стовпчиках.

Алгоритм визначення щільного суміщення деталей у розкладці з прямокутною схемою їх розташування:

1. Відсортувати деталі по довжині за ознакою її зменшення. Якщо декілька деталей мають однакову довжину, першою ставиться та деталь, що має більшу площу. При створенні розкладки вкласти деталь найбільшої довжини в нижній лівий кут настилу.

2. Визначити два лінійні ефекти від суміщення деталей у рядку (з поворотом деталей на 180° і без) $Lw1_i$ та $Lw2_i$ та два лінійні ефекти від суміщення деталей у стовпчику (з поворотом деталей на 180° і без) $Lh1_i$ та $Lh2_i$. Визначення величин $Lw1_i$, $Lw2_i$, $Lh1_i$ та $Lh2_i$ наведено у [1].

3. Визначити положення 1-ї деталі в рядку основному чи з поворотом на 180° . Правильний вибір положення дозволить зменшити можливі крайові відходи матеріалу.

4. Визначити величини суміщення рядків та стовпчиків деталей залежно від умов 4.1-4.3:

4.1. Якщо $Lw1_i \neq 0$ і $Lw2_i \neq 0$ та $Lh2_i = 0$, тоді слід визначити $Lh3_i$ – лінійний ефект від суміщення рядків деталей ($Lh3_i$ може бути рівним $Lh1_i$ в частковому випадку). Отже, отримано два лінійні ефекти $Lw1_i$ і $Lw2_i$ від суміщення деталей у рядку та один $Lh3_i$ від суміщення рядків деталей.

В даному випадку має місце щільне суміщення деталей в рядках. Тоді визначення полюсів непарних деталей другого і наступних рядків виконується за формулами (9)

$$\begin{aligned} X_{s,2r-1}^P &= X_1^P + (2 \cdot W_i - Lw1_i - Lw2_i) \cdot (r-1), \\ Y_{s,2r-1}^P &= Y_1^P + (H_i - Lh3_i) \cdot (s-1), \\ \theta_{s,2r-1} &= 0^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks], \end{aligned} \quad (9)$$

а полюсів парних деталей за формулами (10):

$$\begin{aligned} X_{s,2r}^P &= W_i - X_1^P + (W_i - Lw1_i) \cdot r + (W_i - Lw2_i) \cdot (r-1), \\ Y_{s,2r}^P &= H_i - Y_1^P + (H_i - Lh3_i) \cdot (s-1), \\ \theta_{s,2r} &= 180^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks]. \end{aligned} \quad (10)$$

В даному випадку має місце щільне суміщення деталей у стовпчиках. Тоді визначення полюсів непарних деталей другого і наступних стовпчиків виконується за формулами (11)

4.2. Якщо $Lh1_i \neq 0$ і $Lh2_i \neq 0$ та $Lw2_i = 0$, тоді слід визначити $Lw3_i$ – лінійний ефект від суміщення стовпчиків деталей ($Lw3_i$ може бути рівним $Lw1_i$ в частковому випадку). Отже, отримано один лінійний ефект від суміщення стовпчиків деталей $Lw3_i$ та два лінійні ефекти від суміщення деталей у стовпчику $Lh1_i$ і $Lh2_i$.

$$\begin{aligned} X_{2s-1,r}^P &= X_1^P + (W_i - Lw3_i) \cdot (r-1) \\ Y_{2s-1,r}^P &= Y_1^P + (2 \cdot H_i - Lh1_i - Lh2_i) \cdot (s-1) \\ \theta_{2s-1,r} &= 0^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks] \end{aligned} \quad (11)$$

а полюсів парних деталей за формулами (12):

$$X_{2s,r}^P = W_i - X_1^P + (W_i - Lw3_i) \cdot (r-1)$$

$$Y_{2s,r}^p = H_i - Y_1^p + (H_i - Lh1_i) \cdot s + (H_i - Lh2_i) \cdot (s-1) \quad (12)$$

$$\theta_{2s,r} = 180^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks]$$

4.3. Якщо $Lw1_i \neq 0$ і $Lw2_i \neq 0$ та $Lh1_i \neq 0$ і $Lh2_i \neq 0$, тоді необхідно порівняти сумарні лінійні ефекти від суміщення деталей у рядку $SumLw_i = Lw1_i + Lw2_i$ та у стовпчику $SumLh_i = Lh1_i + Lh2_i$. Якщо $SumLw_i > SumLh_i$, тоді отримано результат, як у випадку 4.1, інакше – як у випадку 4.2.

Лінійні ефекти, отримані в пункті 4, дозволяють побудувати розкладку з рядків та стовпчиків щільно суміщених однойменних деталей будь якої складної конфігурації по прямокутній схемі суміщення деталей, коли продольні і поперечні ряди направлені уздовж країв матеріалу. Співвідношення (9)- (12) визначають положення будь-якої деталі в розкладці.

Проектування розкладок зі зсувом рядів

Для взуттєвих деталей складної конфігурації часто виявляється раціональним використовувати схему суміщення зі зсувом продольних рядів.

Для побудови розкладки, що має зсув рядів, необхідно визначити величину лінійного ефекту $Lh1_i^z$ від щільного суміщення зсунутого парного рядка з непарним та лінійного ефекту $Lh2_i^z$ від суміщення непарного рядка з парним по ширині матеріалу та величину зсуву Zs парних рядків однойменних деталей відносно непарних (рис 1).

Алгоритм пошуку лінійних ефектів від взаємного зсуву парних і непарних рядків розкладки

Нехай довжина і-ї деталі W_i , а ширина – H_i .

1. Визначення величини лінійного ефекту $Lh1_i^z$ від щільного суміщення по ширині матеріалу зсунутого парного рядка з непарним. Необхідно сумістити прямокутники, описані навколо нижньої границі парного рядка GN_i та верхньої границі непарного рядка GV_i . Далі ітераційно виконується переміщення границі GN_i на задану величину зсуву Vz уздовж осі OX (GNZ_i -границя отримана в результаті зсуву) і на кожній ітерації визначається лінійний ефект Lef від суміщення GNZ_i з GV_i по осі OY . Покрокове переміщення границі GN_i зупиняється на такій ітерації k , що $Vz \cdot k > W_i/2$. Тоді $Lh1_i^z = \max(Lef_k)$.

2. Визначення величини зсуву парних рядків відносно непарних за формулою $Zs_i = Vz \cdot k$.

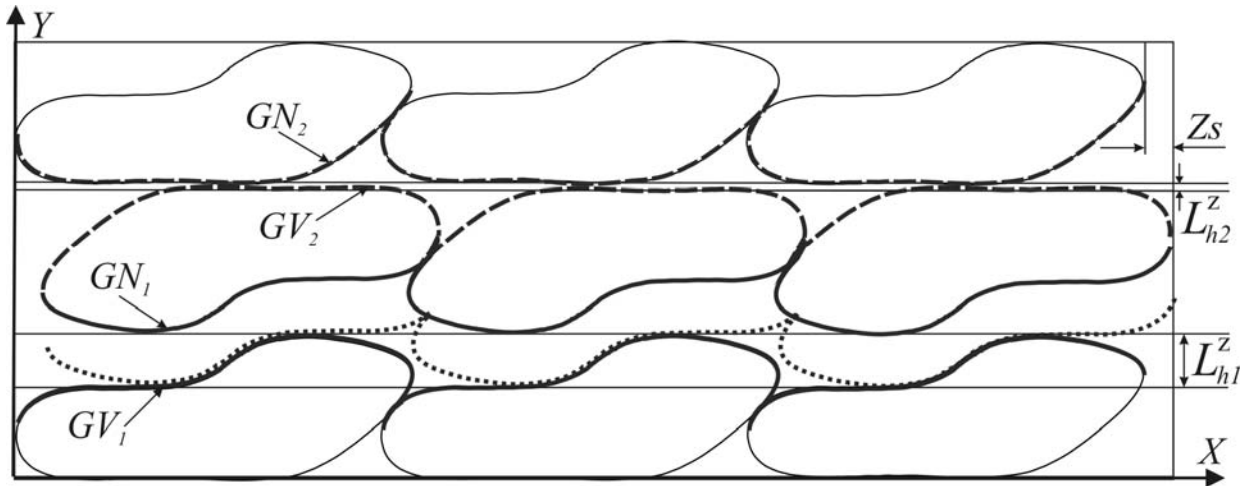


Рис. 1 Лінійні ефекти $Lh1_i^z$ та $Lh2_i^z$

3. Визначення величини лінійного ефекту $Lh2_i^z$ від щільного суміщення непарного рядка з парним. Необхідно зсунути верхню границю парного рядка деталей $GV2_i$ на величину Zs_i по відношенню до нижньої границі непарного рядка деталей $GN2_i$. Найкоротша відстань між ними є шуканий $Lh2_i^z$ (рис. 1).

Алгоритм визначення щільного суміщення деталей у розкладці зі зсувом рядів

Пункти 1-3 співпадають з пунктами 1-3 алгоритму проектування розкладок з прямокутною схемою суміщення деталей. Нижче наведено пункт 4, що містить відмінності.

4. Визначити величини суміщення рядків та стовпчиків деталей залежно від умов 4.1-4.3:

4.1. Якщо $Lw1_i \neq 0$ і $Lw2_i \neq 0$ та $Lh2_i = 0$, тоді в рядку деталі суміщаються на $Lw1_i$ і $Lw2_i$, парний рядок суміщається з непарним на величину $Lh1_i^z$, а непарний – з парним на $Lh2_i^z$. Отже, отримано лінійні ефекти $Lw1_i$ і $Lw2_i$ від суміщення деталей у рядку та $Lh1_i^z$ і $Lh2_i^z$ від суміщення

рядків деталей.

Визначення полюсів непарних деталей виконується за формулами (13)

$$\begin{aligned} X_{s,2r-1}^p &= X_1^p + (2 \cdot W_i - Lw1_i - Lw1_i) \cdot (r-1), \\ Y_{s,2r-1}^p &= Y_1^p + (2 \cdot H_i - Lh1_i^z - Lh2_i^z) \cdot (s-1), \\ \theta_{s,2r-1} &= 0^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks], \end{aligned} \quad (13)$$

а полюсів парних деталей за формулами (14):

$$\begin{aligned} X_{s,2r}^p &= W_i - X_1^p + (W_i - Lw1_i) \cdot r + (W_i - Lw2_i) \cdot (r-1) + Zs_i, \\ Y_{s,2r}^p &= H_i - Y_1^p + (H_i - Lh1_i^z) \cdot s + (H_i - Lh2_i^z) \cdot (s-1), \\ \theta_{s,2r} &= 180^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks]. \end{aligned} \quad (14)$$

4.2. Якщо $Lh1_i \neq 0$ і $Lh2_i \neq 0$ та $Lw2_i = 0$, тоді в рядку деталі суміщають на $Lw3_i$, парний рядок суміщається з непарним на величину $Lh1_i^z$, а непарний з парним на $Lh2_i^z$. Отже, отримано лінійний ефект від суміщення деталей у рядку $Lw3_i$ та лінійні ефекти від суміщення рядків деталей $Lh1_i^z$ і $Lh2_i^z$

Визначення полюсів непарних деталей виконується за формулами (15)

$$\begin{aligned} X_{2s-1,r}^p &= X_1^p + (W_i - Lw3_i) \cdot (r-1), \\ Y_{2s-1,r}^p &= Y_1^p + (2 \cdot H_i - Lh1_i^z - Lh2_i^z) \cdot (s-1), \\ \theta_{2s-1,r} &= 0^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks], \end{aligned} \quad (15)$$

а полюсів парних деталей за формулами (16):

$$\begin{aligned} X_{2s,r}^p &= W_i - X_1^p + (W_i - Lw3_i) \cdot (r-1) + Zs_i, \\ Y_{2s,r}^p &= H_i - Y_1^p + (H_i - Lh1_i^z) \cdot s + (H_i - Lh2_i^z) \cdot (s-1), \\ \theta_{2s,r} &= 180^\circ \quad r \in [1, kr], \quad s \in [1, ks]. \end{aligned} \quad (16)$$

4.3. Якщо $Lw1_i \neq 0$ і $Lw2_i \neq 0$ та $Lh1_i \neq 0$ і $Lh2_i \neq 0$, тоді необхідно порівняти сумарні лінійні ефекти від суміщення деталей у рядку $SumLw_i = Lw1_i + Lw2_i$ та у стовпчику $SumLh_i = Lh1_i + Lh2_i$. Якщо $SumLw_i > SumLh_i$, тоді отримано результат як у випадку 4.1, інакше – як у випадку 4.2.

Слід зазначити, що розкладка зі зсувом продольних рядів будується лише за умови, що $2 \cdot Lh3_i < SumLh_i^z$ для випадку 4.1 або $SumLh_i < SumLh_i^z$ для випадку 4.2., де $SumLh_i^z = Lh1_i^z + Lh2_i^z$.

В роботі сформульовані математична і технологічна постановки задачі автоматизованої підготовки схем розкрою рулонних матеріалів на деталі верху взуття при одношаровому розкрої на заданій довжині матеріалу. Запропонована математична модель задачі.

Наведено алгоритм проектування розкладок з прямокутною схемою суміщення деталей. Співвідношення (9)- (12) дозволяють визначити положення будь-якої деталі в розкладці, побудованій за цим алгоритмом. Також запропоновано алгоритм проектування розкладок зі зсувом продольних рядів. Для визначити положення будь-якої деталі в розкладці, побудованій за цим алгоритмом необхідно використовувати співвідношення (13)- (16). Наведені алгоритми реалізовані в програмний продукт.

Література

1. Чупринка В.І., Хоменко О.О., Шкоденко М.М. Програмні методи підготовки інформації для автоматизованого розкрою матеріалу прямокутної форми // Проблеми програмування. – 2008. – № 2-3. – С. 665-668.
2. Хоменко Е.А., Шкоденко М.М., Чупринка В.И. Построение раскройных схем с учетом комплектного выхода деталей // Междунар. Сб. науч. трудов Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008. – С. 139-141.
3. Чупринка В.І., Колиско О.З. Алгоритм підготовки інформації для побудови розкрійних схем рулонних матеріалів на деталі взуття та шкіргалантерейних виробів. – К.: Вісник КНУТД. – 2005. – № 2. – С. 60– 64.
4. Чупринка В.І., Хоменко О.О., Свістунова Л.Т. Алгоритм побудови щільного суміщення однойменних деталей взуття // Вісник КНУТД. 2009– № 1. – С. 41-46.

Надійшла 23.11.2009 р.

РОЗРОБКА КЛАСИФІКАЦІЇ ЧОЛОВІКІВ МОЛОДШОЇ ВІКОВОЇ ГРУПИ ЗА АНТРОПО-ПСИХОЛОГІЧНИМИ ОЗНАКАМИ

У статті в результаті аналізу конституційних типологій виявлено, що морфологічні ознаки тіла чоловіка мають певний взаємозв'язок із анатомічними та психологічними особистісними ознаками. Структуризацію зв'язків конституційних типологій будови тіла з типом особистості відображено у ієрархічній структурі морфологічних ознак соматотипу за описовою рубрикацією та відтворено у їх рівневій структуризації відповідно до того чи іншого психотипу. Визначено розмірні ряди типів будови тіла чоловіків відповідно до діючого державного стандарту.

The analysis of the constitutions typology's and determined some connections between morphological characteristics body of man's, anatomical and psychological personality sign is made in the article. Structurization of the connections of constitutions typology's structure body with of the type personality are reflected in the scale structural of morphological sing of somatic-type to description rubrication and be reflected in their a level of structurization in accordance with either of somatic-type. Sizes form of types structure body of man's in accordance with UA Standard currently in force is defined.

Ключові слова: Морфологічні ознаки, психотип, антропо-психологічні ознаки, рівнева структуризація, ієрархічна структура, описова рубрикація.

Постановка проблеми

Для організації масового виготовлення швейних виробів застосовують приведення різноманіття антропологічного складу населення до обмеженої кількості типів фігур, які мають визначену морфологічну характеристику [1]. Аналіз досліджень у галузях медицини, психології, антропології показує, що структуризація морфологічних ознак найчастіше представлена конституційними схемами, які відрізняються з позиції повноти відтворення опису фігури. Проте, в них відсутня інформація про узгодженість антропометричних і психологічних характеристик особистості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Термін „конституція” не має однозначного трактування і розглядається як морфологічна будова тіла людини, обумовлена спадковістю та дією факторів навколишнього середовища [2], або ж з позиції зв'язку між анатомічними та психологічними особливостями індивіда [3], що зумовило появу великої кількості підходів до визначення конституційної будови людського тіла.

На сьогоднішній день широко розповсюдженими для встановлення типу пропорцій тіла є конституційні схеми Г. Віола, Л. Манувріс, В.В. Бунака, для визначення постави фігур чоловіків – класифікації І.Я. Гриншпана, Л.П. Ніколаєва та О.Н. Аксьонової (найбільш уживані у галузі швейної промисловості), Н. Волянського, Р.П. Фіша, М.В. Черноруцького [3 – 5]. Існуючі конституційні схеми, в цілому, засновані на взаємозв'язку між формою тіла та функціями організму. Дозволяють досить точно і коректно, з методичної точки зору, описати неперервну змінюваність типів будови тіла у вигляді невеликої кількості уніфікованих дискретних типів, але не надають інформації про відповідні психологічні характеристики.

Для завдань проектування одягу значний інтерес представляє сомато-психологічний підхід, за яким конституція людини визначається як форма прояву її загальної психофізичної особистості. Тоді, за визначенням Ф. Бауера, з одного боку, конституція обумовлена генетичною формою реакції на вплив оточуючого середовища, з іншого – модифікацією цієї реакції у відповідності до впливу зовнішніх чинників [3, 5]. Однією з найбільш систематизованих, з точки зору опису індивідуальних психологічних особливостей особистості відповідно до її зовнішніх ознак, є типологічна схема, запропонована Еженом Ледо [6]. Для кожного типу він виділив властиві саме для нього потаємні здібності, інстинкти та емоції, які можуть бути явно виражені, або приховані, залежно від особливостей індивідуального розвитку особистості. Проте, відтворити тип фігури людини за такою схемою можна лише описово.

Найбільш інформативними, з огляду на поєднання морфологічних та психологічних аспектів, вважаються класифікації конституцій німецького психіатра Е. Кречмера та американського психолога У. Шелдона. Проте, особливості встановлення психотипу відповідно до типу поведінки, залишаються невідомими. Тому не можна впевнено поширювати дану класифікацію на весь контингент досліджуваних.

Таким чином, відсутня інформація щодо визначення взаємозв'язку між психотипом та розмірними характеристиками споживачів.

Постановка мети дослідження

Мета дослідження – встановити взаємозв'язок між морфологічними і психологічними характеристиками особистості для розробки класифікації чоловіків молодшої вікової групи за антропо-психологічними ознаками.

Виклад основного матеріалу

Вибіркове антропо-психологічне дослідження проведено серед чоловіків віком від 18 до 29 років. Цей контингент відповідає усім вимогам щодо представництва вікових, демографічних і територіальних

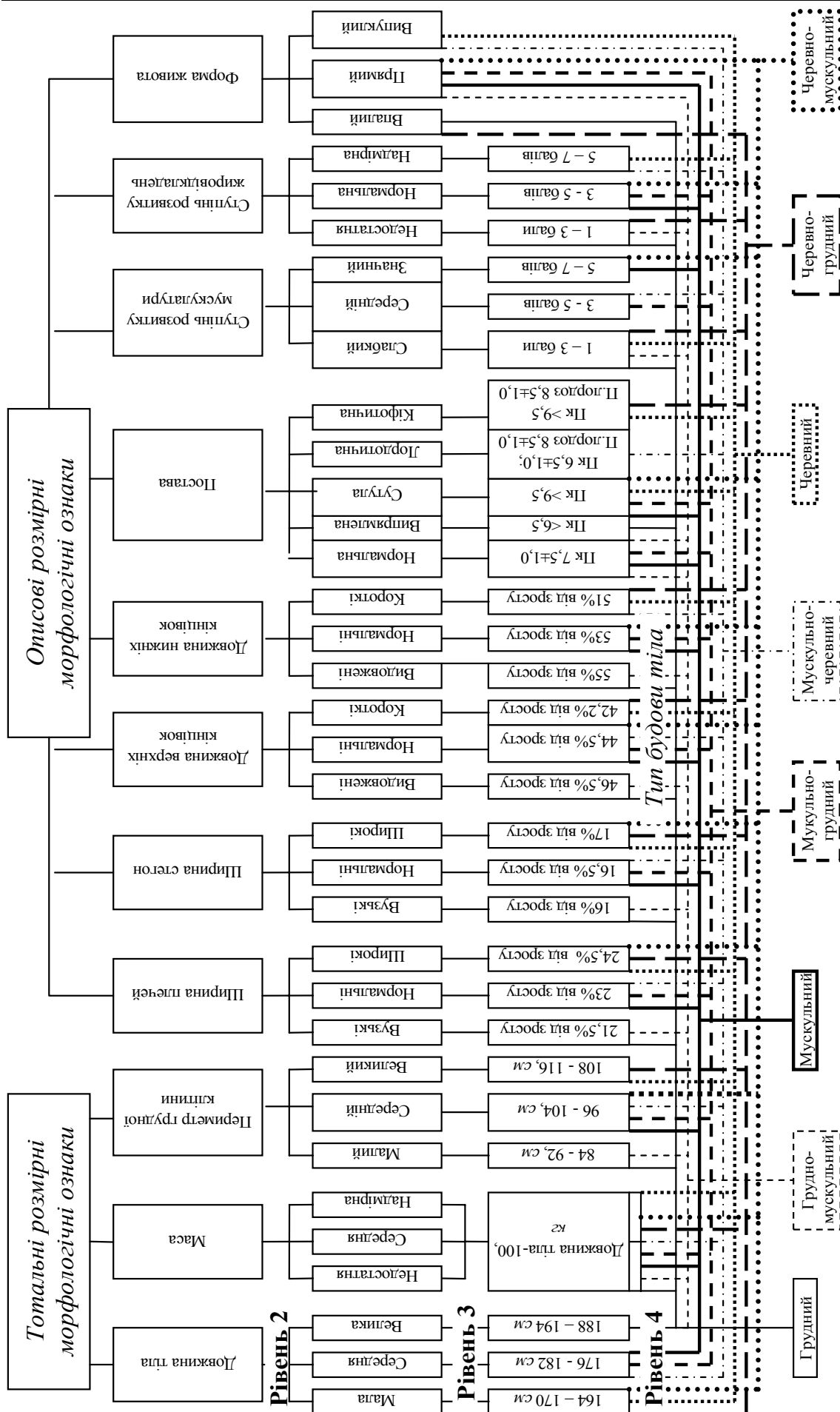


Рис. 1. Ієрархічна структура морфологічних ознак соматотипу за описовою рубрикацією

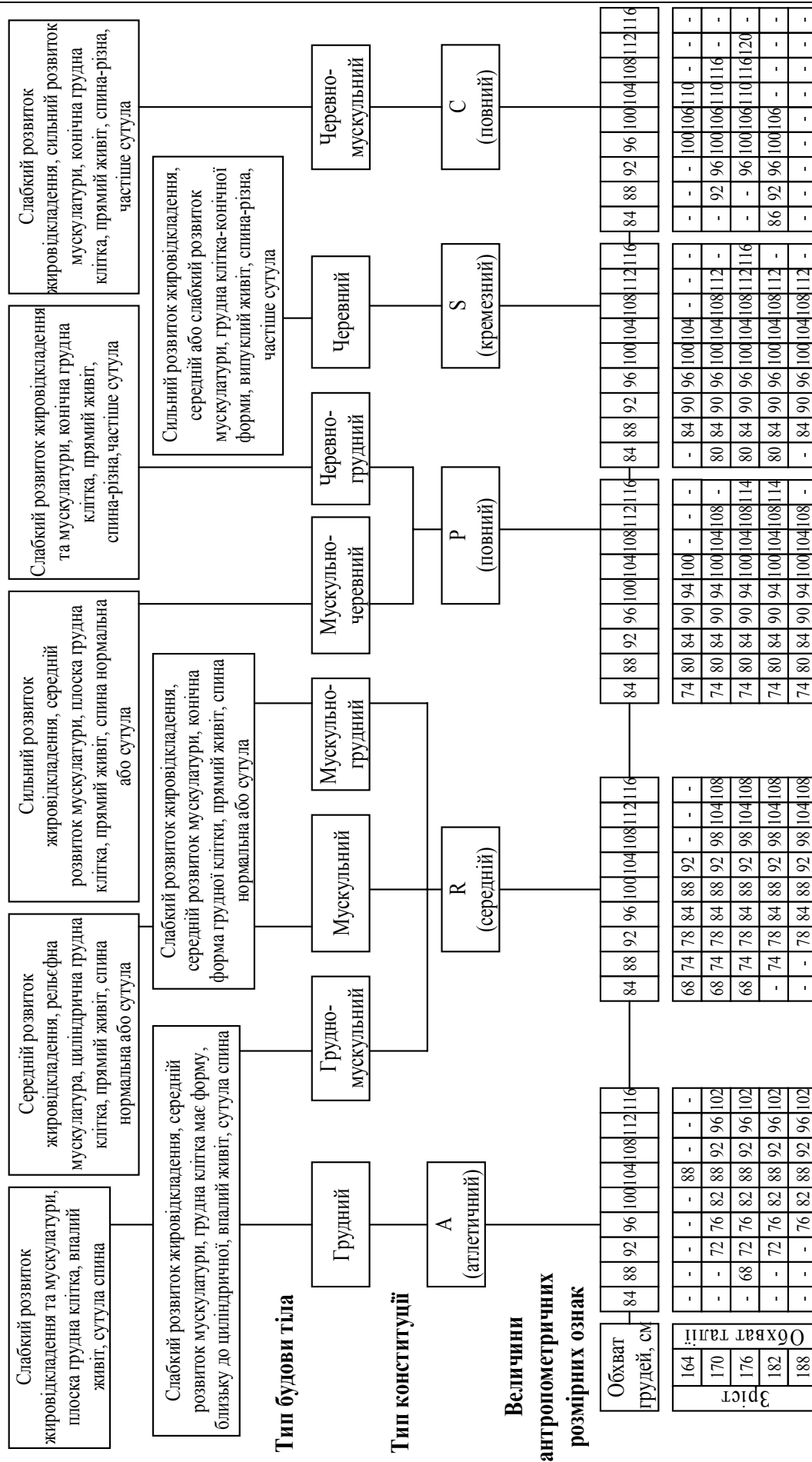


Рис. 2. Систематизація морфологічних типів фігур чоловіків молодшої вікової групи населення відповідно до діючого держстандарту

ознак чоловічого населення Хмельницької області, а за ознаками зв'язку «одяг – зовнішність», за відношенням до одягу – типу «той, що сам себе конструює».

Конституційні типи будови тіла досліджуваних охарактеризовані і упорядковані відповідно до ієрархічних рівнів розташування морфологічних ознак відповідно до того чи іншого соматотипу за описовою рубрикацією В.В. Бунака (рис. 1). Їх підпорядкованість визначено відповідно до габаритних параметрів тіла дорослого чоловіка (1-й рівень) з наступною конкретизацією опису морфологічних ознак на другому, третьому і четвертому рівнях.

На другому ієрархічному рівні відображено показники індивідуальної мінливості групових морфологічних ознак. Третій ієрархічний рівень – параметрично характеризує кожну з них у вигляді комплексу відносних та абсолютних величин. Кількісну оцінку морфологічних ознак здійснено із застосуванням параметричних меж антропометричних вимірів, або ж порівнянням абсолютних значень із розмірами типових фігур. Четвертий ієрархічний рівень надає інформацію щодо характерних тим чи іншим співвідношенням описових розмірних ознак типів будови тіла молодшої вікової групи чоловіків.

На основі розробленої упорядкованої структури, морфологічні типи фігур досліджуваних систематизовані відповідно до діючого державного стандарту [7], що дозволило визначити розмірні ряди визначених типів будови тіла (рис. 2). В результаті групування описових конституційних типів за державним стандартом з типами будови тіла за соматотипологією В.В. Бунака встановлено, що атлетичному типу конституції (А) відповідають чоловіки грудного; середньому (R) – грудно-мускульного, мускульного, мускульно-грудного; повному (P) – мускульно-черевного, черевно-грудного; кремезному (S) – черевного; повному (C) – черевно-мускульного типів будови тіла.

Спостерігаються різні співвідношення розмірних ознак типових фігур чоловіків молодшої вікової групи населення за зростом і обхватом грудей. При цьому, за обхватом талії, конституційним типам відповідають такі значення:

- | | | |
|---------------|-----|-------------------|
| 1. Атлетичний | (A) | від 68 до 102 см. |
| 2. Середній | (R) | від 68 до 108 см. |
| 3. Повний | (P) | від 74 до 114 см. |
| 4. Кремезний | (S) | від 80 до 116 см. |
| 5. Повний | (C) | від 86 до 120 см. |

Запропонована система рівневої структуризації морфологічних ознак будови тіла чоловіків та характерних їх зовнішності психотипів забезпечує відтворення інформації про антропо-психологічні ознаки особистості, яку представлено на рис. 3. Співвідношення психотипів зі встановленими типами будови тіла чоловіків не є ідентичним, що пояснюється складною структурою психіки і особливостями розвитку особистості у молодшому віці. Таким чином, в результаті проведеного опитування запропонований орієнтовний характер розподілу зустрічності типів темпераменту відповідно до типів будови тіла чоловіків за В.В. Бунаком.

Встановлено, що чоловіки грудного, грудно-мускульного, черевно-грудного, мускульного та мускульно-грудного типів будови тіла у більшості випадків мають сангвінічний тип темпераменту, відповідно, у 70% – 60% – 30% – 40% – 20% від загальної кількості психотипів у досліджуваній віковій категорії. Чоловікам флегматичного типу темпераменту відповідають черевно-грудний, черевно-мускульний, черевний, мускульно-черевний та мускульно-грудний типи будови тіла – у 40% – 60% – 50% – 30% – 20%, відповідно. Виявлено, що серед чоловіків мускульно-грудного, мускульно-черевного та черевного типів будови тіла частіше зустрічаються особи меланхолійного типу темпераменту. Холерики ж спостерігаються серед чоловіків різної будови тіла приблизно у рівній кількості від встановлених психотипів – у межах 20%.

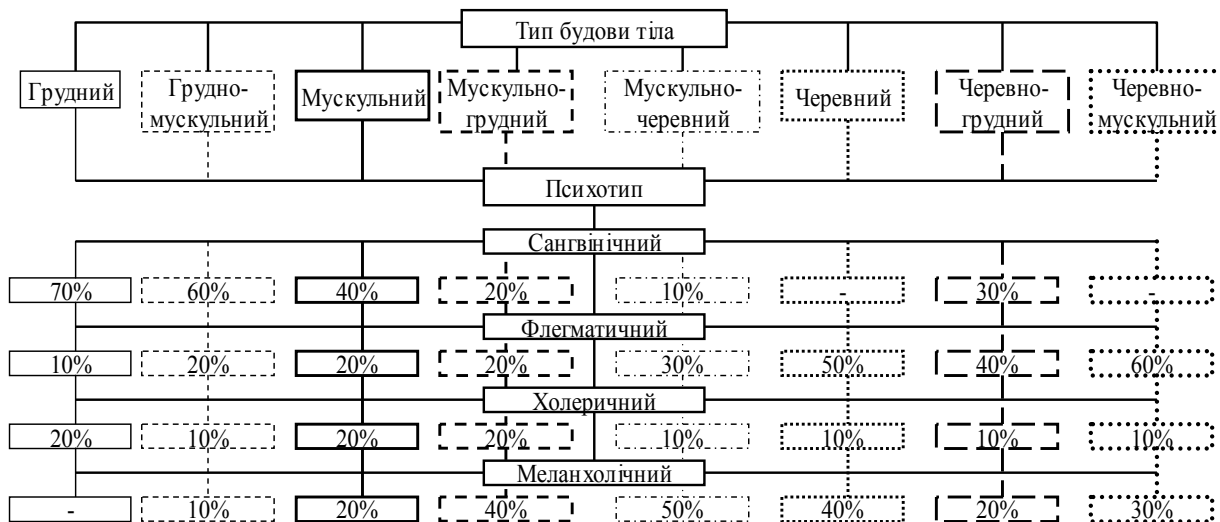


Рис. 3. Рівнева структуризація морфологічних ознак будови тіла чоловіків відповідно до психотипу

Висновки

В результаті проведеного дослідження встановлено, що між морфологічними ознаками споживачів та їх індивідуально-психологічними особливостями існує певна залежність, проте визначення психологічних характеристик особистості за зовнішніми ознаками фігури в загальному носить складний суперечливий характер.

Так, для чоловіків у досліджуваній вибірці, найбільш характерними типами будови тіла є грудний (20 %), грудно-мускульний (26 %) та мускульний (34 %), яким у більшості випадків відповідає сангвінічний (14 % – 18 % – 12 %, відповідно) тип темпераменту.

Література

1. Славінська А.Л. Основи модульного проектування одягу: Монографія. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – 167 с.
2. Хрисафонова Е.Н. Антропология. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 318 с.
3. Клиорин А.И., Чтецов В.П. Основные подходы и краткий исторический очерк развития учения о конституциях. Биологические проблемы учения о конституциях человека. – Л.: Высшая школа, 1979. – 320 с.
4. Дунаевская Т.Н., Коблякова Е.Б., Ивлева Г.С. Размерная типология населения с основами анатомии и морфологии: учеб. для студ. высш. учеб. заведений легкой пром-сти, . – 2-е изд. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 216 с.
5. Липатов П.И., Липатова Л.Н. Основы антропологии с элементами генетики человека: Учебно-методический комплекс. – Междуреченск, 2003. – 220 с.
6. Щекин Г.В. Визуальная психодиагностика: познание людей по их внешности и поведению: монография. – К.: МАУП, 1995. – 672 с.
7. ДСТУ ISO/TR 10652: 2006. Стандартна система визначення розмірів одягу. – Чинний від 01.01.2002. – К.: Держстандарт України, 2001. – 82 с.

Надійшла 2.11.2009 р.

УДК 687: 658

А.Л. СЛАВІНСЬКА, О.Б. ГАЙДАШЕВСЬКА
Хмельницький національний університет

**КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ
ОДЯГУ ДЛЯ ДІТЕЙ З ПОРУШЕННЯМИ ОПОРНО – РУХОВОГО АПАРАТУ**

У статті розглянута концепція проектування одягу для дітей з порушеннями опорно-рухового апарату на основі розробки структурно-логічної моделі процесу проектування комфортного одягу.

The article deals with the concept of designing clothing for children with musculoskeletal disorders-motor system through the development of structural-logical model of the design process comfortable clothing.

Ключові слова: проектування, одяг, структурно-логічна модель.

Постановка проблеми

Одяг для дітей з обмеженими руховими можливостями повинен бути ергономічними і адекватним умовам системи «інвалід – одяг – оточуюче середовище».

Він повинен бути зручним для здійснення побутових, життєвих процесів, тобто бути підпорядкованим характеру і зручності використання, притаманних для таких дітей рухів.

Важливу роль відіграють психологічні і морально – естетичні аспекти при підборі одягу для дітей із захворюваннями опорно – рухового апарату (ОРА). Важлива тут реабілітаційна функція одягу, яка дозволяє підвищити якість життя хворих дітей.

Таким чином, в теперішній час є актуальним вирішення проблеми створення раціонального гардеробу, що складається із одягу з принципово новим конструктивним рішенням і технології виготовлення його для дітей із захворюваннями опорно – рухового апарату.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В рамках досліджень ЮРГУЭС розроблена загальна модель процесу проектування функціонального одягу для людей з обмеженими можливостями руху [1].

Цей одяг пропонується розглядати як підклас спеціального одягу, що суперечить визначенню захисної функції одягу, як основної, оскільки для дітей не існує спеціального одягу [2].

Ряд робіт присвячений розробці реабілітаційного одягу [3, 4, 5]. Проте функціональність побутового одягу, який є переважним в гардеробі дитини, визначається перш за все адантивною функцією конструктивних рішень. Зокрема це питання розглядається в дослідженнях комфортності одягу, виконаних в ЦНДІШП [11], РосЗІТЛП [6], МГУС [5].

Постановка мети та завдань дослідження

Мета дослідження – концептуально обґрунтувати модель формування вхідної інформації для проектування одягу, адаптованого до рухової діяльності дитини із захворюваннями опорно – рухового апарату.

Актуальним завданням для швейного виробництва є проектування дитячого одягу, який максимально відповідає розмірам і формі дитячої фігури, крім того, він має бути адаптованим до постійних змінювань.

Виклад основного матеріалу досліджень

Для вітчизняної швейної галузі асортимент одягу для людей, що страждають різними захворюваннями, є досить новим.

Онтогенетичний шлях кожної гармонічно розвинутої здорової людини описується розвитком трьох векторів: зріст, маса, формування опорно – рухового апарату у дітей різного віку, як такі, що визначають особливості їх поведінки. Від незграбності, поривчастості, нестійкості рухів, кінематичної асиметрії, характерних для дітей раннього віку, до легкості, спритності, плавності, симетричності та краси в 16 – 18 років [7].

В той же час аналіз досліджень [3], та соціологічні дослідження проведені в міській лікарні м. Хмельницького та дитячого санаторію м. Стара Ушиця Хмельницької області свідчать про об'єктивні передумови затребуваності комфортного одягу саме за ергономічною відповідністю (рис. 1).

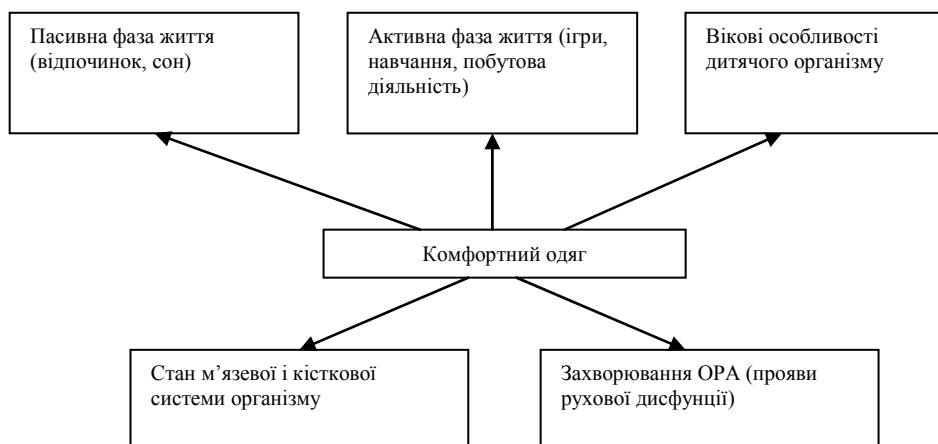


Рис. 1. Востребованість ергономічного одягу за сферами життя дитини

У 2008 р. з порушеннями опорного апарату в лікарню звернулось 1055 дітей, що складає 3,9 % від загального числа пацієнтів (27000). Серед 1055 дітей вперше виявлено порушення ОРА 25 % (264 дитини), із 27000 дітей 45 осіб є інвалідами, що дорівнює 0,17 %.

До регіонального реабілітаційного центру «Турбота» за 2007 рік було направлено 452 дитини, серед них 119 дітей із сільської місцевості віком від 1 місяця до 17 років. Віковий розподіл дітей представлено на рис. 2. Це діти з затримкою психомовного та статомоторного розвитку.

54,3 % хворих дітей після лікування не мали суттєвого покращення стану, що свідчить про стабільний стан проблеми ОРА. Крім того, третина дітей (вік 6 – 11 років) – це діти досить активного способу життя в дитсадку та школі.

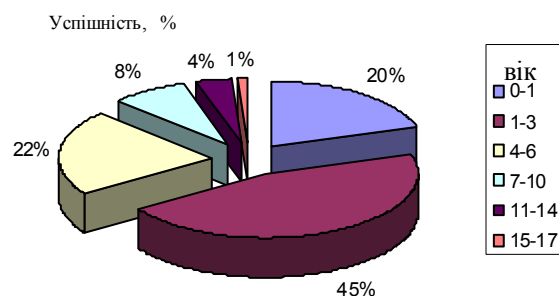


Рис. 2. Діаграма вікової характеристики дітей із захворюваннями ОРА, що пройшли лікування

Як показали результати опитування, дітьми використовується різноманітний побутовий одяг: спортивні костюми, трикотажні вироби, комплектні вироби.

Одяг недостатньо комфортний, зручний в одяганні, зніманий, носінні. Не має властивостей бажаних або і обов'язкових для задовільного психологічного фізіолого – гігієнічного стану дитини.

Захворювання опорно – рухового апарату проявляються у сколіотичній поставі, вроджених вадах розвитку нижніх кінцівок, спонділо – епіфізарній дисплазії [7].

Структурна модель формування проектних процедур створення комфортного одягу представлена на рис. 3.

Інтенсивні темпи росту і розвитку дитячого організму визначають короткий термін експлуатації дитячого одягу через невідповідність його розмірів змінюваним антропометричним характеристикам тіла. Саме ця причина викликає 80 % заміни речей у гардеробі дитини [6].

При створенні нових моделей одягу для дітей різних вікових груп потрібен диференційований підхід до розробки вимог до виробу залежно від виду одягу, його призначення і застосування.

Опитування лікарів про пріоритети вимог до одягу для дітей з захворюваннями порушеннями ОРА

показало наступний розподіл:

1 – комфортність; 2 – не сковувати вільність рухів; 3 – корекція постави; 4 – укріпити зовнішню поверхню рукава.

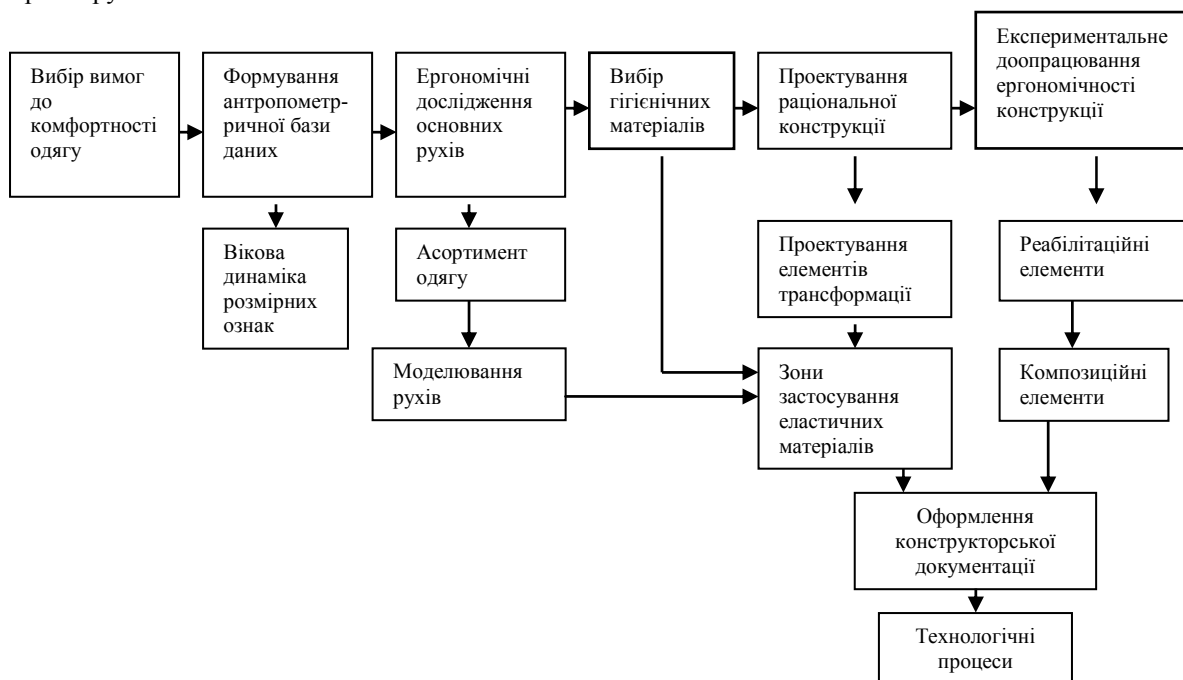


Рис. 3. Структурно-логічна модель процесу проектування комфортного одягу для дітей з порушеннями ОРА

Матеріали повинні бути гігієнічними і еластичними як для підтримки м'язів, так і вільності рухів.

Відповідно для формування вимог до одягу та визначення раціональної комплектації одягу для дітей з ОРА рекомендується використати анкетне опитування батьків, медперсоналу та самих дітей.

У дітей, які хворіють порушенням опорно – руховим апаратом, антропометричні точки, які визначають вимірювання розмірних ознак, необхідних для побудови конструкції, знаходяться на різних рівнях, а площина, яка проходить через парні точки, може бути розвернута під кутом до трансверсальної. Це свідчить, що антропометричні вимірювання розмірних ознак потрібно проводити не тільки по правій, як в умовно – типових фігурах дітей, але також і по лівій стороні тіла.

Для дітей, які мають типові фігури, в якості ведучих ознак обрані: зріст, обхват грудей та обхват талії. Це ті розмірні ознаки, які найкращим чином визначають форму та пропорції тіла дитини. Ці ознаки розташовані у різних площинах, які мають найбільшу величину і їх значення легко виміряти.

У дітей з порушеннями опорно – рухового апарату через деформації фігур обхватні розмірні ознаки виміряти дуже складно, особливо обхват талії.

Найбільш доступно і точніше у дітей з порушенням опорно – рухового апарату можливо визначити масу тіла та зріст [8].

Дослідженнями [8] виявлена вікова динаміка ознак, які визначають зовнішню форму тіла хлопчиків молодшого шкільного віку (7 – 11 років). Зокрема, встановлена лінійна змінюваність довжини тіла та поліноміальна крива другого порядку для обхвату грудей і обхвату талії.

Для визначення пропорцій дитячої фігури запропоновано кормічний індекс (КІ):

$$KI = \frac{T_{105}}{T_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де T_{105} – зріст сидячи, який визначається відстанню від площини сидіння до верхівкової точки голови;

T_1 – зріст стоячи.

Вікова динаміка КІ підтверджує доліхоморфізацію пропорцій, починаючи з 9 років.

Інтенсивне зростання поперечних пропорцій (ширина стегон, грудей і талії) теж спостерігається у віці 10 – 11 років.

Дослідження постави показало, що лордотичний тип переважає серед дітей лише у віці до 8 років, потім домінує кіфотичний тип, який в 11 років перевищує 60 %. Рівноважний тип постави присутній лише у 9 % дітей. Це пояснюється тривалим перебуванням в статичній «позі учня», недостатня рухова активність, небажання сучасних школярів займатись в спортивних секціях. Все це викликає викривлення хребта і розвиток сколіозу.

Динамічно обґрунтованим дитячим одягом може бути одяг, в якому врахований весь спектр динамічних поз. Заслуговує на увагу методика відеозйомки для виявлення рухів і динамічних поз, які для

молодшого шкільного віку узагальнені в 10 поз. Також оригінальне дослідження змінювань розмірів тіла дитини в динаміці, виконане в РосЗИТЛП пристроєм на основі методу «нитки», створює передумови для визначення раціональних членувань та місць застосування еластичних вставок [9].

Отже, антропометрична інформація про форму тіла дозволить застосувати трансформовані елементи для адаптації одягу відповідно до вікових змін.

В цілому для створення ергономічного одягу для людей із різними захворюваннями виявлена доцільність використання асортименту льономістких та змішаних поліефірно – віскозних тканин в побутовому і госпітальному одязі [6].

Висновки:

Проаналізована модель прийняття проектного рішення щодо одягу для дітей з порушеннями ОРА дозволила визначити основні завдання досліджень:

- розробити методику визначення розмірної характеристики досліджуваного сегменту споживачів;
- визначити оригінальні розмірні ознаки, що впливають на ергономічність конструкції;
- визначити раціональні величини прибавки для проектування ергономічної конструкції;
- дослідити зони і шви руйнування в одязі;
- виявити ділянки недосконалості конструкції в статодинамічній діяльності дитини.

Література

1. Савельева Н. Ю. Разработка общей модели процесса проектирования функциональной одежды для людей с ограниченными возможностями / Н. Ю. Савельева, О. В. Приходченко // Швейная промышленность. – 2007. – № 1. – С. 42.
2. Савельева Н. Ю. Определение требований к проектированию специальной одежды для людей с ограниченными возможностями движения / Н. Ю. Савельева, О. В. Приходченко // Швейная промышленность. – 2007. – № 1. – С. 35-36.
3. Мокеева Н.С. Концепция разработки одежды для людей с различными заболеваниями / Н. С. Мокеева, Т. В. Глушкова, О. Н. Харлова, С. В. Дударева, Я. А. Шешенина, А. М. Фоменко // Швейная промышленность – 2003. – № 2. – С. 30-31.
4. Лопандина С. К. Разработка одежды для реабилитации детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата / С. К. Лопандина, Р. А. Мельникова // Швейная промышленность – 2006. – № 5. – С. 23 – 24.
5. Тихонова Т.П. Одежда как оздоровления человека / Т. П. Тихонова, Е. В. Захватова, Л. В. Иванова // Швейная промышленность – 2006. – № 3. – С. 31-32.
6. Коблякова Е. Б. Анализ возрастной динамики изменчивости размерных признаков, определяющих внешнюю форму тела детей младшего школьного возраста / Е. Б. Коблякова, Ю. А. Мациевская // Швейная промышленность – 2006. – № 2. – С. 46 – 48.
7. Кризь – Пугач А. П. Обстеження та діагностика рухових розладів у дітей: Монографія. А. П. Кризь – Пугач, М. Д. Бурин. – Київ – Хмельницький. – 2002. – 216 с.
8. Лопандина С. К. Исследование теоретических и методологических основ построения размерной типологии детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата/ С. К. Лопандина, Р. А. Мельникова // Швейная промышленность – 2007. – № 5. – С. 47.
9. Шершнева Л. П. Современные подходы к проектированию динамически комфортных конструкций детской одежды / Л. П. Шершнева, Л. В. Ларькина // Швейная промышленность – 2004. – № 5. – С. 42-46.

Надійшла 11.11.2009 р.

УДК 675.023

О.П. ЦИМБАЛЕНКО, О.В. СМАЧИЛО, С.А. САЛЮК

Київський національний університет технологій та дизайну

РЕСТАВРАЦІЯ ШКІР В УМОВАХ ХІМІЧНОГО ЧИЩЕННЯ

У даній роботі досліджувалась можливість відновлення товарного вигляду шкіряних виробів з підвищенням їх якості. Встановлено, що після проведення процесу хімічного чищення шкіряний виріб дає незначну усадку, але нанесення повторного покриття позитивно впливає на зміну усадки шкіри. Фізико-хімічні показники шкіри майже не змінюються, покращуються її органолептичні властивості. Завдяки введенню жируючих препаратів у ході хімічного чищення вміст у шкірі речовин, що екстрагуються органічними розчинниками не зменшується, тому м'якість та еластичність шкіри не змінюються. Досліджена оптимальна методика хімічного чищення шкіряних виробів.

In this work possibility of proceeding in the commodity type of skin wares was explored with the increase of their quality. It is set that after conducting of process of dry-cleaners a skin good gives insignificant usadku, but causing of the repeated coverage positively influences on changing of usadki of skin. The physical and chemical indexes of skin do not almost change, its organoleptichni properties are improved. Due to introduction of greasings preparations during a dry-cleaners maintenance in the skin of matters which are extracted organic solvents does not diminish, mildness and elasticity of skin does not change that is why. The optimum method of dry-cleaners of skin wares is explored.

Ключові слова: шкіряні вироби, хімічне чищення, усадка, зміна лінійних розмірів, жируючі препарати, органічний розчинник, якість, м'якість, еластичність шкіри.

У зв'язку зі збільшенням обсягу виробництва виробів із натуральної шкіри, яке належить до коштовних виробів тривалого користування, постало питання про ефективне відновлення товарного вигляду шкіряних виробів після їх експлуатації. При цьому, в першу чергу, необхідно обробити вироби, використовуючи раціональний режим хімічної чистки. Така обробка буде сприяти значній економії натуральної шкіряної сировини за рахунок збільшення терміну використання виготовлених з неї виробів. Розгляд питання щодо впливу органічних розчинників на властивості шкіри для виробництва одягу дозволить визначити раціональний режим хімічної чистки.

Мета роботи – дослідження процесу відновлення якості (реставрації) та товарного вигляду шкіряних виробів, які довгий час перебували в експлуатації за допомогою різних технологій хімічного чищення, вивчення методик даних технологій, їх порівняння та обрання оптимального варіанту.

Об'єктом дослідження є зразки гладкої шкіри з різних ділянок шкіряних виробів, які перебували в експлуатації близько 5 – 6 років, сировина – овчина хромового способу дублення товщиною 0,80 – 0,85 мм. Методи дослідження – італійські технології Fenice S.P.N. та Delta S.P.N. хімічного чищення та подальші операції процесу відновлення шкіряних виробів.

Схема експерименту полягала у проведенні хімічного чищення в три етапи. Після першого чищення один зразок відбирався для подальшого аналізу, а на інший розпилювальним агрегатом наносилось покриття відповідного відтінку (для відновлення забарвлення), потім знову один зразок відбирали, інший піддавався штучному «процесу старіння» і йшов на друге чищення і т.д. Усього було проведено три хімічних чищення, і отримані 3 контрольні зразки (оскільки зразки відбиралися з трьох різних ділянок шкіряного виробу) та 12 зразків з різним ступенем хімічної обробки для порівняння та проведення подальших органолептичних та фізико-хімічних аналізів.

Проведені дослідження довели, що різні варіанти відновлення шкіряних виробів певним чином впливають на їх основні фізико-механічні, ергономічні та гігієнічні показники та показники хімічного складу.

Як видно з рис. 1, процес відновлення шкіряних зразків значною мірою впливає на зміну вмісту у структурі шкіри речовин, що екстрагуються органічними розчинниками.

Після першого хімічного чищення вміст жиру повинен зменшуватися у порівнянні з контрольним зразком, оскільки жирувальні речовини мають властивість вимиватися при даних умовах, але він зростає, тому що при дозуванні розчинника у барабан ми додатково додаємо жируючі матеріали та підсилювач. При нанесенні покриття вміст жиру також збільшується, але у випадку другої технології Delta S.P.N. він зростає більшою мірою, оскільки перед покриттям шкіра додатково жирується. Дана характерність спостерігається і при наступних стадіях відновлення. Також вміст речовин, що екстрагуються органічними розчинниками залежить безпосередньо і від природи самого жирувального матеріалу.

Результати досліджень хімічного складу (табл. 1) показали, вміст оксиду хрому при відновленні шкіряних зразків по відношенню до контрольного майже не змінюється, і зміни коливаються в межах від -3,8 % до +7,4 %. Зміни вмісту вологи коливаються в межах від -3,5 % до +10,4 %. Щодо масової частки голини, то вона зменшується певною мірою з кожною стадією відновлення шкіри і становить від 1,2 % до 5,6 % від вмісту у контрольному.

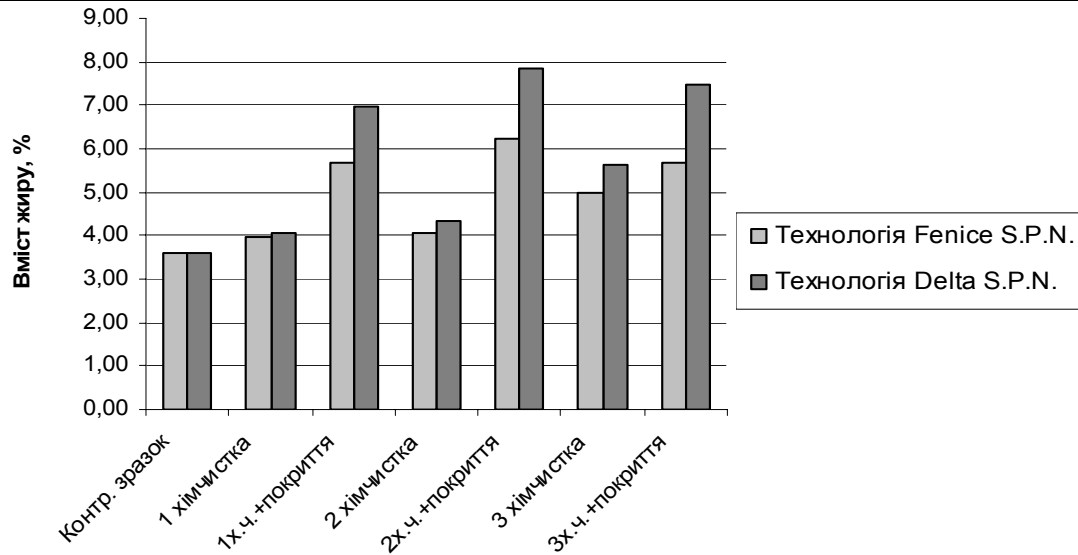


Рис. 1. Вплив процесу відновлення на вміст у шкірі речовин, що екстрагуються органічними розчинниками

Таблиця 1

Вплив процесу відновлення шкіри на її основні показники хімічного складу

Характер Обробки	Показники хімічного складу					
	Масова частка оксиду хрому, %		Масова частка вмісту вологи, %		Масова частка голиної речовини, %	
	Технологія хімічного чищення					
	Fenice	Delta	Fenice	Delta	Fenice	Delta
Контрольний зразок	4,76		10,63		76,58	
1-е хім. чищення	4,58	4,88	11,45	11,67	75,50	75,00
1 х.ч. + Покриття	4,70	5,03	11,54	10,70	73,69	72,90
2-е хім. чищення	4,73	5,06	11,11	11,74	75,70	74,50
2 х.ч. + покриття	4,75	4,97	11,18	10,26	73,40	72,50
3-є хім. чищення	4,90	5,1	11,32	10,93	73,80	74,60
3 х.ч. + покриття	4,84	5,14	10,86	10,16	74,20	72,80

Процес відновлення сильно впливає на зміну площі шкіряних виробів. Як показано на рис. 2, з кожною стадією відновлення шкіра дає все більшу і більшу усадку, щоправда, у випадку другої технології спостерігається менша зміна площі зразків, це пояснюється впливом додаткового жирування перед нанесенням покриття. Після всіх проведених етапів процесу відновлення шкіряних зразків усадка за двома методикам становить відповідно 4,45 % та 3,48 % у порівнянні з результатом контрольного зразка.

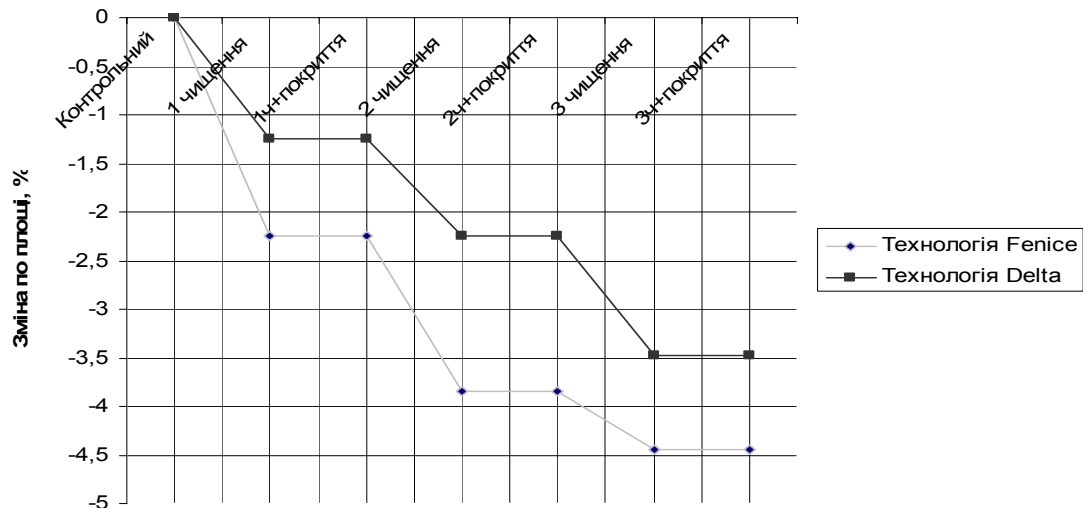


Рис. 2. Вплив процесу відновлення на зміну площі досліджуваних зразків

Товщина зразків також змінюється при відновленні шкіри (рис. 3), з кожною стадією спостерігається така залежність: при хімічному чищенні товщина зразків зменшувалась, оскільки покриття частково вимивається, а при нанесенні покриття та закріплюючого лаку – відповідно збільшувалась, при чому найбільше зростання показників товщини спостерігалось при першому покритті шкіряних зразків.

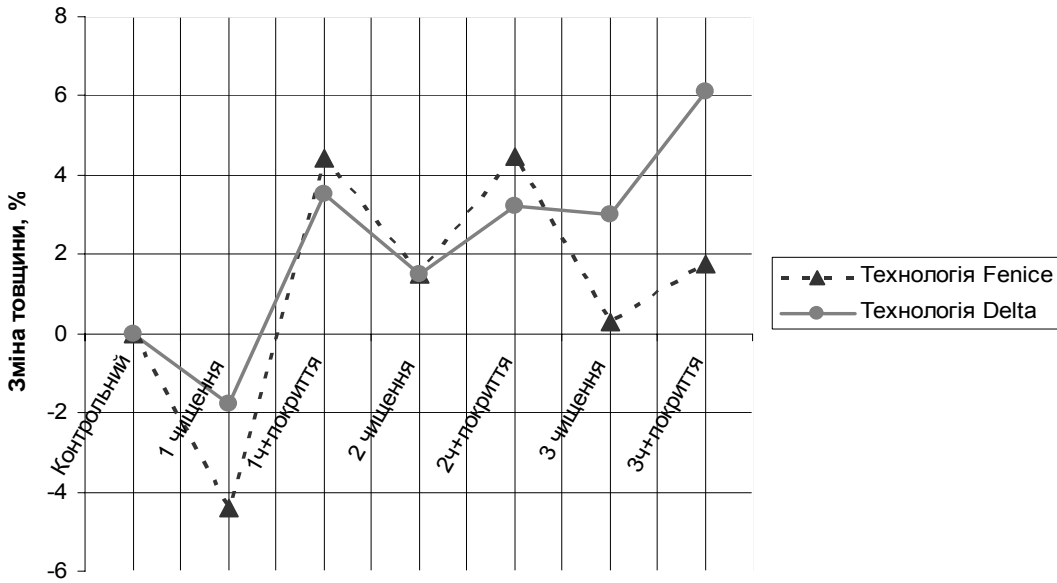


Рис. 3. Вплив процесу відновлення на зміну товщини досліджуваних зразків

При відновленні шкіри відбувається зміна її уявної щільності (рис. 4), при проведенні кожної наступної стадії відновлення щільність збільшується, причому у випадку технології Delta спостерігається зростання щільності шкіри більшою мірою (на 18 %).

Після проведення аналізу фізико-механічних та гігієнічних властивостей шкіряних зразків ми отримали такі дані (табл. 2): межа міцності шкіряних зразків при розтягуванні зменшується при кожному хімічному чищенні і зростає при нанесенні покриття, це пояснюється тим, що покриття певним чином скріплює лицьову поверхню шкіри, тому зразок стає міцнішим, а при чищенні покриття змивається і відповідно міцність падає. Оборотний процес відбувається зі зміною відносного видовження шкіряних зразків, яке становить за двома методиками відповідно від -18 % до +23 % у порівнянні з контрольним зразком.

Вплив різних методик хімчистки на зміну щільності шкіри

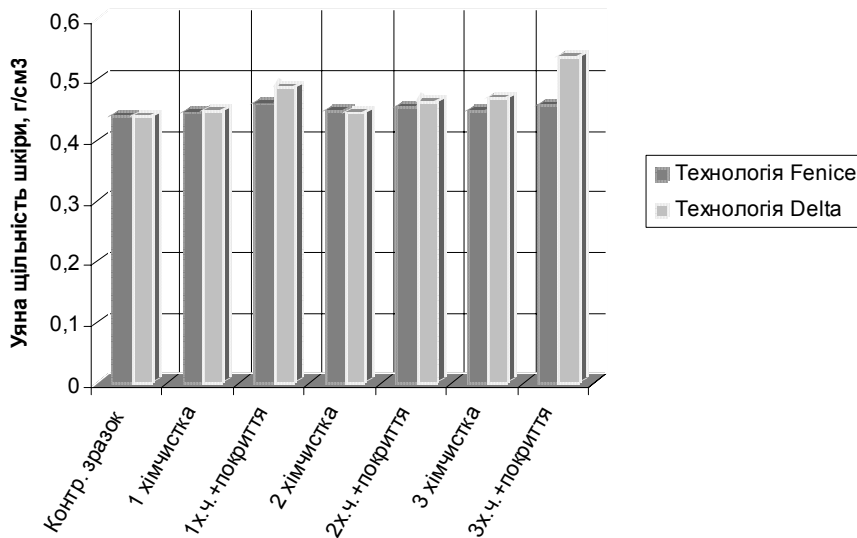


Рис. 4. Вплив процесу відновлення на зміну щільності досліджуваних зразків

Щодо ергономічних та гігієнічних показників, то вологоємність та температура зварювання майже не змінюються, а повітропроникність шкіри з кожним етапом відновлення знижується, особливим чином після повторного нанесення покриття на шкіру, і незначною мірою повітропроникність підвищується при наступному чищенні.

Вплив процесу відновлення шкіри на її основні фізико-механічні, ергономічні та гігієнічні показники

Характер обробки	Фізико-механічні показники				Ергономічні та гігієнічні показники					
	Межа міцності під час розтягування, МПа		Відносне видовження при розриванні зразка, %		Вологоємність, %		Повітропроникність, см ³ /см ² *год		Температура зварювання, °С	
					2 год	24 год				
	Технологія хімічного чищення									
Fenice	Delta	Fenice	Delta	Fenice	Delta	Fenice	Delta	Fenice	Delta	
Контрольний зразок	4,80		45		224,9		59,00		94	
1-ше хім. чищення	4,01	4,34	60	56	242,9	207,7	89,33	75,00	90	92
1 х.ч. + покриття	5,05	5,88	32	46	240,7	173,3	13,35	19,59	92	92
2-ге хім. чищення	4,26	4,84	46	72	187,9	279,5	39,12	48,90	93	94
2 х.ч. + покриття	5,45	5,94	38	36	225,0	203,6	22,75	33,98	92	93
3-тє хім. чищення	4,73	5,19	54	46	250,0	196,5	33,67	37,94	94	94
3 х.ч. + покриття	5,85	6,04	38	36	206,2	165,1	19,11	19,19	93	94

Проведення досліджень за визначення жорсткості були отримані результати, з яких видно, що після хімічного чищення жорсткість знижується, причому більшою мірою за другою технологією, тобто шкіри стають більш м'якими та еластичними, а при нанесенні покриття навпаки жорсткість зростає, і більшою мірою – за першою методикою. Тобто з цієї позиції можна сказати, що друга методика має кращий вплив на якість шкіряних виробів.

Таким чином, наукові дослідження показали, що при хімічному чищенні велике значення має обов'язкове додавання жирувальних речовин до розчинника для підвищення пружно-пластичних властивостей, наповненості, запобігання «сухості» шкіряного виробу.

Застосування жирувальних препаратів та нанесення покривної плівки є необхідним при реставрації шкіри з метою зменшення усадки виробів та збереження їх міцності.

При проведенні реставрації шкіряних виробів за італійськими технологіями Fenice S.P.N та Delta S.P.N має місце зменшення площі виробу, при чому у випадку другої методики – усадка менша.

У результаті реставрації шкіри практично не змінюється її хімічний склад, за винятком збільшення вмісту речовин, що екстрагуються органічними розчинниками.

До рекомендацій для проведення подальших досліджень можна віднести: доцільне продовження роботи з пошуку використання вітчизняних хімічних препаратів, які могли б бути використані для проведення процесу реставрації шкіряних виробів.

Література

1. Зурабян К.М., Богданова И.Е. Петрова И.А. Изучение закономерностей процесса производства кожи и меха в среде органических растворителей и разработка технологии / Перспективные материалы и изделия легкой промышленности. – СПб: ГУТД, – 1994. – С. 138-140.
2. Самохвалов В. Перхлоретилен для хімічного чищення // Современная химчистка и прачечная. – 1998. – № 3.
3. Дзенере Паоло. Технологія чищення та відновлення виробів зі шкіри з використанням препаратів італійської фірми Fenice S.P.N // Періодичне видання «Современная химчистка и прачечная». – 1999. – № 1
4. Казюлин В. Шкіра та замша: дефекти // Современная химчистка и прачечная. – 1998. – № 1.
5. Королькова Е.А. Изучение процесса обезжиривания овчин органическими растворителями. Автореферат диссертации. – М: Московский ин-т легкой промышленности, 1973. – 29 с.
6. Королькова Е.А., Головтеева А.А., Пурим Я.А. Обезжиривание меха органическими растворителями – Кожевенно-обувная промышленность. – 1971. – № 9. – 19 с.
7. Королькова Е.А., Головтеева А.А. Обезжиривание меховых шкур растворителями в подготовительных операциях. – Меховая промышленность ЦНИИТЭИлегпром, 1972. – серия РС – 2. – 5 с.
8. Королькова Е.А., Пчелин В.А., Пурим Я.А. Роль поверхностно-активных веществ при обезжиривании меха органическими растворителями // Научно-исследовательские труды ВНИИМПа. – Легкая индустрия, 1973. – № 21.

Надійшла 10.11.2009 р.

ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ЛАКОФАРБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ВІТЧИЗНЯНОМУ РИНКУ

Проведено аналіз лакофарбової продукції та відмічено характеристики, які найбільше приваблюють споживача. Визначено перспективи розвитку вітчизняного ринку та підвищення конкурентоздатності продукції.

The analysis of lacquered commodity is conducted and is marked the characteristics, which one more all attracts of a customer. The prospects for the development of the domestic market and increase of competitiveness of commodity are determined.

Ключові слова: лакофарбова продукція.

Постановка проблеми

Велика кількість фірм пропонує на сьогоднішній день дуже широкий спектр лакофарбової продукції. Пропозиції настільки різнобарвні, що важко одразу визначитись з вибором. Вітчизняний ринок заповнила продукція європейських виробників, які не хочуть здавати свої позиції, постійно застосовуючи нові технології. Разом з тим, стрімко починає розвиватися вітчизняний ринок лакофарбової продукції.

Проте існує проблема неконкурентоспроможності вітчизняних лакофарбових матеріалів в порівнянні з європейськими. На вітчизняному ринку присутньо 60-70 % продукції європейського виробника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Український ринок лакофарбової продукції закінчує формуватися; тут можна знайти продукцію всіх провідних виробників: українських та європейських. Провідні виробники лакофарбової продукції, вже досить добре знані на українському ринку, представляють щоразу ширший асортимент, де могли б знайти потрібний матеріал покупці різного достатку. В цілому розширення асортименту продукції відбувається в напрямку вузькоспеціалізованих, екологічних і високотехнологічних та, відповідно, не найдешевших продуктів [1].

Виклад основного матеріалу

Фарбування – це процес нанесення на спеціально підготовлену поверхню шару рідкого лакофарбового матеріалу, що утворює після висихання тверду плівку. При виборі лакофарбових матеріалів для інтер'єрів найбільш важливими є наступні властивості покриття [5]:

- технічні (щільність, в'язкість, витрати, розтікаюча властивість, спосіб нанесення, швидкість висихання);
- екологічні (нешкідливість і стійкість запаху);
- декоративні (структура, фактура, колір, ступінь глянце);
- експлуатаційні (стійкість до миття, стійкість до дії розчинників, стійкість до механічних дій, стійкість до забруднюючих факторів);
- спеціальні вимоги до покриттів для забезпечення особливих функцій.

Важливою властивістю матеріалу для проведення внутрішніх робіт є швидкість висихання фарби та її покривистість (властивості лакофарбованих матеріалів перекривати колір фарбуючої поверхні). Не менш важливою є екологічність, щоб убезпечити себе від шкідливих дій летучих органічних з'єднань та токсичних речовин.

Залежно від використовуваної основи фарби, в свою чергу, поділяють на алкідні, силікатні, емульсійні, клейові. В склад фарб також входять пігменти, які надають фарбам колір, наповнювачі, розчинники, функціональні добавки і речовини, які допомагають утворенню плівки на пофарбованій поверхні та регулюють швидкість цього процесу.

Лаки представляють собою розчини плівкоутворюючих в органічних розчинниках. Залежно від складу плівкоутворюючого розрізняють масляно-смоляні, смоляні і алкідні лаки [5].

Від регулювання співвідношення пігменту і пов'язуючої речовини у фарбі залежить вигляд, який вона одержить після висихання. Чим більший вміст пігменту, тим тьмяніша фарба. Регулюючи це співвідношення, виробники можуть зробити фарби різного ступеня яскравості: від матових до глянсових. Глянсове забарвлення виявляє приховані недоліки, тому його треба наносити на рівні стіни. Матове – здатне приховати недоліки. Вибір лакофарбового матеріалу залежить від поверхні, призначення та смаків споживача. І, як відомо, попит диктує пропозицію.

Вітчизняний ринок лакофарбової продукції на даний час можна поділити орієнтуючись на сферу застосування та ціну. Розглянемо детальніше структуру ринку лакофарбової продукції, яка представлена графічно на рис. 1.

Як показують дослідження, лакофарбова продукція на вітчизняному ринку призначена для різних галузей і складає для машинобудування – 40 %, для облаштування інтер'єру – 30 %, для фасадних робіт – 20 %, для деревообробної промисловості – 10 %.



Рис. 1. Структура ринку лакофарбової продукції

Найвища ціна лакофарбової продукції припадає на 10 % товару.

Серед українських виробників лакофарбової продукції найстаршими є Дніпропетровський лакофарбовий завод, який щороку випускає 30-35 тис. т лаків і фарб, Київське ЗАТ «Лакма» (6 тис. т на рік) і «Суміхімпром». Нарощують темпи виробництва молоді українські виробники лакофарбової продукції: ТОВ «ХІМПЛЕКС» (м. Запоріжжя), ТОВ «ПОЛІФАРБ» (м. Дніпропетровськ), ТОВ «РКОМ ЕКТ» (м. Київ), ВАТ «ЕЛАКС» (м. Одеса), ЗАТ «ПОЛІФАРБ УКРАЇНА» (м. Дніпропетровськ) [5].

Серед європейської, представленої на українському ринку, слід згадати, передусім, марки "Beckers" (Швеція), "Tikkurila" (Фінляндія), "Sadolin" (концерн Akzo Nobel), "Vivacolor" (концерн Baltic Color, Швеція), "Saraol" (Німеччина), "CAP", "Oikos" (Італія). Український споживач надає перевагу продукції європейської якості.

Споживач надає перевагу водоемульсійним фарбам, які швидко сохнуть, дають матові покриття і є екологічними. Стосовно лаків, то перевага надається водорозчинним лакам, які призначені як для внутрішнього, так і зовнішнього використання і які допомагають створити матову поверхню. Як показують дослідження, європейські матеріали в порівнянні з вітчизняними мають кращу покривну здатність і відповідно менший розхід матеріалу, не потребують спеціальних розчинників, менш вибагливі до поверхні нанесення матеріалу [1-4]. Ринок прямує до поглиблення спеціалізації. Уже протягом тривалого часу на лакофарбовому ринку універсальні види фарб здають позиції спеціальним, призначеним для певного обмеженого набору робіт.

Найбільші обсяги фарб з міркувань корозійної стійкості традиційно наноситься на металеві поверхні – автомобілі, верстати, сільгосптехніку, трубопроводи тощо. Наприклад, у Росії з її розвиненішою, ніж в Україні, автомобільною промисловістю машинобудівники купують понад половини всього обсягу фарб. В Україні вони споживають близько 40 % усієї лакофарбової продукції. Насамперед, це ґрунтівки, автоемалі, антикорозійні фарби та покриття. Фахівці вважають, що завдяки нижчій енергомісткості фарби західних виробників, які не потребують повітряного осушування, стають популярнішими при ремонті автомобілів навіть попри відчутно вищу ціну. З цих самих причин повільно опановує український ринок і революційна новинка в лакофарбовій промисловості – полімерні порошкові фарби. На сьогодні вони завоювали 15 % світового ринку фарб завдяки своїй економічності (замість трьох шарів на поверхню наноситься один, продуктивність праці малярів зростає в 1,5– 2 рази). Зараз на український ринок надходять фарби французького, німецького, чеського і турецького виробництва, а низка підприємств розвиває послуги з нанесення порошкових фарб [4].

Вітчизняні виробники освоюють спеціальні фактурні фарби, які давно використовують в світі. Це водоемульсійні фарби заповнені згущувачем. Наносячи їх на оброблювану поверхню, можна створити ряд об'ємних ефектів, особливо якщо застосовувати різні прийоми фактуровки або візерункової обробки.

Останнім часом стали приділяти увагу екологічності інтер'єрних фарб та нормам витрат. У результаті трохи активніше зростає попит на фарби провідних європейських виробників. «Пофарбувати квадратний метр дешевою польською чи німецькою фарбою вдвічі дорожче, ніж найдешевшою з інтер'єрних фарб "Tikkurila" через те, що однією кількістю фарби можна покрити більшу площу, хоча літр фінської фарби коштує майже вдвічі дорожче», – запевняють фахівці.

Відчуває ринок лакофарбової продукції і вплив моди в ремонтних роботах. Зокрема, прагнення підкреслити натуральність дерев'яних вікон і дверей знижує попит на фарби для внутрішніх робіт по дереву і підвищення попиту на столярні лаки. А в галузі євроремонтів зростає популярність текстурного покриття стін, а отже, і відповідних дорогих фарб. Найпопулярнішими марками дорогих фарб на українському ринку є розрекламовані "Beckers", "Tikkurila" і "Sadolin."

Згадані виробники пропонують широкий асортимент лакофарбової продукції, кожен вид якої максимально пристосований для певного виду робіт. Прикладом може бути лак для саун, що витримує температуру до 120 градусів. Деякі виробники, насамперед "Oikos", випускають фарби з текстурною

поверхнею (імітація мармуру або тріщин). Конкурентними перевагами скандинавських виробників на українському ринку є також найкраща пристосованість фарб для нашого клімату і широкий асортимент лаків та фарб для дерева [2].

Як показують дослідження, європейські матеріали в порівнянні з вітчизняними мають кращу покривну здатність і відповідно менший розхід матеріалу, не потребують спеціальних розчинників, менш вибагливі до поверхні нанесення матеріалу.

Аналіз проведених досліджень показав, що потрібно вітчизняним виробникам більшу увагу приділяти якості, екологічності та технологічності продукції. Потрібно також захистити вітчизняного споживача від підробок та неякісної продукції, а для цього потрібно державі підтримати вітчизняного виробника та одночасно контролювати якість продукції. Для цього необхідно, по-перше, необхідно ввести обов'язкову сертифікацію лакофарбової продукції. Вона має проводитися на основі результатів випробувань, виконаних у спеціалізованих випробувальних центрах, акредитованих Держстандартом. Сертифікація повинна бути обов'язковою для всіх без винятку підприємств, що випускають лакофарбову продукцію. По-друге, потрібно звернути особливу увагу на діючі та новоприйняті ТУ вітчизняних та закордонних стандартів. ТУ повинні обов'язково проходити реєстрацію в технічних комітатах при Держстандарті. По-третє, Держстандарт повинен посилити інспекційний контроль над діяльністю підприємств виробників лакофарбової продукції у та дотримання ними вимог нормативно – технічної документації на всіх стадіях виробництва.

Висновок

В роботі розглянуто структуру ринку лакофарбової продукції залежно від сфери застосування і цінних категорій. Наведено технічні характеристики використовуваних фарб та лаків, які найбільше приваблюють українського споживача.

В результаті проведених досліджень встановлено, що для підвищення конкурентоздатності лакофарбової продукції українських виробників виникає необхідність в подальших дослідженнях, розробках та впровадженні в виробництво нових технологій.

Література

1. Бондарчук П.Р., Жукова Ю.Р. Вибір оздоблювальних матеріалів // Ринок інсталляцій. – 2009. – № 03-04. – С.35-49.
2. Барабаш С.В., Трофімова Ю.В. Розвиток лакофарбових матеріалів // Тези доповідей V міжнародної наукової конференції «Інноваційні технології, впровадження та розвиток»: Т.2. – Дніпропетровськ: ДНДЦ, 2007. – С.46-47.
3. Лисенко О.М. Використання фарб в інтер'єрі сучасної квартири // Збірник наукових праць VII Міжнародної конференції «Оздоблювальні роботи в інтер'єрі», Київ 16-18 травня 2008р. – К: Просвіта. – 2008. – С. 217-223.
4. Трубін В.Н., Тарнавська С.А. Європейські виробники та їх продукція на українському ринку // Дзеркало тижня. – 2008. – № 119. – С. 38-46.
5. Химия и химическая технология в решении глобальных проблем/под. Ред. Л.Г.Третьяковой. – М.: Химия, -2005. – 115 с.

Надійшла 8.11.2009 р.

УДК 677.862.52

А.А. РЯБИНИНА, Д.Г. САРИБЕКОВА, А.В. ЕРМОЛАЕВА
Херсонский национальный технический университет

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ПОДГОТОВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КИСЛОТОЗАЩИТНОГО ЭФФЕКТА

У статті наведено результати впливу ступеня підготовки бавовняної тканини на стійкість кислотозахисного ефекту, отриманого на основі обробки метилсилікатом калія, до лужного гідролізу. Виявлено оптимальний режим підготовки тканин для кислотозахисної обробки з мінімальним числом операцій підготовки.

In the article the results of influence of degree of cottonade preparation are resulted on stability of acidproof effect, got on the basis of finishing of potassium methylsiliconat, to the alkaline hydrolysis. The optimum mode of preparation of fabrics is exposed for the acidproof finishing with the minimum number of preparatory operations.

Ключевые слова: кислотозащитная отделка, кремнийорганические соединения, кислотонепроницаемость.

Введение

Не смотря на то, что в последние годы в области придания кислотозащитных (КЗ) свойств текстильным материалам проводятся научно-исследовательские работы, этот вид заключительной отделки

остається одним из наименее изученных. В связи с этим необходимо проведение исследований, направленных на выявление закономерностей придания КЗ свойств хлопчатобумажным тканям. Это позволит решить важную проблему, стоящую в настоящее время перед текстильщиками, – выпуск в Украине доступных высококачественных тканей с КЗ свойствами, что будет способствовать обеспечению работников различных отраслей промышленности специальной защитной одеждой.

Анализ последних исследований и публикаций

Процесс подготовки хлопчатобумажной ткани является наиболее сложным в технологическом отношении, энергозатратным и трудоемким этапом отделочного производства, поэтому технологически и научно-обоснованное исключение некоторых операций актуально при выпуске хлопчатобумажных тканей высокого качества с низкой себестоимостью.

Известно, что подготовка включает совокупность процессов, обеспечивающих удаление из суровых тканей природных примесей и веществ, нанесенных на ткань при их изготовлении (замазливателей, шлихты, жирных и масляных пятен), с целью придания им высокой капиллярности и белизны.

При придании КЗ свойств следует учитывать, что по мере повышения капиллярных свойств текстильного материала повышается не только способность к более равномерному распределению отделочного препарата, как на поверхности, так и внутри волокна, но вместе с тем повышается его проницаемость. Известно, что в процессе подготовки на текстильные материалы воздействуют следующие агрессивные факторы:

1) щелочной варочный раствор при высокой температуре, который является причиной деструкции целлюлозного материала под воздействием кислорода воздуха;

2) перекисные соединения или хлорсодержащие агенты (хлорит, гипохлорит натрия), используемые при белинии и приводящие к снижению прочности и степени полимеризации (СП) целлюлозы.

Ранее нами было установлено, что чем выше СП исходного текстильного материала, тем потенциально большей кислотостойкостью он будет характеризоваться после защитной отделки. Поэтому, чем в более мягких условиях будет осуществляться подготовка текстильных материалов, тем более эффективной будет его устойчивость к агрессивной среде в результате придания КЗ свойств на стадии заключительной отделки. Кроме того, в настоящее время среди зарубежных, в том числе российских предприятий, которые специализируются на выпуске текстиля специального назначения, усиливается тенденция к производству тканей высокого качества [1-5].

Формулирование цели статьи

В соответствии с вышеизложенным в работе ставилась задача изучить влияние степени подготовки хлопчатобумажной ткани на устойчивость КЗ эффекта, полученного на основе отделки метилсиликонатом калия, к щелочному гидролизу и определить оптимальный режим подготовки тканей для КЗ отделки с минимальным числом подготовительных операций.

Изложение основного материала

В настоящей работе использовали хлопчатобумажную костюмную ткань специального назначения арт. ОВО129– ХЕ. Подготовка суровой ткани включала следующие стадии: расшлихтовка, щелочная отварка и белиние, и осуществлялась по вариантам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Стадии подготовки суровой хлопчатобумажной ткани

Стадии подготовки	Вариант подготовки					
	0	1	2	3	4	5
Расшлихтовка	–	+	+	+	–	–
Щелочная отварка	–	–	+	+	+	+
Белиние	–	–	–	+	–	+

Степень подготовки оценивалась по величине капиллярности (мм) согласно ГОСТ 29104.11 – 91 [6] (табл. 2). Капиллярность ткани определялась величиной подъема раствора бихромата калия (5 г/л) по полоске ткани длиной 30 см по основе через 30 и 60 минут. Минимальная капиллярность, которой должна обладать ткань, составляет 100 мм; хорошо подготовленные ткани характеризуются капиллярностью в пределах 150-170 мм.

Таблица 2

Влияние степени подготовки хлопчатобумажной ткани на величину показателя капиллярности

Показатель качества	Вариант подготовки					
	0	1	2	3	4	5
Капиллярность через 30 и 60 мин, мм	2	30	140	170	140	160
	4	45	170	195	170	190

Аппретирование суровой, а также подготовленных по вышеприведенным вариантам тканей проводилось путем нанесения составов на основе кремнийорганического препарата метилсиликоната калия (табл. 3) с последующей сушкой при 90°C и термообработкой при 150°C в течение 5 мин. Согласно

исследованиям [7] при отделке тканей составами, содержащими аминосиликоновую эмульсию, исключили операцию термофиксации. Качество КЗ отделки оценивали по устойчивости показателя кислотонепроницаемости к щелочному гидролизу. Процесс гидролиза в щелочной среде осуществляли путем обработки образцов аппретированной ткани в растворе 0,2 н NaOH при температуре 20 – 22 °С в течение времени, варьируемого условиями проведения эксперимента. После этого образцы тщательно промывались, высушивались, проглаживались, подвергались кондиционированию в течение 24 часов согласно ГОСТ 10681-75 [8], и на лицевую сторону наносили капли 20 % и 50 %--процентной серной кислоты (время экспозиции составляло 6 часов). Данные эксперимента представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние степени подготовки хлопчатобумажных тканей на устойчивость кислотозащитного эффекта к щелочному гидролизу

Компоненты отделочного состава	Вариант подготовки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Шифр образца							
	Г1	Г2	Г3	Г4	A2.1	A7.1	A 2	A 7
Концентрация компонентов, г/л								
ГКЖ– 11К	50	50	100	100	50	50	100	100
Ацетат циркония	–	10	–	10	10	10	10	10
Эмульсия H21637	–	–	–	–	10	–	10	–
Эмульсия H21642	–	–	–	–	–	10	–	10
Показатель качества								
Устойчивость эффекта кислотонепроницаемости к щелочному гидролизу при воздействии 50 % H ₂ SO ₄ , часы	Суровая							
	0	0	0	0	0	0	0	0
	Расшлихтованная							
	0,5	0,75	0,75	1	1	1,5	2	2,5
	Расшлихтованная, отваренная							
	2	2,5	3	3,5	3	3,5	15	16
	Расшлихтованная, отваренная, отбеленная							
	2	2,5	3	3,5	3	3,5	15	16
	Отваренная							
	2	2,5	3	3,5	3	3,5	15	16
Отваренная, отбеленная								
2	2,5	3	3,5	3	3,5	15	16	

Анализ полученных данных, представленных в табл. 3, позволяет сделать вывод о том, что существует определённая зависимость между степенью подготовки хлопчатобумажной ткани и качеством полученного эффекта кислотонепроницаемости. Так, суровая неаппретированная хлопчатобумажная ткань (вариант 0, табл. 1) из-за наличия природных жировосковых веществ и шлихты характеризуется очень низкой капиллярностью (4 мм, табл. 2). После отделки составами на основе метилсиликоната калия суровая ткань приобретает КЗ свойства, однако эффект не устойчив к щелочному гидролизу (табл. 3). Это объясняется тем, что кремнийорганические препараты размещаются на поверхности воскообразных веществ, так как при этом доступ к гидроксильным группам целлюлозы затруднён. В результате такого размещения образуется двухслойное КЗ покрытие, первым слоем которого являются воскообразные вещества, которые придают тканям гидрофобность посредством остатков высших жирных кислот (как правило, стеариновой – C₁₇H₃₅), а в качестве второго слоя выступают силиконы. Однако следует отметить, что имеющиеся воскообразные вещества располагаются на волокне таким образом, что их гидрофобные группы направлены в сторону от поверхности волокна, в результате чего текстильные материалы не смачиваются водой, приобретая гидрофобность. Это, в свою очередь, может привести к нарушению ориентации гидрофобных метильных групп силиконов на поверхности воскообразных веществ и, как следствие, к повышению поверхностного натяжения и к смачиванию текстильного материала кислотой. Поскольку компоненты отделочного состава не имеют возможности связаться с волокном, то отделка не обладает устойчивостью к воздействию мыльно-содовых обработок, так как кремнийорганические соединения закрепляются на волокне механически – силами адгезии.

Удаление шлихты и замасливателей, наносимых на нити основы перед процессом ткачества для их упрочнения, и некоторого количества водорастворимых примесей целлюлозы (вариант 1, табл. 2) повышает капиллярность ткани и сорбционную способность, при этом, как следствие, будет увеличиваться количество нанесенного препарата по сравнению с суровой тканью. После отделки расшлихтованная ткань обладает КЗ эффектом, однако, его устойчивость к щелочному гидролизу низкая – от 0,5 до 2,5 часов, в зависимости от варианта отделки (табл. 3). Введение в отделочный состав соли циркония способствует повышению устойчивости эффекта к щелочному гидролизу на 0,25 часа, а аминосилоксановых эмульсий на 0,25 – 1,5 часа.

Удаление естественных примесей целлюлозы и, прежде всего, воскообразных, обуславливающих плохую смачиваемость и капиллярность, при щелочной отварке придает ткани способность быстро и равномерно смачиваться, о чем свидетельствует высокий показатель капиллярности – 140 мм (вариант 2, табл. 2). Устойчивость КЗ эффекта к щелочному гидролизу на тканях повышается. Так, для однокомпонентных составов (варианты 1, 3) устойчивость составляет 2 и 3 часа соответственно, для двухкомпонентных составов с введением ацетата циркония (варианты 2, 4) – 2,5– 3,5 часа, для трёхкомпонентных составов с аминофункциональным силосаном при концентрации метилсиликоната 50 г/л (варианты 5, 6) устойчивость составляет 3– 3,5 часа. Устойчивость кислотоотталкивания для тканей, аппретированных трёхкомпонентными составами при концентрации метилсиликоната 100 г/л (варианты 7, 8), резко возрастает и составляет 15, 16 часов. Такое резкое повышение устойчивости кислотоотталкивания отваренной ткани можно объяснить химическим взаимодействием аминосиликоновых соединений с волокном. Так, при низкой капиллярности (расшлихтованная ткань) введение в отделочные составы аминосодержащих полимеров не приводило к значительному повышению устойчивости отделки. Следовательно, аминосодержащие силиконы закреплялись на волокне силами адгезии. Дополнительная активация сорбционной поверхности хлопкового волокна способствует взаимодействию кремнийорганических соединений в трёхкомпонентном составе с целлюлозой хлопка. Для одно- и двухкомпонентных составов (варианты 1– 4, табл. 3) повышение капиллярных свойств и устойчивости КЗ эффекта обусловлено, главным образом, увеличением количества препаратов на волокне как на поверхности, так и внутри него. Это происходит в результате сорбции препаратов и диффузии их во внутренний объём волокна.

В результате расшлихтовки, отварки и беления (вариант 3, табл. 3) суровые хлопчатобумажные ткани полностью освобождаются от примесей. При этом достигается самая высокая капиллярность (170 мм) и смачиваемость и, вероятно, на ткани должно фиксироваться наибольшее количество силикона. Однако устойчивость КЗ эффекта на отваренных и отбеленных текстильных материалах по всем вариантам отделки не отличается от показателей, полученных на отваренных тканях.

Поскольку кислотонепроницаемость определяется поверхностными свойствами защитной пленки силиконов, образующейся в результате сушки и термофиксации ткани, дальнейшее увеличение внутренней сорбционной поверхности волокна не оказывает существенного влияния на устойчивость полученного эффекта к щелочному гидролизу. Вследствие этого нет необходимости в дополнительной операции отбелики, особенно при крашении тканей в темные тона.

Таким образом, можно заключить, что устойчивость кислотоотталкивания повышается с увеличением степени подготовки, при увеличении капиллярности. Однако указанное повышение имеет определённый предел, при котором устойчивость эффекта достигает максимальной величины, и дальнейшее увеличение капиллярности не способствует возрастанию устойчивости кислотоотталкивания. Поэтому утверждение о том, что чем выше качество подготовки – величина показателя капиллярности, тем выше устойчивость отделки неверно. Следовательно, для достижения максимально устойчивого эффекта кислотонепроницаемости при минимальных затратах и времени на подготовку текстильных материалов необходимо получить ткань с оптимальной величиной капиллярности, при этом возможно более полно сохранить физико-механические показатели и степень полимеризации ткани.

Поскольку в текстильном производстве процесс расшлихтовки очень часто совмещают с отваркой и белением, была исследована устойчивость КЗ эффекта к щелочному гидролизу на тканях, подготовленных по схемам, совмещающим процесс расшлихтовки с отваркой и белением (варианты 4 и 5 табл. 1).

Анализ полученных данных (табл. 3) позволил сделать вывод о том, что не наблюдается различий в устойчивости полученного эффекта на тканях, подготовленных по вариантам как в присутствии, так и с исключением операции расшлихтовки.

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что с учетом экономической целесообразности для достижения максимально устойчивого к щелочному гидролизу защитного эффекта необходимо использовать хлопчатобумажную ткань, процесс подготовки которой может ограничиваться операцией отварки.

Данные устойчивости КЗ эффекта на отваренной ткани, в зависимости от варианта отделки, к щелочному гидролизу представлены на диаграмме на рис. 1.

Анализ диаграммы на рис. 1 показывает, что именно при аппретировании отваренной ткани трёхкомпонентными составами, концентрация метилсиликоната калия в которых составляет 100 г/л,

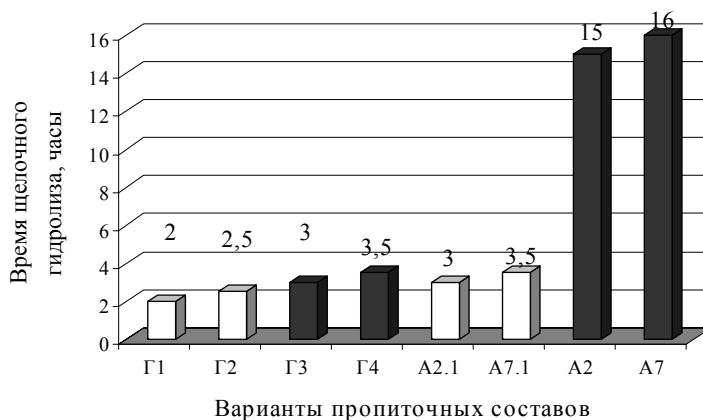


Рис. 1. Диаграмма зависимости устойчивости кислотоотталкивающего эффекта на отваренных тканях, аппретированных составами на основе кремнийорганических соединений, к щелочному гидролизу

происходит резкое повышение устойчивости кислотонепроницаемости к щелочному гидролизу. Сравнение влияния эмульсий аminosилоксанов H21637 и H21642 с разным содержанием азота при концентрации их в растворе 10 г/л на устойчивость КЗ эффекта свидетельствует о том, что значительной разницы между ними не наблюдается.

Выводы

1. Устойчивость кислотонепроницаемости повышается с увеличением степени подготовки, при увеличении капиллярности, однако активацию сорбционной способности текстильного материала целесообразно повышать до определённого предела, поскольку дальнейшее увеличение капиллярных свойств не оказывает влияния на устойчивость кислотозащитного эффекта к щелочному гидролизу.

2. Резкое повышение устойчивости кислотоотталкивания отваренной ткани, аппретированной трёхкомпонентными составами (концентрация метилсиликоната – 100 г/л), можно объяснить химическим взаимодействием аminosилоксановых соединений с целлюлозой в результате дополнительной активации сорбционной поверхности хлопкового волокна.

3. Для одно- и двухкомпонентных составов на основе метилсиликоната калия увеличение устойчивости кислотозащитного эффекта при повышении капиллярных свойств обусловлено, главным образом, увеличением количества препаратов на волокне.

4. Принимая во внимание аспекты экономической эффективности, можно рекомендовать схему подготовки хлопчатобумажной ткани перед кислотозащитной отделкой составами на основе метилсиликоната калия, включающую только отварку.

Литература

1. Фомченкова Л.Н. Современные материалы для рабочей и специальной одежды / Л.Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 32-37.
2. Фомченкова Л.Н. Новые ткани для профессиональной одежды отечественного производства / Л.Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2005. – № 5. – С. 30-35.
3. Фомченкова Л.Н. Смесовые ткани зарубежных фирм для профессиональной одежды / Л.Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2005. – № 6. – С. 44-48.
4. Фомченкова Л.Н. Новые ткани для защитной одежды зарубежных фирм / Л.Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2005. – № 9. – С. 38-43.
5. Самарина С.В. Ткани для профессиональной одежды (из практики фирмы «Формика») / С.В. Самарина // Текстильная промышленность. – 2007. – № 3. – С. 58-60.
6. ГОСТ 29104.11-91. Ткани технические. Метод определения капиллярности. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 4 с.
7. Сарибекова Д.Г. Совершенствование кислотозащитной отделки хлопчатобумажных тканей на основе использования алкилсиликоната калия / Д.Г. Сарибекова, А.А. Рябинина // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2006. – № 3 (26). – С. 135-140.
8. ГОСТ 10681 – 75. Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 5 с.

Надійшла 23.11.2009 р.

УДК 621.3.049

В.С. ОСАДЧУК, Ю.С. КРАВЧЕНКО, О.О. СЕЛЕЦЬКА

Вінницький національний технічний університет

ОПТИЧНИЙ МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З ФОТОТРАНЗИСТОРОМ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Розроблено математичну модель мікроелектронного оптичного перетворювача для контролю плазмохімічних процесів, яка складається з біполярного та МДН- транзисторів та фототранзистора в якості фоточутливого елемента, на основі якої отримано аналітичні залежності для функції перетворення та рівняння чутливості.

The mathematical model of microelectronic optical converter composed of bipolar and mosfet transistors with photo transistor as photosensitive element has been developed. On the base of this model analytical dependences of function of transformation and the equation of sensitivity are received.

Ключові слова: оптичний перетворювач, чутливість, біполярний транзистор, МДН транзистор.

Вступ

Базовим елементом системи управління плазмохімічних технологічних процесів є безперервний моніторинг їх фізичних та технологічних параметрів [1,2], який здійснюється за рахунок збору та обробки інформації від спеціальних сенсорів. Високої точності в системах контролю таких технологічних процесів можна досягнути використовуючи оптоелектронні сенсори на основі транзисторних структур з від'ємним опором [3]. Тому дана робота присвячена дослідженню характеристик оптичного перетворювача на основі автогенераторного пристрою, в якому коливальний контур створено на основі ємнісної складової повного вихідного опору та зовнішньої індуктивності. Фоточутливим елементом схеми є фототранзистор, який має істотно більшу інтегральну чутливість, ніж фотодіод та ширший частотний діапазон, ніж у фоторезистора [4].

Постановка задачі досліджень

Для виявлення властивостей частотного оптичного перетворювача необхідно розробити математичну модель, на основі якої можна отримати залежність активної і реактивної складової повного опору структури від освітленості та вивести функцію перетворення оптичного перетворювача, який використовується в системі контролю плазмохімічних процесів. Одним із таких процесів є процес травлення органічного фоторезисту, де оптичний частотний перетворювач використовується для реєстрації випромінювання смуги СО з довжиною хвилі 520 нм. Розгляду цих питань присвячена дана робота.

Математична модель

Схема частотного перетворювача з фототранзистором представлена на рис. 1. Випромінювання, що потрапляє на фототранзистор VT3, має довжину хвилі 520 нм. Для виділення цієї смуги використовувався смуговий інтерференційний фільтр.

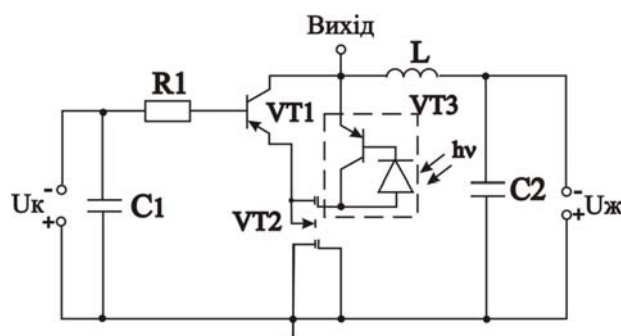


Рис. 1. Схема мікроелектронного оптичного перетворювача з фототранзистором

Для визначення функції перетворення фотоперетворювача необхідно розрахувати повний опір на електродах колектор-стік транзисторів VT1 та VT2 згідно з його еквівалентною схемою для змінного струму (рис. 2).

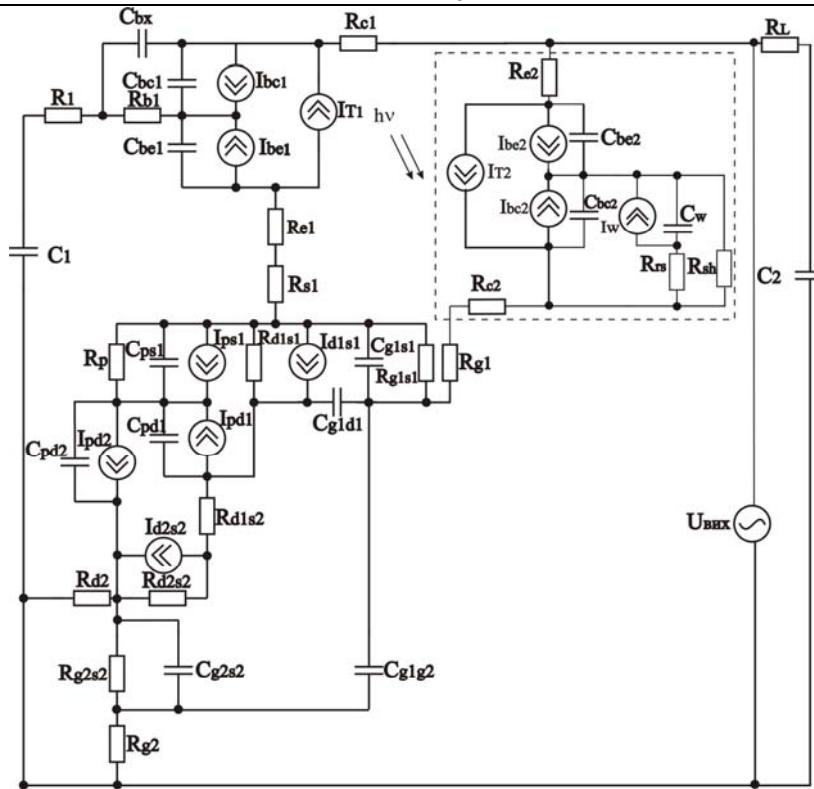


Рис. 2. Еквівалентна схема оптичного перетворювача по змінному струму

Перетворимо її в зручнішу для проведення розрахунків (рис. 3).

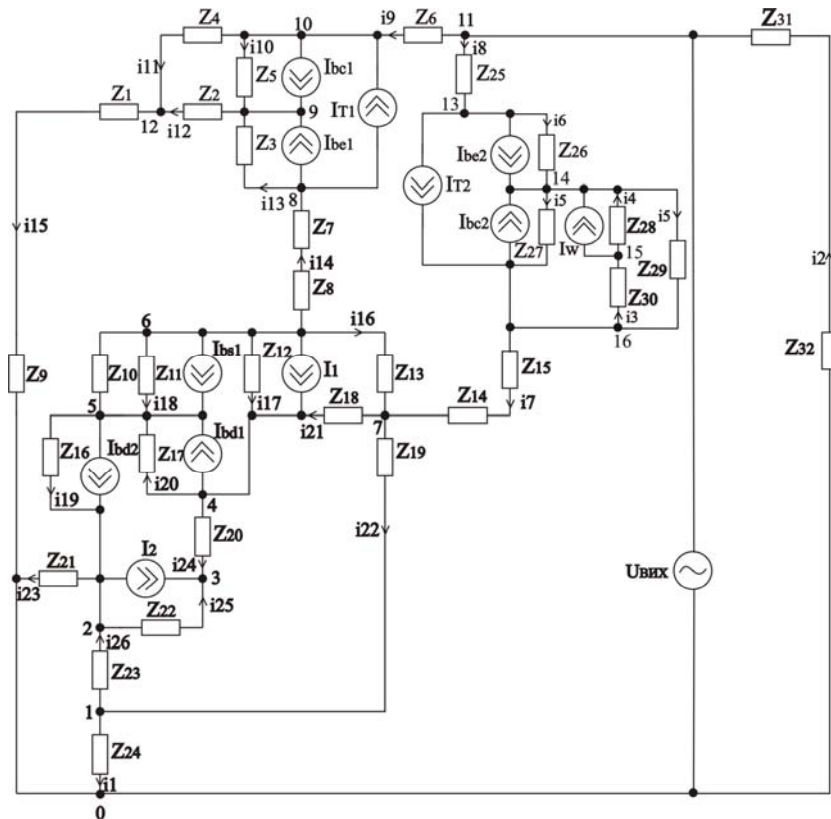


Рис. 3. Перетворена еквівалентна схема оптичного перетворювача по змінному струму

На основі перетвореної еквівалентної схеми (рис. 3) для розрахунку повного опору схеми складемо систему рівнянь Кірхгофа, використавши метод вузлових потенціалів. Система рівнянь Кірхгофа для змінного струму має вигляд:

$$\begin{cases}
0 = -\varphi_1(Y_1 + Y_{26} + Y_{22}) + \varphi_2 Y_{26} + \varphi_7 Y_{22} \\
I_2 - I_{bd2} = \varphi_1 Y_{26} - \varphi_2(Y_{26} + Y_{25} + Y_{23} + Y_{19}) + \varphi_3 Y_{25} + \varphi_5 Y_{19} \\
-I_2 = \varphi_2 Y_{25} - \varphi_3(Y_{25} + Y_{24}) + \varphi_4 Y_{24} \\
I_{bd1} - I_1 = \varphi_3 Y_{24} - \varphi_4(Y_{24} + Y_{20} + Y_{17} + Y_{21}) + \varphi_5 Y_{20} + \varphi_6 Y_{17} + \varphi_7 Y_{21} \\
I_{bd2} - I_{bs1} - I_{bd1} = \varphi_2 Y_{19} + \varphi_4 Y_{20} - \varphi_5(Y_{18} + Y_{19} + Y_{20}) + \varphi_6 Y_{18} \\
I_{bs1} + I_1 = \varphi_4 Y_{17} + \varphi_5 Y_{18} - \varphi_6(Y_{18} + Y_{17} + Y_{14} + Y_{16}) + \varphi_7 Y_{16} + \varphi_8 Y_{14} \\
0 = \varphi_1 Y_{22} + \varphi_4 Y_{21} + \varphi_6 Y_{16} - \varphi_7(Y_{21} + Y_{16} + Y_7 + Y_{22}) + \varphi_{16} Y_7 \\
I_{be1} + I_{T1} = \varphi_6 Y_{14} - \varphi_8(Y_{13} + Y_{14}) + \varphi_9 Y_{13} \\
-(I_{bc1} + I_{be1}) = \varphi_8 Y_{13} - \varphi_9(Y_{10} + Y_{13} + Y_{12}) + \varphi_{10} Y_{10} + \varphi_{12} Y_{12} \\
I_{bc1} - I_{T1} = \varphi_9 Y_{10} - \varphi_{10}(Y_{11} + Y_{10} + Y_9) + \varphi_{11} Y_9 + \varphi_{12} Y_{11} \\
-U_{aux} Y_2 = \varphi_{10} Y_9 - \varphi_{11}(Y_9 + Y_8 + Y_2) + \varphi_{13} Y_8 \\
0 = \varphi_9 Y_{12} + \varphi_{10} Y_{11} - \varphi_{12}(Y_5 + Y_{11} + Y_{12}) \\
I_{T2} + I_{be2} = \varphi_{11} Y_8 - \varphi_{13}(Y_{18} + Y_6) + \varphi_{14} Y_6 \\
-(I_{bc2} + I_{be2} + I_W) = \varphi_{13} Y_6 - \varphi_{14}(Y_6 + Y_5 + Y_4) + \varphi_{15} Y_4 + \varphi_{16} Y_5 \\
I_W = \varphi_{14} Y_4 - \varphi_{15}(Y_4 + Y_3) + \varphi_{16} Y_3 \\
I_{bc2} - I_{T2} = \varphi_7 Y_7 + \varphi_{14} Y_5 + \varphi_{15} Y_3 - \varphi_{16}(Y_5 + Y_3 + Y_7)
\end{cases} \quad (1)$$

Провідності гілок схеми визначаються за формулами:

$$\begin{aligned}
Y_1 &= 1/Z_{24}; Y_2 = 1/(Z_{32} + Z_{31}); Y_3 = 1/Z_{30}; Y_4 = 1/Z_{28}; Y_5 = (Z_{27} + Z_{29})/(Z_{27}Z_{29}); \\
Y_6 &= 1/Z_{26}; Y_7 = 1/(Z_{15} + Z_{14}); Y_8 = 1/Z_{25}; Y_9 = 1/Z_6; Y_{10} = 1/Z_5; Y_{11} = 1/Z_4; Y_{12} = 1/Z_2; \\
Y_{13} &= 1/Z_3; Y_{14} = 1/(Z_7 + Z_8); Y_{15} = 1/Z_9; Y_{16} = 1/Z_{13}; Y_{17} = 1/Z_{12}; Y_{18} = (Z_{11} + Z_{10})/(Z_{10}Z_{11}); \\
Y_{19} &= 1/Z_{16}; Y_{20} = 1/Z_{17}; Y_{21} = 1/Z_{18}; Y_{22} = 1/Z_{19}; Y_{23} = 1/Z_{21}; Y_{24} = 1/Z_{20}; Y_{25} = 1/Z_{22}; \\
Y_{26} &= 1/Z_{23},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{де } Z_1 &= R_1; Z_2 = R_{b1}; Z_3 = -j/\omega(C_{bc1}); Z_4 = -j/(\omega C_{bx}); Z_5 = -j/(\omega C_{bc1}); \\
Z_6 &= R_{c1}; Z_7 = R_{e1}; Z_8 = R_{s1}; Z_9 = -j/(\omega C_1); Z_{10} = R_p; Z_{11} = -j/(\omega C_{ps1}); \\
Z_{12} &= R_{d1s1}; Z_{13} = R_{g1s1}/(1 + \omega^2 R_{g1s1}^2 C_{g1s1}^2) - j(R_{g1s1}^2 \omega C_{g1s1}/(1 + \omega^2 R_{g1s1}^2 C_{g1s1}^2)); \\
Z_{14} &= R_{g1}; Z_{15} = R_{c2}; Z_{16} = -j/(\omega C_{pd2}); Z_{17} = -j/(\omega C_{pd1}); Z_{18} = -j/(\omega C_{g1d1}); \\
Z_{19} &= -j/\omega(C_{g1g2}); Z_{20} = R_{d1s2}; Z_{21} = R_{d2}; Z_{22} = R_{d2s2}; \\
Z_{23} &= R_{g2s2}/(1 + \omega^2 R_{g2s2}^2 C_{g2s2}^2) - j(R_{g2s2}^2 \omega C_{g2s2}/(1 + \omega^2 R_{g2s2}^2 C_{g2s2}^2)); Z_{24} = R_{g2}; \\
Z_{25} &= R_{e2}; Z_{26} = -j/\omega(C_{be2}); Z_{27} = -j/\omega(C_{bc2}); Z_{28} = -j/(\omega C_W); Z_{29} = R_{sh}; Z_{30} = R_{rs}; \\
Z_{31} &= j\omega L; Z_{32} = -j/(\omega C_2),
\end{aligned}$$

де R_{b1} , R_{c1} , R_{e1} – об’ємний опір бази, колектора і емітера транзистора VT1, відповідно; R_{e2} , R_{c2} – об’ємний опір емітера і колектора фототранзистора VT3 відповідно; C_{bc1} , C_{be1} – ємність переходу база-колектор та база-емітер транзистора VT1 відповідно; C_{bc2} , C_{be2} – ємність переходу база-колектор та база-емітер транзистора VT3 відповідно; C_{bx} – ємність між зовнішнім виводом бази і колектора транзистора VT1; R_{g1} – об’ємний опір затвору, R_{g1s1} та R_{g2s2} – об’ємні опори затвор-витік МДН-транзистора; R_{d1s1} , R_{d1s2} та R_{d2s2} – опори стік-витік МДН-транзистора; R_{s1} , R_{d2} , R_{g1} та R_{g2} – об’ємні опори витоку, стоку та затворів двозатворного МДН-транзистора відповідно; R_p – опір підкладки; R_{rs} – опір діода, що входить до складу фототранзистора VT3; R_{sh} – шунтуючий опір діода фототранзистора VT3; C_{g1s1} та C_{g2s2} – ємності затвор-витік; C_{g1d1} – ємність затвор-стік; C_{ps1} – ємність підкладка-витік; C_{pd1} та C_{pd2} – ємності підкладка-стік; C_1 та C_2 – ємності конденсаторів C_1 та C_2 відповідно; C_W – ємність p-n переходу діода фототранзистора VT3.

Систему рівнянь (1) розв’язуємо за методом Гауса за допомогою програмного пакету Matlab 5.2.

На рис. 4 та 5 показані розрахункові та експериментальні залежності активної складової повного

опору та ємнісної реактивної складової повного опору від напруги живлення відповідно.

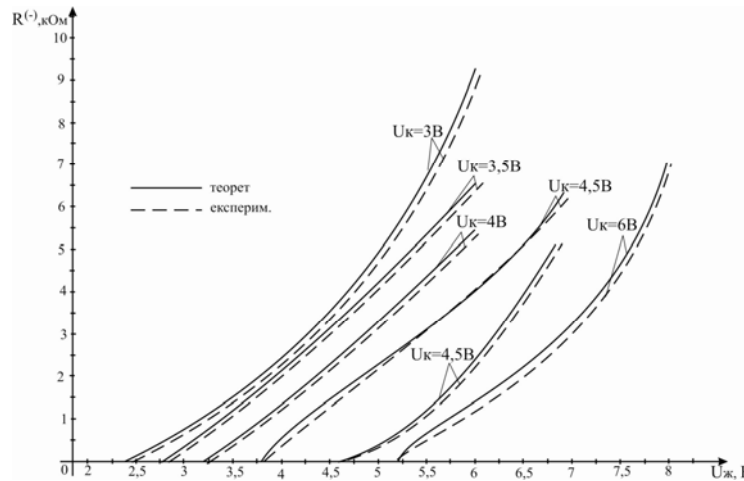


Рис. 4. Теоретичні та експериментальні залежності активної складової опору від напруги живлення

Активна складова повного опору при напрузі живлення 6 В має максимальне значення і збільшується із збільшенням напруги живлення.

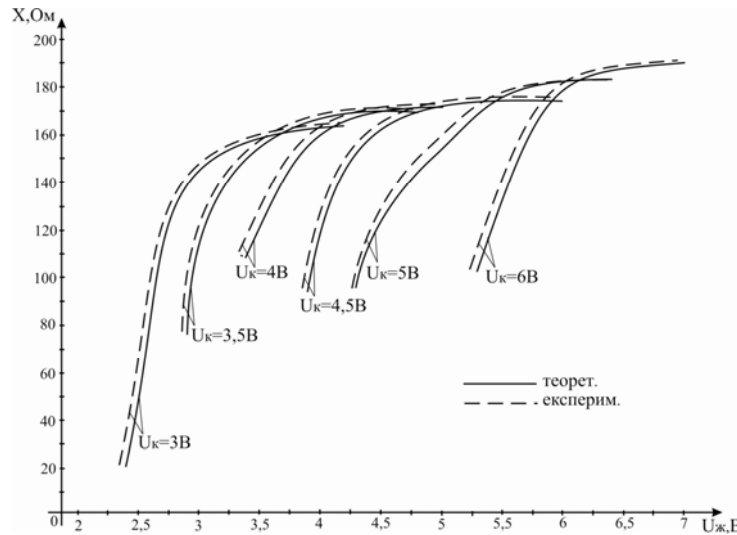


Рис. 5. Теоретичні та експериментальні залежності реактивної складової повного опору від зміни напруги живлення

Реактивна складова повного опору при напрузі живлення 7 В має максимальне значення і зменшується із зменшенням напруги живлення.

Для визначення функції перетворення необхідно на основі розв'язку системи рівнянь Кірхгофа (2) знайти залежність частоти генерації від потужності оптичного випромінювання [5]. Функція перетворення в цьому випадку буде мати вигляд:

$$F = \frac{1}{4} \frac{\sqrt{2} \sqrt{LC_{g1g2} (A_1 + \sqrt{A_2 + R_{rs}^4(E) C_W^4(E) + 2R_{rs}^4(E) C_W^3(E) C_{g1g2} + R_{rs}^4(E) C_W^2(E) C_{g1g2}^2})}}{\pi LC_{g1g2} C_W(E) R_{rs}(E)}, \quad (3)$$

де $A_1 = -LC_{g1g2} + R_{rs}^2(E) C_W^2(E) + R_{rs}^2(E) C_W(E) C_{g1g2},$

$$A_2 = L^2 C_{g1g2}^2 + 2LC_{g1g2} R_{rs}^2(E) C_W^2(E) - 2LC_{g1g2}^2 R_{rs}^2(E) C_W.$$

Залежність частоти генерації від освітленості, визначена експериментально та розрахована за формулою (3) для випромінювання з довжиною хвилі 520 нм, показана на рис. 6.

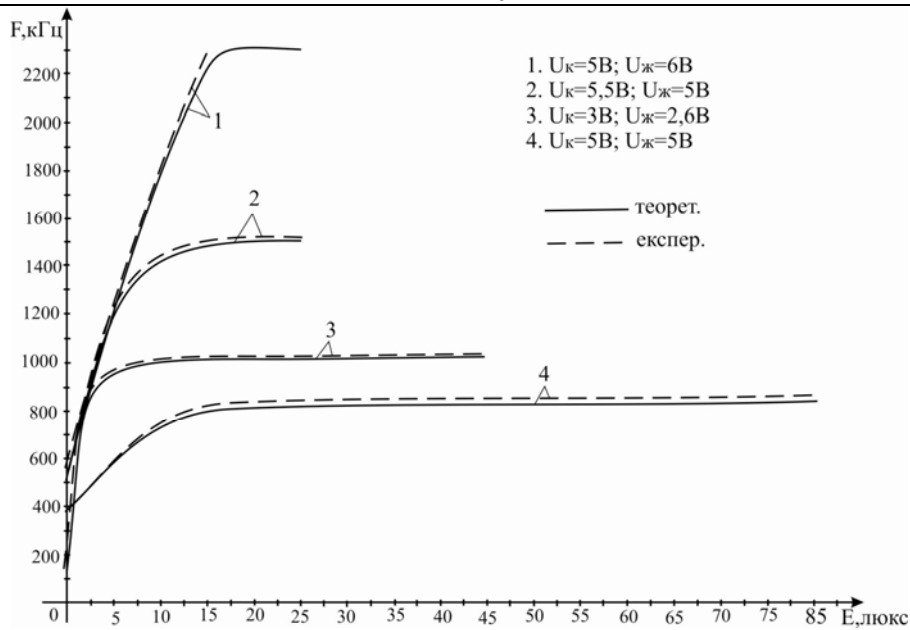


Рис. 6. Теоретичні та експериментальні залежності частоти генерації від освітленості ($\lambda=520$ нм) для різних робочих точок автогенератора: 1,2 – для фототранзистора РТ928-7С; 3,4 – для фототранзистора РТ928-6С

З графіка видно, що із збільшенням освітленості випромінювання плазми спостерігається зростання частоти генерації. Розбіжність теоретичної та експериментальної складової не перевищує $\pm 3\%$.

Чутливість перетворювача визначається за формулою:

$$S = \frac{1}{8} \sqrt{2} (LC_{g1g2} \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right) (-LC_{g1g2} + R_{rs}^2(E) C_W^2(E) + R_{rs}^2(E) C_W(E) C_{g1g2} + \sqrt{B_1}) +$$

$$+ LC_{g1g2} C_W(E) (2R_{rs}(E) C_W^2(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right) + 2R_{rs}^2(E) C_W(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right) +$$

$$+ 2R_{rs}(E) C_W(E) C_{g1g2} \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right) + R_{rs}^2(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right) C_{g1g2} + \frac{0.5B_3}{\sqrt{B_1}}) /$$

$$/ (\pi B_2 LC_{g1g2} C_W(E) R_{rs}(E)) - \frac{1}{4} \frac{\sqrt{2} B_2 \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right)}{\pi LC_{g1g2} C_W(E) R_{rs}^2(E)} - \frac{1}{4} \frac{\sqrt{2} B_2 \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right)}{\pi LC_{g1g2} R_{rs}(E) C_W^2(E)}, \quad (4)$$

де

$$B_1 = L^2 C_{g1g2}^2 + 2LC_{g1g2} R_{rs}^2(E) C_W^2(E) - 2LC_{g1g2}^2 R_{rs}^2(E) C_W(E) + R_{rs}^4(E) C_W^4(E) +$$

$$+ 2R_{rs}^4(E) C_W^3(E) C_{g1g2} + R_{rs}^4(E) C_W^2(E) C_{g1g2}^2,$$

$$B_2 = \sqrt{LC_{g1g2} C_W(E) (-LC_{g1g2} + R_{rs}^2(E) C_W^2(E) + R_{rs}^2(E) C_W(E) C_{g1g2} + \sqrt{B_1})}$$

$$B_3 = 4LC_{g1g2} C_W^2(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right) + 4LC_{g1g2} R_{rs}^2(E) C_W(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right) -$$

$$- 4LC_{g1g2}^2 R_{rs}(E) C_W(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right) - 2LC_{g1g2}^2 R_{rs}^2(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right) +$$

$$+ 4R_{rs}^3(E) C_W^4(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right) + 4R_{rs}^4(E) C_W^3(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right) + 4C_{g1g2} R_{rs}^3(E) C_W^2(E) \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right) +$$

$$+ 4R_{rs}^3(E) C_W^2(E) C_{g1g2}^2 \left(\frac{\partial}{\partial E} R_{rs}(E) \right) + 2R_{rs}^4(E) C_W(E) C_{g1g2}^2 \left(\frac{\partial}{\partial E} C_W(E) \right).$$

На рис. 7 показана залежність чутливості оптичного перетворювача від освітленості.

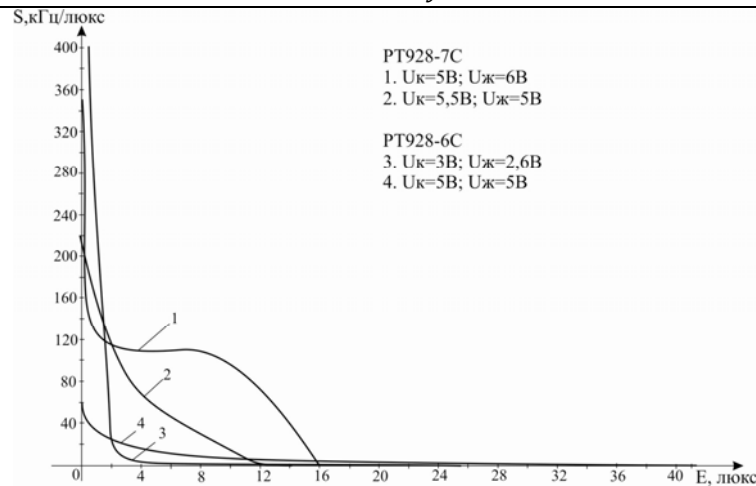


Рис. 7. Залежність чутливості оптичного частотного перетворювача від освітленості для фототранзисторів PT928-7C та PT928-6C

Висновки

Розроблена математична модель емісійно-спектрального частотного перетворювача, на основі автогенератора з біполярного то польового транзисторів з фототранзистором в якості чутливого елементу. На основі моделі отримано аналітичні вирази для функції перетворення та рівняння чутливості. Теоретичні та експериментальні залежності показали, що чутливість розробленого оптичного перетворювача складає 1-400 кГц/люкс.

Література

1. Таруи Ясуо. Основы технологии СБИС / Ясуо Таруи: [пер.с япон.]; под. ред. В.Г. Ржанова. – М.: Радио и связь, 1985. – 480 с.
2. Кравченко Ю. С. Шляхи підвищення ефективності контролю і управління плазмохімічними процесами / Юрій Степанович Кравченко, Володимир Степанович Осадчук, Сергій Юрійович Кравченко // Вісник ВПІ. – 2007. – № 6. – С.119-125
3. Осадчук А.В. Фоточувствительные преобразователи на основе структур с отрицательным сопротивлением: [монография] / А.В. Осадчук. – Винница: Континент, 1998. – 130 с.
4. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов / Я. А. Федотов. – М.: Сов. радио, 1970. – 591 с.
5. Осадчук О.В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором / О.В. Осадчук. – Вінниця: "УНІВЕРСУМ-Вінниця", 2000. – 303 с.

Надійшла 23.11.2009 р.

УДК 612.317 + 534.7

Ю.В. СЕНЧИШИНА

Хмельницький національний університет

УТОЧНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ФАЗОВОГО МЕТОДУ ПОШУКУ ВІДСТАНЕЙ ТА КОЕФІЦІЄНТІВ ВІДБИТТЯ В БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Стаття присвячена розробці уточнених виразів для знаходження відстаней до об'єктів внутрішньої структури біологічних організмів, а також коефіцієнтів відбиття від кожного об'єкту. Для уточнення було враховано те що в кожній біологічній тканині різні швидкості розповсюдження ультразвукових хвиль та коефіцієнти згасання.

The article is dedicated to mining of updated expressions for finding of spacing intervals to objects of an inner pattern of biological organisms, and also reflection coefficients from everyone to object. For refinement that was taken into account that in each biological tissue miscellaneous rate of propagations of ultrasonic waves and factors of fading.

Ключові слова: відстань до об'єктів, коефіцієнт відбиття, ультразвукова хвиля.

Вступ. Розроблена математична модель аналітичного фазового методу [1] дозволяє знайти фазові зсуви та амплітуди сигналів відбитих від декількох об'єктів, це дозволяє знайти відстані до кожного об'єкту та коефіцієнти відбиття кожного об'єкту які є характеристиками об'єктами. Але у випадку біологічних об'єктів внутрішня структура яких є дуже складною дана модель буде давати значні похибки, тому як у кожній біологічній тканині акустичні властивості є унікальними [2-4]. Для знаходження точних значень відстаней та коефіцієнтів відбиття потрібно врахувати різні швидкості розповсюдження ультразвукових

хвиль в біологічних тканинах, а також різні коефіцієнти згасання. Отже, завданням даного дослідження є пошук математичних виразів для знаходження відстаней та коефіцієнтів відбиття об'єктів в біологічних організмах, які б враховували різні швидкості розповсюдження та коефіцієнти згасання в біологічних тканинах.

Основна частина. Розроблена математична модель аналітичного фазового методу [1] в результаті усіх перетворень дозволяє записати степеневе рівняння. Після розв'язання рівняння, отримуємо значення векторів сигналів відбитих від кожного об'єкту в комплексній формі. Для отримання повної інформації про об'єкти необхідно віднайти модулі і аргументи кожного вектору, які дадуть змогу розрахувати коефіцієнти відбиття та відстані до кожного об'єкту. Для цього застосовуємо формули:

$$l_1 = \frac{\varphi_1 v}{4\pi f}, l_2 = \frac{\varphi_2 v}{4\pi f}, l_3 = \frac{\varphi_3 v}{4\pi f}, \dots, l_s = \frac{\varphi_s v}{4\pi f}. \quad (1)$$

$$k_1 = \frac{a_1}{a}, k_2 = \frac{a_2}{a}, k_3 = \frac{a_3}{a}, \dots, k_s = \frac{a_s}{a}. \quad (2)$$

Розглядаючи вирази (1) і (2) необхідно зробити наступні зауваження. По-перше, у випадку ультразвукової діагностики біологічних об'єктів швидкості звуку різні в різних середовищах, причому звукова хвиля спочатку проходить через перше середовище набуваючи певного фазового зсуву, потім через друге середовище із певним фазовим зсувом, і так до останнього середовища, після чого хвиля іде у зворотному напрямку так само набуваючи фазових зсувів. По-друге, при проходженні через першу границю розділення двох середовищ із різними акустичними опорами, частина хвилі відбивається, а друга проходить далі, і так з усіма об'єктами дослідження. По-третє, сигнал набуває згасання, причому при проходженні через різні середовища із різними коефіцієнтами згасання пропорційно відстані.

З огляду на все вище викладене, вирази (1) і (2) потрібно змінити.

Зонduючий сигнал проходить через перше середовище, відбивається від границі між першим і другим середовищами і повертається до ультразвукового давача. Тому як анатомія людини і тварин добре відома, то відомі і акустичні властивості різних тканин організму та їх взаємне розташування. Отже, знаючи якою є перша тканина, можна взяти табличне значення швидкості розповсюдження ультразвуку в цій тканині v_1 . В такому разі відстань до першої границі розділення двох тканин може бути обрахована за формулою:

$$l_1 = \frac{\varphi_1 v_1}{4\pi f}. \quad (3)$$

Сигнал, що відбивається від другої границі розділення двох середовищ, проходить подвійну відстань l_1 (в прямому і зворотному напрямках), яка обраховується за виразом (3), а також подвійну відстань у другому середовищі із відомою швидкістю розповсюдження ультразвуку v_2 . В другому середовищі сигнал набуває фазового зсуву $\varphi_2 - \varphi_1$. Тоді відстань до другої границі розділення двох середовищ можна знайти за виразом:

$$l_2 = l_1 + \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)v_2}{4\pi f}. \quad (4)$$

Сигнал, який відбивається від третьої границі розділення двох середовищ проходить подвійну відстань l_2 . В третьому середовищі розповсюджується із швидкістю v_3 і набуває фазового зсуву $\varphi_3 - \varphi_2$. Тоді вираз для знаходження відстані l_3 буде наступний:

$$l_3 = l_2 + \frac{(\varphi_3 - \varphi_2)v_3}{4\pi f}. \quad (5)$$

Продовжуючи аналогічні міркування можна записати узагальнений вираз для знаходження відстаней до s -ї границі двох середовищ:

$$l_s = l_{s-1} + \frac{(\varphi_s - \varphi_{s-1})v_s}{4\pi f}. \quad (6)$$

Змінюючи значення s , можна розраховувати значення відстаней до будь-якої границі розділення двох середовищ, але усі розрахунки потрібно проводити починаючи із першого значення, тому як результати попередніх розрахунків використовуються для наступних.

Особливу увагу викликають реальні коефіцієнти відбиття, тому як саме коефіцієнт відбиття характеризує дві тканини. Якщо одна із тканин є відомою, то тоді можна ідентифікувати другу. Це потрібно при ідентифікації різних доброякісних і злоякісних новоутворень, каменів, запальних процесів тощо. Отже, зонduючий сигнал проходить відстань l_1 до першої границі розділення двох тканин і відбивається. Причому, при проходженні по середовищу сигнал зазнає згасання із коефіцієнтом згасання α_1 . Таким чином, на відстані l_1 зонduючий сигнал буде мати амплітуду $a \cdot e^{-\alpha_1 l_1}$. Але відбитий сигнал також згасає і, відповідно, сигнал відбитий від першої границі двох середовищ, що прийшов на УЗ давач буде мати

амплітуду $a_1 = a_{e1} \cdot e^{-\alpha_1 l_1}$, де a_{e1} – амплітуда відбитого сигналу в точці границі двох середовищ. Тоді $a_{e1} = a_1 / e^{-\alpha_1 l_1}$. Звідси реальний коефіцієнт відбиття буде дорівнювати:

$$k_1 = \frac{a_1 / e^{-\alpha_1 l_1}}{a \cdot e^{-\alpha_1 l_1}} = \frac{a_1}{a} e^{2\alpha_1 l_1}. \quad (7)$$

При відбитті від другої границі двох середовищ зонduючий сигнал проходить по першому середовищу відстань l_1 , згасає на величину $e^{-\alpha_1 l_1}$, частково проходить через першу границю розділення двох середовищ, коефіцієнт проходження при цьому $1 - k_1$, далі проходить по другому середовищу відстань $l_2 - l_1$ і згасає на величину $e^{-\alpha_2(l_2 - l_1)}$. Сигнал відбитий від другої границі двох середовищ проходить у зворотному напрямку по другому середовищу відстань $l_2 - l_1$ і згасає на величину $e^{-\alpha_2(l_2 - l_1)}$, проходить через границю розділення першого і другого середовищ з коефіцієнтом проходження $1 - k_1$, проходить по першому середовищу відстань l_1 і згасає на величину $e^{-\alpha_1 l_1}$. Враховуючи вище викладене, отримуємо вираз для знаходження коефіцієнта відбиття від другої границі розділення двох середовищ:

$$k_2 = \frac{a_2 / (e^{-\alpha_1 l_1} \cdot (1 - k_1) \cdot e^{-\alpha_2(l_2 - l_1)})}{a \cdot (e^{-\alpha_1 l_1} \cdot (1 - k_1) \cdot e^{-\alpha_2(l_2 - l_1)})} = \frac{a_2}{a} \cdot \frac{e^{2(\alpha_1 l_1 + \alpha_2(l_2 - l_1))}}{(1 - k_1)^2}. \quad (8)$$

Для сигналу, який відбивається від третьої границі двох середовищ відбувається наступна картина. В прямому напрямку сигнал проходить через три середовища і дві границі розділення двох середовищ, при цьому зазнає згасання: $e^{-\alpha_1 l_1}$, $e^{-\alpha_2(l_2 - l_1)}$, $e^{-\alpha_3(l_3 - l_2)}$, а також проходить лише частина сигналу на кожній границі: $1 - k_1$ на першій і $1 - k_2$ на другій. При проходженні відбитого сигналу у зворотному напрямку спостерігається аналогічна картина. Сигнал відбитий від третьої границі двох середовищ зазнає згасання на трьох ділянках, та частково проходить через дві попередні границі. Отже, отримуємо наступний вираз для знаходження коефіцієнта відбиття від третьої границі розділення двох середовищ:

$$k_3 = \frac{a_3 / (e^{-\alpha_1 l_1} \cdot (1 - k_1) \cdot e^{-\alpha_2(l_2 - l_1)} \cdot (1 - k_2) \cdot e^{-\alpha_3(l_3 - l_2)})}{a \cdot (e^{-\alpha_1 l_1} \cdot (1 - k_1) \cdot e^{-\alpha_2(l_2 - l_1)} \cdot (1 - k_2) \cdot e^{-\alpha_3(l_3 - l_2)})} = \frac{a_3}{a} \cdot \frac{e^{2(\alpha_1 l_1 + \alpha_2(l_2 - l_1) + \alpha_3(l_3 - l_2))}}{((1 - k_1) \cdot (1 - k_2))^2}. \quad (9)$$

Продовжуючи аналогічні міркування можна отримати наступний вираз для k_s – коефіцієнта відбиття від s-ї границі розділення двох середовищ:

$$k_s = \frac{a_s}{a} \cdot \frac{e^{2(\alpha_1 l_1 + \alpha_2(l_2 - l_1) + \alpha_3(l_3 - l_2) + \dots + \alpha_s(l_s - l_{s-1}))}}{((1 - k_1) \cdot (1 - k_2) \cdot \dots \cdot (1 - k_{s-1}))^2}. \quad (10)$$

Розрахунки коефіцієнтів відбиття потрібно проводити лише після отримання значень відстаней до кожної границі розділення двох середовищ. Також, як і при розрахунках відстаней за виразами (3) – (6), усі розрахунки коефіцієнтів відбиття потрібно проводити послідовно від першого до останнього, використовуючи результати отримані в попередніх розрахунках для наступних обчислень. Амплітуди відбитих сигналів A_s потрібно брати із попередніх розрахунків за методикою [1]. Причому, сигнали, які відбилися від попередніх границь розділення двох середовищ при зворотному проходженні відбитого сигналу, можна не враховувати виходячи із наступних міркувань. Як показали дослідження у попередньому розділі, коефіцієнти відбиття відрізняються від коефіцієнтів проходження приблизно на один порядок і повторно відбиті сигнали, враховуючи згасання сигналів, не будуть створювати якого-небудь помітного впливу на сумарний сигнал.

Висновок. Отримані вирази дозволяють розрахувати відстані до кожної границі розділення двох середовищ, а також коефіцієнти відбиття від кожної границі розділення двох середовищ. Це дозволяє побудувати більш точну модель внутрішньої структури біологічного організму і, відповідно, провести більш точну діагностику.

Література

1. Любчик В.Р., Сенчишина Ю.В., Параска Г.Б., Килимник О. М. Розробка аналітичного фазового методу вимірювання відстаней до трьох об'єктів // Вісник ХНУ, № 2, 2009, – С.146-151.
2. Сенчишина Ю.В., Любчик В.Р. Дослідження методів ультразвукової діагностики медико-біологічних об'єктів // Вісник ХНУ. – 2008. – № 6. – С. 132- 137
3. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии: Учеб. пособие/ Под ред. С.И. Щукина. – М.: Мир Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. – 224 с.
4. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер. с англ./ Под ред. К. Хилла. – М.: Мир, 1989. – 568 с.

Надійшла 21.11.2009 р.

УДК 37.012: 378.147: 37.02

С.Г. КОСТОГРИЗ, Г.В. КРАСИЛЬНИКОВА, Г.С. ТКАЧУК
Хмельницький національний університет**МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ВИХОВНОЇ РОБОТИ У ВИЩОМУ ЗАКЛАДІ ОСВІТИ**

В статті розглянута одна з основних компонентів якості навчального процесу – організація виховної роботи у вищому закладі освіти. Запропонована структура формування якості виховної роботи у ВЗО, яка дозволяє здійснювати моніторинг її якості на основі встановлених складових.

The article deals with one of the main components of quality of the learning process – the organization of educational work in higher education institution. The structure formation of quality educational work in higher education institution, which allows monitoring of its quality based on the components.

Ключові слова: моніторинг, компоненти і складові якості, навчальний процес, виховна робота, структура формування якості.

Факт здобуття індивідуумом вищої освіти засвідчує, перш за все, про виконання ним в стінах вищого закладу освіти певної освітньої програми і здобуття відповідної кваліфікації, що дає йому право здійснювати професійну діяльність за вибраним напрямом підготовки та спеціальністю. Це одна із сторін освітньої діяльності і вона, головним чином, стосується начального процесу. Другою її стороною є виховна робота, що розвиває і формує особливий набір якостей того ж індивідуума, без яких він не здатний повноцінно здійснювати професійну діяльність, маючи при цьому відповідну професійну підготовку. До них відносяться морально-етичні якості особистості; ціннісні принципи і пріоритети, громадянська позиція, світоглядні принципи, загальний рівень культури, рівень культури спілкування та уміння працювати з людьми, рівень службової і побутової етики та інше. Назвемо їх **якостями виховання**. Цим якостям не навчають, а їх виховують і розвивають протягом свідомого життя людини спочатку у сім'ї, потім у школі, далі у вищому закладі освіти і, з рештою, у трудовому колективі. У вищій заклад освіти студент приходить, маючи більше або менше виражений набір якостей виховання різного рівня розвитку та з певними задатками для формування тих якостей виховання, яких він не набув у довузівський період. Таким чином, вищий заклад освіти виховний процес по відношенню до конкретного студента як особистості, розпочинає не з нуля, а фактично продовжує, і розвиває його на якісно новому рівні.

Якщо необхідний для навчання у вищому закладі освіти рівень знань вимірюється і оцінюється під час вступних випробувань або незалежного зовнішнього тестування, то рівень якостей виховання абітурієнта вимірюванню і оцінці ніколи не підлягав. Це дуже важлива характеристика організації прийому до вищих закладів освіти, яка істотно впливає на виховну роботу і, особливо, в частині обґрунтування її концепції, основних напрямів, вибору форм і методів, але яку у вищій школі ніколи не помічали і не рахувалися з нею. Складається проблемна ситуація, яка полягає в тому, що вищий заклад освіти має проводити виховний процес, але з яких відправних точок потрібно виходити при його організації стосовно початкового рівня якостей виховання невідомо. Це досить складна проблема, але в певній мірі її можна вирішити наступним чином. В системі організації виховної роботи впродовж першого року навчання потрібно передбачити вивчення в кожній академічній групі початкового рівня якостей виховання студентів, а в наступні роки виховну роботу проводити з урахуванням цих якостей. Останнє має стосуватись всіх напрямів виховної роботи, відповідної системи заходів і, особливо, їх наповнення конкретним змістом.

Рис. 1 ілюструє структуру формування якості виховної роботи у вищому закладі освіти. Її центральним елементом є **концепція виховної роботи**, яку розробляють на перспективу до 5 років. Вона визначає мету та головні завдання виховної роботи як складової освітньої діяльності, її головні напрями, а також методологічні принципи системи організації та вибору форм і методів її провадження. Це головний документ з організації виховної роботи у вищому закладі освіти, який розглядає і рекомендує для використання Вчена рада і яким керуються навчальні підрозділи у вирішенні питань планування та організації виховної роботи. Одне із центральних завдань, яке має знайти відображення у концепції виховної роботи, на нашу думку, полягає у необхідності досягнення виховними заходами, насамперед, через навчальний процес, постійного прагнення у випускників закладу освіти до здобуття, розвитку і поглиблення знань, підвищення особистого професійного та культурного рівня. Така якість виховання надзвичайно цінна як для окремої людини, так і для суспільства. Носії цієї якості будуть продовжувати її у наступному поколінні, що сприяє соціальному прогресу суспільства.

Моніторингову оцінку якості виховної роботи зручно проводити з використанням схеми, зображеної на рис. 1, з позицій концепції виховної роботи. **Перспективний план виховної роботи**, як правило, є частиною (розділом) перспективного плану розвитку вищого закладу освіти на період 5–7 років. Структурно він оформляється таким чином, що у ньому подається запланований перелік основних напрямів виховної роботи, що передбачені концепцією, а в рамках кожного із напрямів – система заходів із зазначенням термінів виконання та відповідальних виконавців. У перспективному плані виховної роботи відображають його зв'язки з іншими розділами комплексного перспективного плану розвитку вищого

закладу освіти (навчальний процес, наукова діяльність, міжнародні зв'язки та інше). Крім цього планується необхідне ресурсне забезпечення виконання окремих позицій плану.

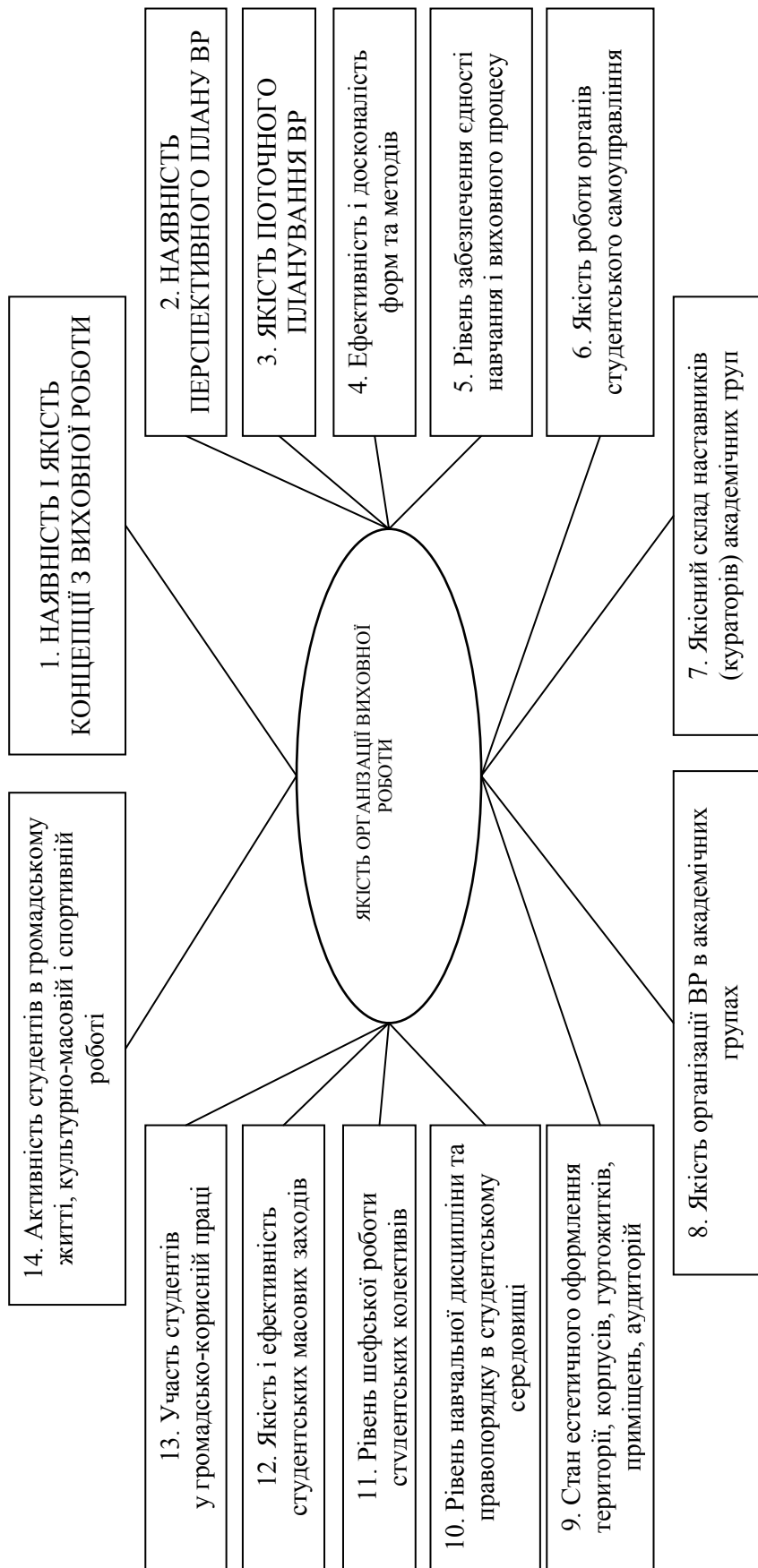


Рис. 1. Структура формування якості виховної роботи

Моніторингова оцінка перспективного плану виховної роботи має проводитись з позицій його відповідності однойменній концепції та ефективності запланованих заходів.

Поточне планування виховної роботи відбувається в рамках чергового навчального року на рівнях: викладач, кафедра, факультет, вищий заклад освіти у відповідності до перспективного плану, однак з врахуванням змін та доповнень до нього, що сталися на початок навчального року. Поточне планування виховної роботи відображається в індивідуальних планах роботи професорсько-викладацького складу кафедр і, відповідно, у планах роботи кафедр, факультетів і вищого закладу освіти на новий навчальний рік.

Багаторічний досвід організації навчально-виховної роботи дає авторам підставу вважати доцільним на рівні факультетів планувати виховну роботу в рамках кожної окремої спеціальності за роками навчання, починаючи з року набору, тобто дотримуватись основного принципу складання робочого навчального плану. Кількість планів виховної роботи для кожної спеціальності буде 4-5, залежно від терміну навчання. Такий принцип планування забезпечить гнучкість планів виховної роботи і дозволить наповнити їх конкретними заходами, що відповідають реальному рівню якостей виховання студентів, яких вони досягли на початок нового навчального року.

Набуття студентами потрібного спектра якостей виховання та їх рівня в значній мірі залежить від того, наскільки *ефективними є форми і методи організації виховної роботи*, які використовує вищий заклад освіти та його головні навчальні підрозділи. В цьому плані потрібно звернути увагу на необхідність оптимального поєднання індивідуальних форм виховної роботи із масовими заходами. Досить бажаним є проведення виховних заходів за ініціативою та активною участю студентів на основі творчої співпраці деканату з органами студентського самоуправління. Слід уникати проведення недостатньо організованих виховних заходів і, особливо, масових заходів “для галки”, які надзвичайно шкодять виховній роботі. Потрібно назавжди позбутись у виховній роботі методів так званої репресивної педагогіки, які, на жаль, подекуди ще мають місце, і їх застосовують переважно молоді викладачі із скромним педагогічним і життєвим досвідом. Не менш шкідливими для виховної роботи є моралізаторсько-настановчі методи проведення виховних заходів і, як правило, у формі монологу викладача, або інших осіб, що проводять такі заходи.

Відомо, що освітня діяльність будь-якого закладу освіти ґрунтується на органічній єдності навчального і виховного процесу, що відображено у Законах України “Про освіту” і “Про вищу освіту”. Якщо у закладі освіти навчальний процес існує сам по собі, а виховний процес так само, то в такій ситуації недисциплінованість і правопорушення в студентському середовищі стануть звичними явищами, як і хронічне невиконання значною частиною студентів планів-графіків самостійної роботи, інертність і низька активність студентів у громадському житті та навчальному процесі.

Єдність навчального і виховного процесу в освітній діяльності вищих закладів освіти забезпечується:

- високою якістю професорсько-викладацького персоналу;
- високою якістю всіх видів навчальних занять, починаючи з лекцій і закінчуючи дипломним проектуванням;
- наявністю у кожному навчальному занятті чітко вираженого виховного елемента;
- посиленням виховного елемента у проведенні навчальних та виробничих практик;
- особистим прикладом викладача, його відношенням до професійних та громадських обов'язків;
- складом наставників (кураторів) академічних груп;
- запровадженням у навчальний процес та виховну роботу передових методів;
- постійним контролем за якістю проведення навчальних занять на рівні кафедр, факультетів та закладів освіти;
- якісним проведенням навчально-методичних конференцій професорсько-викладацького складу з проблем виховної роботи.

Якість роботи органів студентського самоуправління суттєво впливає на рівень та ефективність виховної роботи у вищому закладі освіти. Вона представляється різними студентськими самовладними структурами і є важливим чинником підвищення активності студентів у громадському житті та навчальному процесі. У відповідності зі статтею 38 Закону України “Про вищу освіту” студентське самоврядування має виконувати наступні завдання:

- забезпечення і захист прав та інтересів студентів, зокрема стосовно організації навчального процесу;
- забезпечення виконання студентами своїх обов'язків;
- сприяння навчальній, науковій та творчій діяльності студентів;
- сприяння створенню відповідних умов для проживання і відпочинку студентів;
- сприяння діяльності студентських гуртків, товариств, об'єднань, клубів за інтересами;
- організація співпраці із студентами інших вищих закладів освіти і молодіжними організаціями;
- сприяння працевлаштуванню випускників;
- участь у вирішенні питань міжнародного обміну студентами.

Самовладні студентські структури створюють на різних рівнях організації навчально-виховного процесу та при деяких структурних підрозділах вищого закладу освіти, наприклад, на рівні академічної групи, курсу, спеціальності, факультету, вищого закладу освіти, студентського гуртожитку, студентського містечка та ін. Типовою формою студентських самовладних структур є студентські ради (рада курсу, рада гуртожитку, студентська рада вищого закладу освіти, студентський сенат, парламент, старостат, студентські деканати). У своїй діяльності органи студентського самоврядування керуються чинним законодавством та рішеннями МОН України. Рішення органів студентського самоврядування мають дорадчий характер, однак

їх вплив на освітню діяльність, в тому числі і на виховну роботу можуть мати досить позитивні наслідки.

Дуже важливо, щоб органи студентського самоуправління системно залучались до планування виховного процесу на всіх його рівнях організації, приймали участь у реалізації та контролі виконання цих планів.

Якісний склад наставників (кураторів) академічних груп має особливе значення для організації роботи академічних груп. Професійні та людські якості наставника суттєво впливають на його здатність керувати процесом становлення академічної групи як окремої спільноти молодих людей, яку об'єднує спільна мета у здобутті вищої освіти, та деякі інші інтереси, а також вони відповідним чином позначаються на всіх сторонах життя і діяльності академічної групи.

Ведення інституту наставників (кураторів) не передбачається діючим законодавством і нормативними документами у системі вищої освіти. Разом з цим, багато вищих закладів освіти успішно використовують цей інститут і вважають доцільним його використання, особливо на перших двох курсах навчання. При цьому керуються внутрішніми нормативними документами: "Положення про організацію виховної роботи" або "Положення про наставника академічної групи".

Академічна група є елементарною частиною структурно упорядкованого студентського загалу з окремим статусом, що визначається положенням про академічну групу. Виховна робота із масивом студентів того чи іншого факультету, курсу, напряму підготовки завжди розпочинається із окремої академічної групи. Саме з неї розпочинається процес індивідуалізації виховної роботи зі студентами, саме на цьому рівні можна і слід враховувати індивідуальні особливості студента як особистості. За цих причин ефективність виховної роботи в вищому закладі освіти є дуже залежною від того, наскільки вона якісно організована у академічних групах. **Загальне керівництво виховною роботою в академічних групах** завжди очолював декан факультету або його заступник, а конкретну роботу в контексті концепції виховної діяльності вищого закладу освіти та її основних напрямів завжди організовував і проводив наставник академічної групи у взаємодії із органами студентського самоврядування. У зв'язку з цим для моніторингової оцінки організації виховної роботи важливим є аналіз планів виховної роботи в окремих академічних групах в частині їх відповідності прийнятій вищим закладом освіти концепції виховної роботи і її напрямів, врахування особливостей організації навального процесу та індивідуальних особливостей студентів і досягнутих ними на даний період якостей виховання.

Стан естетичного оформлення території вищого закладу освіти, його навчальних та виробничих корпусів, гуртожитків, аудиторій, лабораторій несе важливе змістоє навантаження. Воно полягає в тому, що ці споруди і приміщення є елементами навчально-виховного середовища, в якому перебуває, навчається і виховується студент. Тому з огляду на особливості формування якостей виховання студента зовсім не байдуже, в яких приміщеннях він навчається, чи в естетично оформлених приміщеннях з функціональним інтер'єром та сучасним обладнанням, чи у занедбаних і непристосованих приміщеннях. Не випадково свого часу кращі європейські університети будувались як завершені архітектурні ансамблі із чисельними композиціями, що складались з високомистецьких творів скульптури та живопису.

Рівень навчальної дисципліни та правопорядку у студентському середовищі є характеристикою якості виховної роботи на всіх її організаційних рівнях і підлягає моніторинговій оцінці. Частково про проблему навчальної дисципліни студентів йшлося вище. Ключ до вирішення цієї проблеми міститься у цікавій думці М. Чепиги [1]: "Студенти приходять добровільно на заняття лише тоді, коли переконані, що оволодіють незрозумілим матеріалом під керівництвом викладача". Тобто висока якість навчальних занять є запорукою високого рівня навчальної дисципліни і свідомого відношення студентів до виконання своїх обов'язків. Ця думка відображає той факт, що навчальний і виховний процеси завжди йдуть поруч і завжди органічно пов'язані між собою.

Правопорушення у студентському середовищі, як правило трапляються нечасто і є для нього ексцесними явищами. Їх причиною у більшості випадків є недостатній рівень виховання та культури, в тому числі і правового виховання, деяких студентів. Але, на жаль, мають місце окремі випадки, коли студент здійснює правопорушення не з власної волі, а в силу певного збігу обставин, що призвели до ситуації, в якій відбулося правопорушення. Дієвим засобом боротьби із можливими правопорушеннями у студентському середовищі є профілактична робота, правове виховання студентів як в рамках здійснення заходів виховної роботи, так і в процесі вивчення правничих дисциплін. Моніторингова оцінка якості виховної роботи має враховувати також і заходи з підвищення рівня правової культури студентів та із організованої протидії правопорушенням у студентському середовищі.

Висновок: Запропонована структура формування якості виховної роботи у вищому закладі освіти дозволяє проводити моніторинг процесу на базі виявлених складових і на цій основі здійснювати управління якістю навчального процесу.

Література

1. Чепига М. Керування тематичною самостійною роботою студентів // Вища школа, № 5, 2008. – С.25-32.

Надійшла 4.11.2009 р.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

В даній статті розглянуто проблеми застосування експертних систем в області контролю знань. Виділено базу знань експертної системи як основний концептуальний елемент контролю знань. Структурно така база знань описується на основі об'єктів, правил, доменів, області задач, екранних форм та функцій.

In the given article the problems of applying of consulting models are reviewed in the field of the control of knowledge. The knowledge base of the consulting model as the basic conceptual member of the control of knowledge is allocated. Structurally such knowledge base is described on the basis of objects, rules, domains, area of problems, screen shapes and functions.

Ключові слова: експертна система, контроль знань.

Одним з пріоритетних напрямів розвитку України є система вищої освіти в якій активно впроваджуються елементи та методи Болонського процесу. Тому важливим на даному етапі є питання комп'ютеризації контролю знань. Існуючі системи тестового контролю призначені в основному для оцінки кількісних показників рівня знань. Вони в випадковому або наперед визначеному порядку генерують ряд тестових питань, при цьому, кожна конкретна відповідь додає до загального результату певну суму балів. Проте така оцінка як правило не є якісним показником рівня знань, так як вона носить статистичний характер і по своїй суті є рейтинговою. Такий підхід до контролю знань жодним чином не вирішує завдання повноти та комплексності процесу, оскільки послідовність генерації тестових питань не залежить від відповідей студента на попередні питання. Від цих недоліків позбавлені системи адаптивного тестування, основною структурною формою реалізації яких виступають експертні системи.

Експертні системи мають різноманітні сфери застосування, зокрема це діагностика, прогнозування, планування, контроль, управління та навчання. Для вирішення проблем контролю знань використовується клас навчальних експертних систем. Їхнє призначення полягає в виведенні сумарної характеристики знань, формуванні умінь навчальної і практичної діяльності та забезпечення необхідного рівня засвоєння, що встановлюється зворотнім зв'язком.

Питання автоматизованого контролю знань розглядається в багатьох дослідженнях. Так в [1] пропонується включити в автоматизовану систему контролю знань такі основні можливості як: автономна розробка тестових завдань; налагодження в діалоговому режимі параметрів системи; можливість переходу від виду введення відповідей з клавіатури до варіанту вибору відповідей зі списку; автоматизоване заповнення бази даних тестів з текстових файлів. Про те в даному дослідженні описуються лише основні принципи автоматизованих систем тестування, але не розглядається питання адаптивного тестування. При аналізі алгоритмів оцінки знань в роботі [2] вказується на те, що не існує універсального алгоритму, і тому потрібно передбачити можливість відключення або зміни певних параметрів системи тестування, тобто пропонується використання адаптивного алгоритму тестування. Використання адаптивних автоматизованих систем тестування розглядається також в роботах [3,4]. Про те тільки в [5] пропонується використання експертних систем в сфері автоматизованого контролю знань з метою найбільш точного визначення рівня знань.

Водночас мало дослідженим залишається питання побудови ефективних баз знань експертних систем контролю знань. Отже метою даного дослідження є введення методів та засобів експертних систем для контролю якості знань.

Представлення знань в проектованій нами експертній системі контролю знань базується на таких елементах як: об'єкти (*Object*), правила (*Rule*), домени (*Scope*), задачі (*Task*), форми (*Form*), функції (*Function*).

Всі входження бази знань створюються за допомогою налаштувань в опціях системи, які активуються утилітою *Editor*. Вікно даної утиліти зображено на рис. 1.

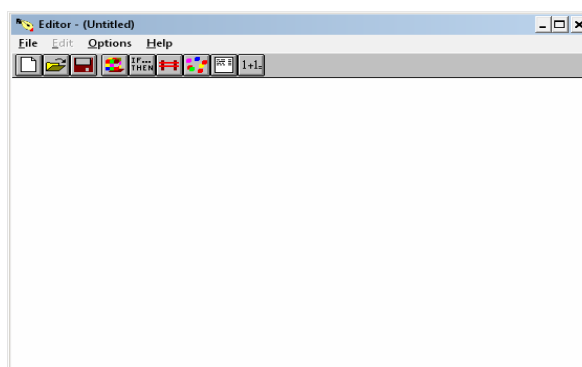


Рис. 1. Вікно утиліти Editor.

Компонент об'єкти (*Object*) служить для збереження інформації про об'єкти контролю знань які використовуються в системі (рис. 2).

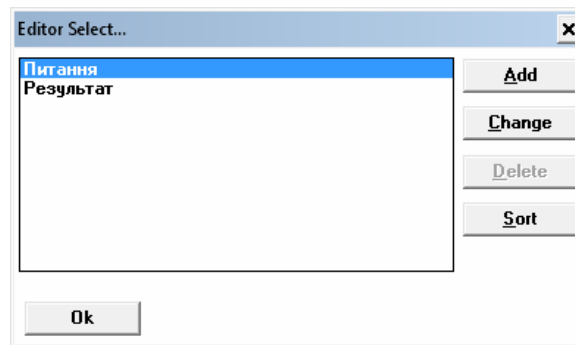


Рис. 2. Діалог вибору об'єктів контролю знань.

Він складається з імені (*name*) та атрибутів (*attributes*), які в свою чергу можуть бути одного з трьох типів: логічний (*boolean*), числовий (*numerical*) та перераховуваний (*enumerated*). Атрибути додаються в об'єкт за допомогою кнопки додати (*Add*) (рис. 3).

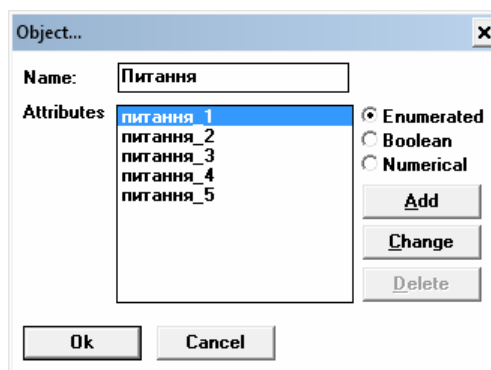


Рис. 3. Діалог вибору об'єкта для редагування.

Логічний (*boolean*) атрибут може приймати одне з 3-ох значень: *TRUE*, *FALSE*, *UNKNOWN*, відповідне відображення яких в режимі консультації задається в блоці відповіді (*Answers*).

Атрибут має назву (*name*), розшифровку (*transcript*) та стрічку підказки під час консультації (*prompt*). Підказку (*prompt*) користувач бачить в режимі консультації, а розшифровка даної підказки використовується для формування питання на природній для користувача мові (рис. 4).

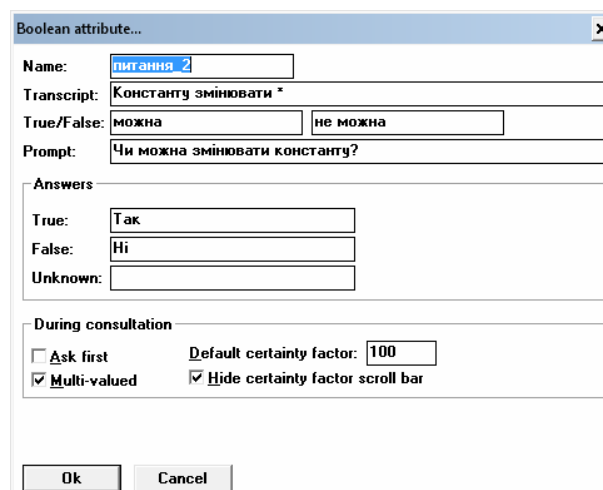


Рис. 4. Представлення логічного атрибуту.

Числовий (*numerical*) атрибут зберігає числові значення заданого об'єкта. Для нього можна задати такі значення: найменше (*Lower*), найбільше (*Upper*) і по замовчанню (*Default*). Як і для логічного типу, він ідентифікується назвою (*Name*), розшифровкою (*Transcript*) та підказкою (*Prompt*), які використовуються аналогічно попереднім атрибутам (рис. 5).

Рис. 5. Представлення числового атрибуту.

Атрибут перерахування (*enumerated*) використовується для занесення в базу знань інформації про об'єкт у вигляді послідовності елементів.

Назва (*Name*), розшифровка (*Transcript*), та підказка (*Prompt*) використовуються для тих самих цілей, що і в попередніх атрибутах. В поле опції (*Options*) з допомогою кнопки додати (*Add*) заносяться елементи перераховуваного типу (рис. 6).

Рис. 6. Представлення перераховуваного атрибуту.

В діалозі налаштування атрибутів є окремий блок опцій контролю режиму виконання (*During consultation*). Якщо опція отримання значення для атрибуту (*Ask first*) не активована і не заповнена стрічка підказки під час консультації (*prompt*), то експертна система робить вивід значення для властивості не вимагаючи його від користувача. Якщо дана опція не активована, але введена підказка для властивості, то система спершу пробує вивести значення для властивості. Якщо це значення є не правильним, то використовується підказка (*Prompt*) яка є значенням користувача. У випадку коли опція значення для атрибуту (*Ask first*) є активована, експертна система запитує користувача значення для властивості. Якщо користувач не знає відповіді, тоді виникає спроба вивести це значення. В цьому випадку повинна бути заповнена стрічка підказки (*Prompt*). Коли активована опція *Multi-valued* то, властивість може мати більш ніж одне значення протягом консультації. Якщо знайдено більше одного значення для однієї і тієї ж властивості, то ці значення належать екземпляру об'єкта з тією ж властивістю. В іншому випадку властивість може приймати тільки одне значення. Для кожної властивості виконується пошук значення, і створюється новий екземпляр об'єкта з такою ж властивістю.

Вкладка правила (*Rule*) утиліти *Editor* використовується для зв'язування об'єктів (*Object*) між собою (рис. 7).

Рис. 7 Діалог вибору правил.

В даному діалоговому вікні можна створити нове правило та видалити або відредагувати уже існуюче. Прикладом типового правила в проєктованій системі контролю знань є:

```

RULE_1 (MAIN SCOPE)
IF Ідентифікатор це: ім'я змінної
AND Константу змінювати не можна
AND В 1 Byte кількість Bit = 8
AND Оператор присвоєння в C++ позначається: =
AND в кінці рядка коду a=2 в C++ ";" потрібна
THEN ASSERT результат тестування наступний: тестування пройдено (100 %)

```

За допомогою кнопки сортувати (*Sort*) можна відсортувати правила в алфавітному порядку.

Кожне правило характеризується коефіцієнтом впевненості (*CF – Certainty Factors*) (рис. 8) який вказує спосіб застосування правила при істинній передумові.

Кожне правило міститься в певному домені (*Scope*). Правило може використовуватися тільки тоді коли його домен активований. Вхідження в передумовах правил можуть з'єднуватися з допомогою логічних операцій «і» (*And*) чи «або» (*Or*). Коли вхідження з'єднуються за допомогою *And* вони повинні бути істинними одночасно для правила яке є активним, коли вони з'єднуються через *Or* достатньою є істинність тільки хоча б одного з вхіджень.

Правила специфікуються по типу виконання (*Actions*) (режими *assert, replace, retract, activate*).

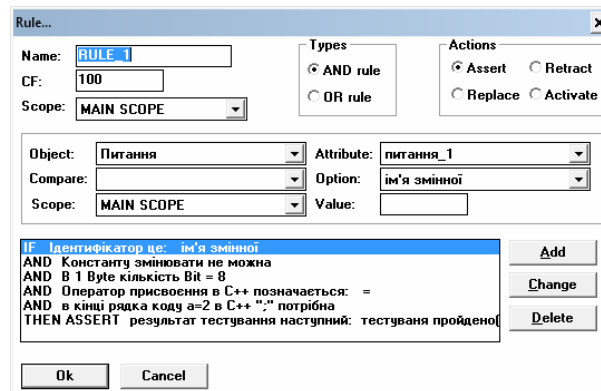


Рис. 8. Діалог редагування правил

Коли активовано опцію заявка (*Assert*) тоді завершене правило поміщається в базу знань. Під час активації опції заміна (*Replace*) завершене правило також поміщається в базу знань, але коли в базі вже є факт про властивість, цей факт видаляється з бази знань. Якщо це перший факт то властивість, заміна (*Replace*) поводить себе ідентично властивості заявка (*Assert*). Опція витягування (*Retract*) видаляє факт, який відповідає за завершення правила в базі знань. Якщо такого факту не знайдено, то нічого не відбувається. Правило використовується в процесі висновку, тільки коли його домен активний (*Active*). Головний домен бази знань завжди активний, інші домени активізуються правилами.

Умова формується за допомогою об'єкта (*Object*), компаратора (*Compare*), домена (*Scope*), атрибуту (*Attribute*), вибору (*Option*) або значення (*Value*) у випадку числової властивості. Умова може складатися з довільної кількості передумов. Числові атрибути заносяться в поле *Value*, а логічні та перераховувані в поле *Option*.

Правила активуються в доменах (*Scope*) (рис. 9).

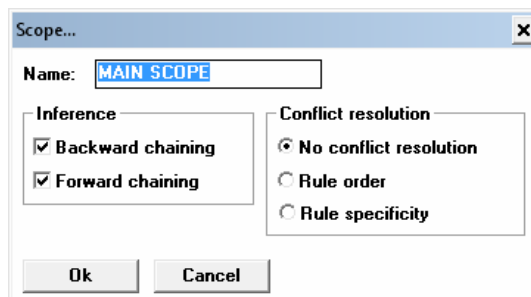


Рис. 9. Діалог налаштування домену.

Головний домен по замовчуванню створюється в *Editor*, але його за необхідності можна змінити. Правило може бути виконане тільки за умови що його домен активний. Головний домен завжди активний, тоді як інші домени активуються правилами. За допомогою доменів можна поділити базу знань на окремі частини в яких відбувається управління типом висновку і вирішення протиріч. Домен ідентифікується

назвою. В діалозі налаштування доменів є блок опцій вивід (*Inference*) і вирішення протиріч (*Conflict resolution*).

За допомогою діалогу задачі (*Task*) відбувається вибір вжоджень. Даний діалог дозволяє задати ім'я (*Name*) задачі та вибрати об'єкт (*Object*) і атрибут (*Attribute*) які будуть використовуватись в формуванні висновку. Задача може містити одне або більше вжоджень, які будуть первинною метою в процесі висновку (рис. 10).

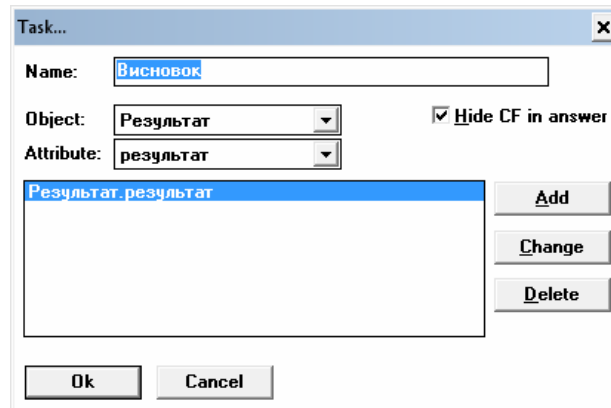


Рис. 10. Діалог представлення задач.

Діалог форма (*Form*) містить список питань з типовими відповідями (рис. 11). Він дозволяє сформулювати питання та відповіді на них які будуть запропоновані користувачеві під час проходження консультації.

Для створення форми необхідно задати її назву (*Title*) та заповнити поля *Object*, *Attribute* та *Default*. Поле *Default* дозволяє вказати значення яке буде використовуватись під час консультації по замовчуванню.

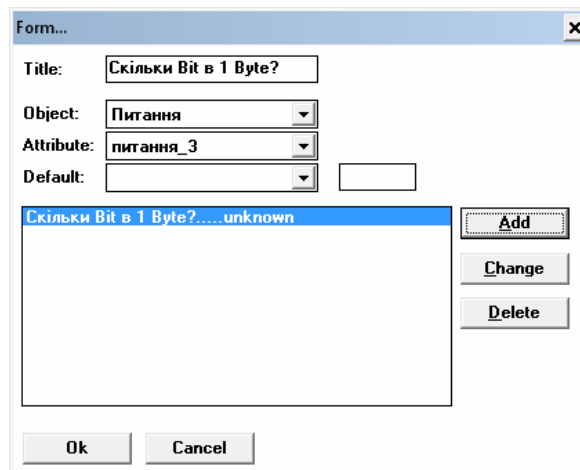


Рис. 11. Діалог представлення форм.

Функції (*Function*) описуються за допомогою формату RPN (тобто, змінні і константи описуються перед операторами).

Обчислення може містити константи і числові значення. Додавання атрибутів в функцію відбувається за допомогою кнопки додати (*Add*). Операції додавання (*Plus*), віднімання (*Minus*), множення (*Multiply*), ділення (*Divide*) додаються вибором відповідних ім полів та натисканням кнопки *Add* (рис. 12).

Інтерфейс проектованої експертної системи дозволяє виконання таких базових опцій:

- *Open* – відкривати вже існуючу базу;
- *Reload* – перезавантажити базу знань;
- *Setup* – налаштування користувача та активація автоматичного завантаження бази знань;
- *Exit* – вихід з системи.
- *Consult* – за допомогою даного пункту меню можна здійснювати процес консультування а також працювати з базою знань.
- *Start* – початок процесу консультації;

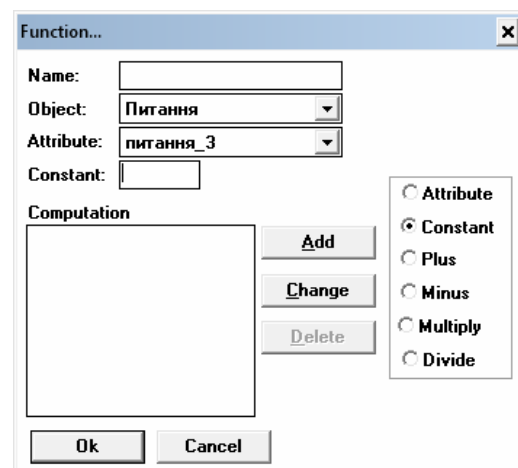


Рис. 12. Діалог використання функцій

- *Continue* – продовження процесу консультування;
 - *Tools* – утиліти для розробки бази знань, її редагування та відлагоджування.
 - *Agenda* – інструмент для перегляду активних параметрів та можливих варіантів відповіді на них;
 - *Blackboard* «чорна дошка» – використовується для запам'ятовування процесу консультації. Сюди записуються факти, які були отримані в процесі консультації з користувачем;
 - *Trace* – відлагоджування програми, може відслідковувати цілі та порядок набування тверджень з певних гіпотез;
 - *Editor* – вбудований в систему редактор для створення та редагування баз знань;
 - *Help* – допомога по експертній системі контролю знань.
 - *Contents* – опис системи;
 - *Search for help on* – пошук допомоги за ключовими словами;
 - *How to use help* – допомога по користуванні допомогою;
- Після завантаження бази знань в систему з'явиться інформація про неї (рис. 13):

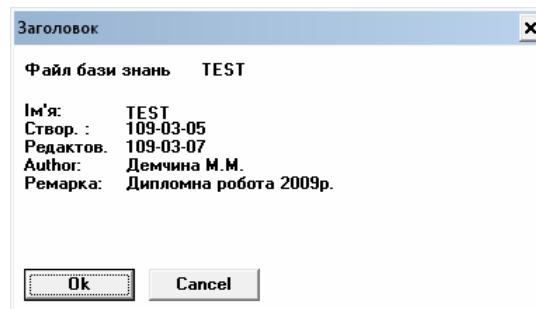


Рис. 13. Властивості бази знань

Щоб розпочати консультацію потрібно вибрати пункт меню *Consult->Begin*. Після цього система буде задавати питання, на які повинно давати відповіді (рис. 14). Питання в даній системі можуть бути 4 типів: перераховувані, логічні, числові та текстові. Тому вигляд запитань, які система буде задавати будуть відрізнятися залежно від їх виду.

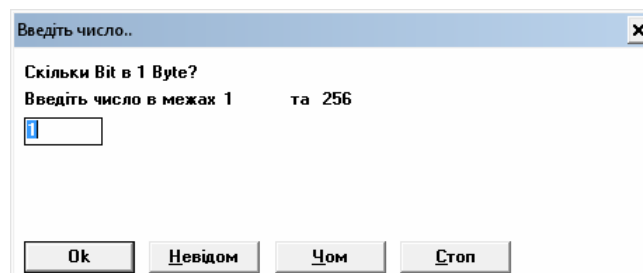


Рис. 14. Діалогове вікно експертної системи

Після того як всі питання з пакету було задано експертна система генерує висновок про успішність складання даного тесту (рис. 15).

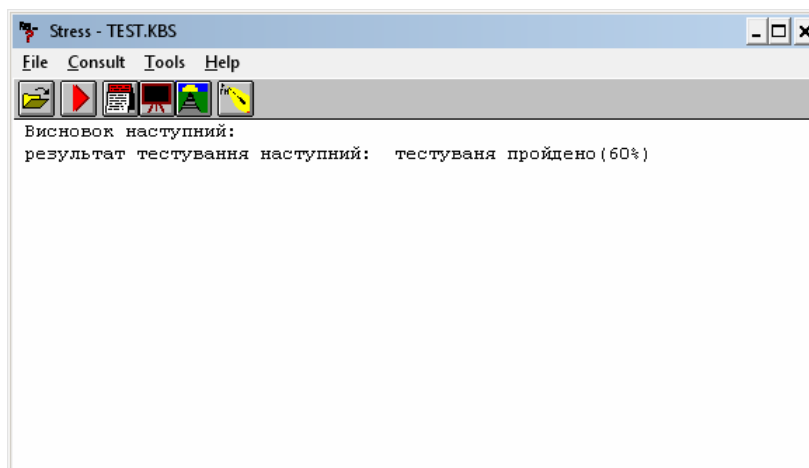


Рис. 15. Висновок експертної системи

Висновки

Таким чином, використання запропонованої автоматизованої системи контролю знань на основі методів експертних систем дозволяє з більшою достовірністю визначати якісний рівень знань студентів і генерувати керуючі впливи для подальшого вдосконалення структури та представлення знань в предметній області.

Подальші дослідження даного напрямку будуть зосереджені на формалізації структури представлення знань інформаційної інтелектуальної системи для предметної області «інформаційні та комп'ютерні технології».

Література

1. Богданевич М.А. Організація системи перевірки знань для поточного та підсумкового контролю. Друга Міжнародна науково-методична конференція «ІНТЕРНЕТ – ОСВІТА – НАУКА – 2000», м. Вінниця.
2. Зайцева Л.В., Прокофьева Н.О., Куплис У.Г. Компьютерные системы в дистанционном обучении // ТЕЛЕМАТИКА'2001 – Санкт-Петербург, 2001. – С. 109-111.
3. Паволоцкий А.В. Методика проведения автоматизированного контроля знаний // Доповідь – МПДУ, 2007
4. Пустынникова И.Н. Методология конструирования диагностирующей экспертной системы (на базе оболочки BESS) // Вісник Донецького університету. – Серія А. Природничі науки. – 1998. – № 1. – С. 182-187.
5. Андреев А.Б., Усачев Ю.Е. Экспертная система анализа знаний как инструмент контроля усвоения зачетных единиц // Проблемы введения системы зачетных единиц в высшем профессиональном образовании: Материалы к Всероссийскому совещанию 23 апреля 2003 года, г. Москва / Под ред. В.Н. Чистохвалова. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 100 с.

Надійшла 5.11.2009 р.

УДК 621.37:681.33

І.І. МІТАСОВ, О.В.РУБАН, В.М. РУДНИЦЬКИЙ
Хмельницький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СТИСНЕННЯ ДАНИХ

В статті охарактеризовані відомі методи стиснення даних, розглянуті особливості стиснення статистичними і словниковими методами, з втратами і без втрат, порівняно статичні і динамічні моделі. Описані можливості архіваторів.

In article were discussed methods of different data compression algorithms. Different archivers and their capabilities were discussed.

Ключові слова: стиснення даних, алгоритми стиснення даних.

Вступ

При передачі та зберіганні інформації завжди виникає проблема розміру повідомлень. Розвиток засобів комп'ютерної техніки веде до збільшення швидкостей передачі та об'ємів накопичувачів. Може скласти враження про недоцільність використання методів стиснення інформації через це зростання. Але це погляд лише з одного боку. З іншого боку відбувається зростання обсягів самих інформаційних повідомлень. При чому не рідко зростання обсягів передачі відбувається швидше, ніж зростають швидкості передачі. Окрім цього за передачу інформації потрібно платити. Зменшення плати за передачу інформації ще одна з позитивних сторін використання методів стиснення інформації. Тому проблема стиснення інформації завжди залишиться актуальною.

Мета стиснення – зменшення кількості біт, необхідних для зберігання або передачі заданої інформації. Це дає можливість передавати повідомлення швидше і зберігати їх більш економно і оперативно. Останнє означає, що операція отримання даної інформації з пристрою її зберігання проходить швидше, а це можливо, якщо швидкість розпакування даних вище за швидкість прочитування даних з носія інформації. Стиснення дозволяє, наприклад, записати більше інформації на дискету, “збільшити” розмір жорсткого диска, прискорити роботу з модемом і т.п. При роботі з комп'ютерами широко використовуються програми-архіватори даних формату ZIP, GZ, ARJ та інших. Методи стиснення інформації були розроблені як математична теорія, яка довгий час (до першої половини 80-х років), мало використовувалася в комп'ютерах на практиці.

Збільшення обсягів передачі, статичних картинок, звуку та відеозображень призвело до розроблення багатьох методів стиснення з втратами або незворотного кодування. Для передачі саме цих типів повідомлень допускається використання таких методів. Але досить часто необхідно передавати документи, фрагменти баз даних, виконувати файли. Неможливість повного відновлення таких файлів призведе фактично до втрати інформації.

Тому і досі залишаються актуальними методи оборотного стиснення інформації, при яких гарантується повне відновлення початкового повідомлення. До таких методів відносяться найпростіші алгоритми стиснення, розроблені класиками теорії кодування К. Шенноном, Р. Фано, Д. Хаффменом [1,2,3].

Стиснення даних

Стиснення даних – процедура перекодування даних, що проводиться з метою зменшення їх обсягу. Стиснення засновано на усуненні надлишковості інформації, що міститься у вхідних даних. Стиснення даних, що не мають властивості надлишковості (наприклад, випадковий сигнал або шум), неможливо. Найпростіші алгоритми стиснення, що також називаються алгоритмами оптимального кодування, є статистичними і засновані на врахуванні розподілу ймовірностей елементів вхідного повідомлення (тексту, зображення, файлу). На практиці в якості наближення до ймовірностей використовують частоти появи елементів у вхідному повідомленні. Ймовірність – абстрактне математичне поняття, пов'язане з нескінченними експериментальними вибірками даних, а частота появи – величина, яку можна обчислити для кінцевих множин даних. При досить великій кількості елементів у множині експериментальних даних можна говорити, що частота появи елемента близька (з деякою точністю) до його ймовірності.

Якщо згадані ймовірності неоднакові, то є можливість найбільш ймовірним елементам (тим, що часто зустрічаються) зіставити більш короткі кодові слова і, навпаки, малоймовірним елементам зіставити більш довгі кодові слова. Таким способом можна зменшити середню довжину кодового слова. Оптимальний алгоритм кодування робить це так, щоб середня довжина кодового слова була мінімальною, тобто при меншій довжині кодування стане незворотним. Такі алгоритми існують, вони відомі під назвами Шеннона-Фано і Хаффмена [1,2]. Недоліком обох методів є те, що вони не здатні закодувати повідомлення більш ошадливо, ніж один біт на елемент повідомлення (літеру).

Отже, була поставлена мета винайти таку схему кодування, яка дозволяла б кодувати деякі елементи менш ніж одним бітом. В 1977 р. Дж. Райссанен запропонував для цього один з кращих методів під назвою «арифметичне кодування» і запатентував цю розробку для IBM.

Відомим в цій групі методів є також алгоритм групового кодування – *RLE (Run - Length - Encoding)*.

Припустимо, що розмір алфавіту $N=256$, і ми стискаємо звичайний текстовий файл (*ASCII*). Швидше за все, ми не зустрінемо всі N символів нашого алфавіту в такому файлі. Покладемо тоді довжину коду відсутніх символів рівною нулю. У цьому випадку список довжин кодів буде містити досить велику кількість нулів (довжин кодів відсутніх символів) згрупованих разом. Кожну таку групу можна стиснути за допомогою групового кодування – *RLE*. Цей алгоритм надзвичайно простий. Замість послідовності з M однакових елементів, що йдуть підряд, будемо зберігати перший елемент цієї послідовності та число його повторень, тобто $(M-1)$, наприклад: *RLE ("AAAABBBCDDDDDDDD") = A3 B2 C0 D6*.

Дотепер ми розглядали *статистичний* підхід до стиснення файлів невідомого формату.

Є ще другий фундаментальний підхід, *словниковий*, де на кожному кроці алгоритму стиснення наступний символ поміщається таким, як він є (зі спеціальним прапором відсутності стиснення), або вказуються границі слова з попереднього тексту, що збігається з наступними символами файлу. Розархівування файлів, стиснутих у такий спосіб, виконуються дуже швидко, тому ці алгоритми використовуються для створення програм, що саморозпаковуються. Словникові алгоритми носять менш математично обґрунтований, але більш практичний характер.

Серед словникових першим був розроблений алгоритм *LZ77* [2,3] ізраїльськими математиками Якобом Зівом (*Ziv*) і Авраамом Лемпелом (*Lempel*) і опублікований в 1977 р. Багато програм стиснення інформації використовують ту або іншу модифікацію *LZ77*. Основна ідея *LZ77* полягає в тому, що друге і подальші входження деякого рядка символів в повідомленні замінюються посиланнями на його перше входження.

LZ77 використовує вже проглянуту частину повідомлення як словник. Аби добитися стиснення, він намагається замінити черговий фрагмент повідомлення на покажчик у вміст словника. Для цього використовується змішване по повідомленню вікно, розділене на дві нерівні частини. Перша, велика за розміром, включає вже проглянуту частину повідомлення. Друга, набагато менша, є буфером, що містить ще незакодовані символи вхідного потоку. Зазвичай розмір вікна складає декілька кілобайт, а розмір буфера – не більше ста байт. Алгоритм намагається знайти в словнику (більшій частині вікна) фрагмент, співпадаючий з вмістом буфера.

Спрощений приклад: розмір вікна — 20 символів, словника — 12 символів, а буфера — 8. Кодується повідомлення “@_ПРОГРАМНІ_ПРОДУКТИ_ФІРМИ_MICROSOFT”. Нехай словник вже заповнений. Тоді він містить рядок “@_ПРОГРАМНІ_”, а буфер — рядок “ПРОДУКТИ”. Переглядаючи словник, алгоритм виявить, що співпадаючим підрядком буде “ПРО”, в словнику він розташований із зсувом 2 (рахувати починаємо з нуля) і має довжину 3 символи, а наступним символом в буфері є “Д”. Таким чином, вихідним кодом буде трійця (2,3,'Д'). Після цього алгоритм зсуває вліво весь вміст вікна на довжину співпадаючого підрядка +1 і одночасно прочитає стільки ж символів з вхідного потоку в буфер. Отримуємо в словнику рядок “ОГРАМНІ_ПРОД”, в буфері — “УКТИ_ФІРМИ”. У даній ситуації співпадаючого підрядка виявити не вдається і алгоритм видасть код (0,0,'У'), після чого зсує вікно на один символ. Потім словник міститиме “ГРАМНІ_ПРОДУ”, а буфер — “КТИ_ФІРМ”. І так далі.

Словникові алгоритми інтенсивно вдосконалювались. У 1978 р. ті ж автори вдосконалили свій алгоритм під назвою *LZ78*, у 1982 р. Сторером (*Storer*) і Шиманським (*Szimancki*) на базі *LZ77* був

розроблений алгоритм LZSS, який відрізняється від LZ77 виробленими кодами, а у 1984 р. Велчем (*Welch*) був створений алгоритм LZW, шляхом модифікації LZ78.

Стиснення без втрат

Стиснення буває без втрат (коли можливе відновлення вхідних даних без спотворень) або з втратами (відновлення можливе з незначними спотвореннями). Стиснення без втрат використовується при обробці комп'ютерних програм і даних. Стиснення з втратами зазвичай застосовується для скорочення обсягу звукової, фото- і відеоінформації, воно значно ефективніше ніж стиснення без втрат.

Стиснення без втрат LDC (англ. *Lossless data compression*) – метод стиснення інформації, при використанні якого закодована інформація може бути відновлена з точністю до біта. При цьому оригінальні дані повністю відновлюються зі стиснутого стану. Цей тип стиснення кардинально відрізняється від стиснення даних із втратами. Для кожного типу цифрової інформації, як правило, існують свої алгоритми стиснення без втрат.

Стиснення даних без втрат використовується в багатьох додатках. Наприклад, воно використовується в популярному файловому форматі ZIP та Unix-утиліті Gzip. Воно також використовується як компонент у стисненні з втратами.

Стиснення без втрат використовується, коли важлива ідентичність стиснутих даних оригіналу. Звичайний приклад – виконувати файли і вихідний код. Деякі графічні файлові формати, такі як PNG або GIF, використовують тільки стиснення без втрат; тоді як інші (TIFF, MNG) можуть використовувати стиснення як із втратами, так і без.

Методи стиснення без втрат можуть бути розподілені по типу даних, для яких вони були створені. Три основних типи даних для алгоритму стиснення - це текст, зображення і звук. У принципі, будь-який багатоцільовий алгоритм стиснення даних без втрат (багатоцільовий означає, що він може обробляти будь-який тип бінарних даних) може використовуватися для будь-якого типу даних, але більшість із них неефективні для кожного основного типу. Звукові дані, наприклад, не можуть бути добре стиснуті алгоритмом стиснення тексту.

Порівняльний аналіз методів стиснення

Порівняння алгоритмів Хаффмена та Шеннона-Фано

Кодування Шеннона-Фано є досить старим методом стиснення, і на сьогоднішній день воно не представляє особливого практичного інтересу. У більшості випадків, довжина стиснутої по даному методу послідовності дорівнює довжині стиснутої послідовності з використанням кодування Хаффмена. Але існують послідовності, на яких методика Шеннона-Фано не дає однозначного кодування, тому стиснення методом Хаффмена прийнято вважати більш ефективним. Для прикладу (табл. 1), розглянемо послідовність що містить наступні символи: *a* - 14, *b* - 7, *c* - 5, *d* - 5, *e* - 4 (цифри означають кількість повторень). Метод Хаффмена стискає її до 77 біт, а Шеннона-Фано - до 79 біт.

Таблиця 1

Приклад стиснення послідовності

символ	код Хаффмена	код Шеннона-Фано
<i>a</i>	0	00
<i>b</i>	111	01
<i>c</i>	101	10
<i>d</i>	110	110
<i>e</i>	100	111

Такі відмінності в ступені стиснення виникають через нестроге визначення способу розподілу символів на групи в методиці Шеннона-Фано.

Як необхідно ділили на групи ?

1. Ймовірність першої групи (p_1) і другої (p_2) дорівнює нулю;
2. $p_1 \leq p_2$?
 - так: додати в першу групу символ з початку таблиці;
 - ні: додати в другу групу символ з кінця таблиці;
3. Якщо всі символи розділені на групи, то завершити алгоритм, інакше перейти до кроку 2.

При побудові коду Шеннона-Фано розбиття множини елементів може бути здійснено, загалом кажучи, декількома способами. Вибір розбиття на рівні n може погіршити варіанти розбивки на наступному рівні ($n+1$) і призвести до неоптимальності коду в цілому. Інакше кажучи, оптимальне поводження на кожному кроці шляху ще не гарантує оптимальності всієї сукупності дій. Тому код Шеннона-Фано не є оптимальним у загальному значенні, хоча і дає оптимальні результати при деяких розподілах ймовірностей. Для того самого розподілу ймовірностей можна побудувати, загалом кажучи, кілька кодів Шеннона-Фано, і всі вони можуть дати різні результати. Якщо побудувати всі можливі коди Шеннона-Фано для даного розподілу ймовірностей, то серед них будуть знаходитися і всі коди Хаффмена, тобто оптимальні коди.

Відмінності статичної і динамічної моделей

Практично всі існуючі алгоритми стиснення даних можна реалізувати у двох варіантах – статичному і динамічному. Кожний з них займає певну нішу, використовуючись у тих випадках, коли він найбільш зручний. Алгоритм Хаффмена не є винятком – застосовуючись у багатьох архіваторах і форматах, він використовується іноді в статичному (*JPEG, ARJ*) або в динамічному (утиліта *compact* для *UNIX, ICE*) варіантах.

Алгоритм Хаффмена стискає дані за рахунок ймовірностей появи символів у джерелі, отже для того щоб успішно щось стиснути і розтиснути, потрібно знати ці самі ймовірності для кожного символу. Статичні алгоритми справляються із цією справою просто – перед тим, як почати стиснення файлу, програма пробігається по самому файлу і підраховує, який символ скільки разів зустрічається. Потім, відповідно до ймовірностей появ символів, будується двійкове дерево Хаффмена, звідки витягаються відповідні кожному символу коди різної довжини. І на третьому етапі знову здійснюється прохід по вихідному файлі, коли кожен символ замінюється на свій код з дерева. У такий спосіб статичному алгоритму потрібно два проходи по файлу-джерелу, щоб закодувати дані.

Динамічний алгоритм дозволяє реалізувати однопрохідну модель стиснення. Не знаючи реальних ймовірностей появ символів у вихідному файлі, програма поступово змінює двійкове дерево з кожним символом, збільшуючи частоту його появи в дереві та перебудовуючи у зв'язку із цим саме дерево. Однак стає очевидним, що вигравши в кількості проходів по вихідному файлу, губиться ступінь стиснення, тому що в статичному алгоритмі частоти появ символів були відомі із самого початку і довжини кодів цих символів були більш близькі до оптимальних, у той час як динамічна модель, вивчаючи джерело, поступово доходить до його реальних частотних характеристик і формує їх, лише повністю пройшовши вихідний файл. Цей недолік можна компенсувати іншою перевагою динамічного алгоритму. Оскільки динамічне двійкове дерево постійно модифікується новими символами, немає необхідності запам'ятовувати їхні частоти заздалегідь. При розархівуванні, програма, одержавши з архіву код символу, точно так само відновить дерево, як вона це робила при стисненні та збільшить на одиничку частоту його появи. Більше того, не потрібно запам'ятовувати які символи у двійковому дереві не зустрічаються. Всі символи, котрі будуть додаватися в дерево, і є тими, що нам будуть потрібні для відновлення первісних даних. У статичному алгоритмі із цією справою небагато складніше – на самому початку стиснутого файлу потрібно зберігати інформацію про символи, що зустрічаються у файлі джерела, і їхні частоти. Це обумовлено тим, що ще до початку розархівування необхідно знати, які символи будуть зустрічатися і який буде їхній код.

Архіватори

Якщо коди алгоритмів типу *LZ* передати для кодування алгоритму Хаффмена або арифметичному, то отриманий двокроковий (конвеєрний, а не двопрхідний) алгоритм дасть результати стиснення, подібні до широко відомих програм: *GZIP, ARJ, PKZIP ...*

Найкращий показник стиснення дають двопрхідні алгоритми, які стискають початкові дані послідовно двічі, але вони працюють до двох разів повільніше однопрхідних при незначному збільшенні ступені стиснення.

Більшість програм-архіваторів стискають кожен файл окремо, але деякі стискають файли в загальному потоці, що дає збільшення ступені стиснення, але одночасно ускладнює способи роботи з отриманим архівом. Наприклад, заміна в такому архіві файлу на його новішу версію може вимагати перекодування всього архіву. Прикладом програми, що має можливість стискати файли в загальному потоці, є *RAR*. Архіватори ОС *Unix (gzip, bzip2 ...)* стискають файли в загальному потоці практично завжди.

Одними з представників цієї категорії є *Winzip* та *WinRar*.

WinZip – потужна програма для роботи як з *Zip*-файлами, так і з архівами інших форматів. У *WinZip* вбудована підтримка *CAB*-файлів, а для таких популярних форматів як *TAR, gzip, BinHex, ARJ, LZH, ARC* та ін. здійснюється підтримка через зовнішні програми. У ньому вдосконалено технологію стиснення, що створює менші по розміру архівні файли. Покращено керування файлами – з'явилася можливість використання “*drill down*” для перегляду тільки тих документів у папках, які необхідні для роботи, а також додавати файли безпосередньо у вже існуючі або нові папки. *WinZip Job Master* - новий інструмент в *WinZip 11.0 Pro*, що дозволяє попередньо виконати резервне копіювання визначених даних, дає можливість налаштування та планування завдань стиснення і функціональні можливості *FTP*-завантаження. Так само немає необхідності створювати архівні файли спочатку на жорсткому диску - можна відразу створити їх на *CD* або *DVD*, великі *ZIP*-файли можуть бути автоматично розміщені на декількох *CD* або *DVD*.

WinRar – популярний *RAR*-архіватор та менеджер архівів. Крім свого основного формату (*rar*), вміє працювати з *zip, cab, ace, arj* та іншими архівами. Ступінь стиснення файлів цією програмою значно вище, ніж у *WinZip*. За допомогою *WinRar* можна відновлювати пошкоджені файли (опція *repair*). При цьому ймовірність відновлення файлів буде більшою, якщо при створенні архіву в настройках програми була вказана опція *put recovery record*. Серед інших налаштувань *WinRar* можна відмітити можливість створення саморозпаковуючих архівів з вказанням шляху розпакування, а також встановлення ступеня стиснення – від найкращої (але найповільнішої) до найшвидшої (але менш якісної). Крім того, склад архіву можна зробити невидимим.

Внаслідок того, що з *WinRar* є можливість стискати файли на 8-15% краще і швидше, проходить велика економія дискового простору, втрат на передачу даних і, найголовніше, робочого часу. *WinRar* прекрасно підходить для створення мультимедійних файлів. Також є можливість розділити архіви на окремі

частини для запису їх на різні носії. Він ідеально підходить для передачі конфіденційних даних по Інтернету та іншим незахищеним каналам, маючи 128-бітний криптографічний захист та електронні підписи архівів.

Формат файлу, що містить дані, які перед використанням потрібно розпакувати відповідною програмою-архіватором, як правило, може бути ідентифікований розширенням імені файлу. У табл. 2 наводяться деякі типові розширення, відповідні ним програми-архіватори і методи стиснення даних.

Таблиця 2

Відповідність типових розширень, програм-архіваторів і методів стиснення даних

Розширення	Програми	Тип кодування
<i>z</i>	<i>compress</i>	<i>LZW</i>
<i>arc</i>	<i>arc, pkarc</i>	<i>LZW</i> , Хаффмена
<i>zip</i>	<i>zip, unzip, pzip, pkunzip</i>	<i>LZ77, LZW</i> , Хаффмена, Шеннона-Фано
<i>gz</i>	<i>gzip</i>	<i>LZ77</i> , Хаффмена
<i>bz2</i>	<i>bzip2</i>	Хаффмена, Берроуза-Виллера
<i>arj</i>	<i>arj</i>	<i>LZ77</i> , Хаффмена
<i>ice, lzh</i>	<i>lha, lharc</i>	<i>LZSS</i> , Хаффмена
<i>pak</i>	<i>pak</i>	<i>LZW</i>

Практично всі формати файлів для зберігання графічної інформації використовують стиснення даних. Формат графічного файлу також, як правило, ідентифікується розширенням імені файлу.

У табл. 3 наводяться деякі типові розширення графічних файлів і відповідні ним методи стиснення даних.

Таблиця 3

Відповідність типових розширень графічних файлів і методів стиснення даних

Розширення	Тип кодування
<i>gif</i>	<i>LZW</i>
<i>jpeg, jpg</i>	стиснення з втратами, Хаффмена або арифметичне
<i>bmp, pcx</i>	<i>RLE</i>
<i>tiff, tif</i>	<i>CCITT/3</i> для факсов, <i>LZW</i> або інші

Висновки.

Класичні методи стиснення даних Шеннона-Фано і Хаффмена поступаються місцем більш новим: арифметичному з групи статистичних методів і словниковим методам стиснення даних, що раціонально доповнюють статистичні. В побудові архіваторів враховано особливості стиснення і словниковими, і статистичними методами, з втратами і без втрат, статичні і динамічні моделі. Як правило, архіватори побудовані на декількох методах стиснення даних.

Література

1. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування: Підручник – К.: Вища школа, 2001, – 255 с.
2. Лидовский В.В. Теория информации: Уч. Пособие. - М.: Компания Спутник+, 2004. - 111с.
3. Шульгин В.И. Основы теории передачи информации Ч.І. Экономное кодирование. Учеб. пособие. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. - 102с.

Надійшла 5.11.2009 р.

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА УМОВ ІНТЕРВАЛЬНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ В КАНАЛІ ВИМІРЮВАНЬ

Розглянуто методи гарантованого та допускового оцінювання для задач параметричної ідентифікації лінійних динамічних систем, коли кількість вихідних змінних в каналі вимірювань більша за кількість параметрів стану.

The methods of guaranteed and tolerance estimations for the tasks of parameters identification of the linear dynamic systems when the quantity of output variables in the measuring channel are more than quantity of state parameters are considered.

Ключові слова: параметрична ідентифікація, динамічні системи, стан параметрів, інтервальні дані.

Для ідентифікації дискретних моделей динамічних систем за умов обмежених вибірок даних з похибками, обмеженими за амплітудою використовують методи аналізу інтервальних даних [1, 2].

У цих випадках задача параметричної ідентифікації моделей лінійних динамічних систем формулюється як задача розв'язування інтервальної системи лінійних алгебричних рівнянь (ІСЛАР) з невідомими коефіцієнтами-параметрами моделі.

Відомі методи розв'язування ІСЛАР, зазвичай орієнтовані на інтервальне оцінювання розв'язку, відзначаються низькою точністю, тому актуальним є розвиток методів параметричної ідентифікації моделей лінійних дискретних динамічних систем на основі інтервальних даних, які в порівнянні з методами інтервального оцінювання, забезпечують вищу точність при помірній складності алгоритмів їх реалізації.

Розробці вказаних методів присвячені праці відомих українських та зарубіжних науковців: В.Кунцевича, А.Куржанського, М.Личака і т.д. [3, 4, 5]. Проте ці методи відзначаються високою обчислювальною складністю.

В роботах С. Шарого при розв'язуванні задач параметричної ідентифікації лінійних динамічних систем знаходять загублені гарантовані інтервальні оцінки [6]. Тоді як для розв'язання задач допускового контролю перехідних процесів в механічних системах чи електричних колах, або для задач оцінки динаміки концентрацій шкідливих викидів автотранспорту, важливим є визначення таких значень параметрів, які забезпечують допускові коридори динаміки параметрів стану. Такого типу задачі описані у працях М. Личака, М. Дивака, П. Стахівця [1, 3, 7]. Але у всіх працях вказаних авторів розглядається випадок, коли кількість вихідних змінних дорівнює кількості параметрів стану, що не завжди відповідає практиці задання каналу вимірювань. Переважно структура каналу вимірювань є набагато складнішою, тобто існують певні взаємозв'язки між множиною виходів та параметрів стану, що не дозволяє застосувати методи, розроблені у вказаних працях. Саме на випадок, коли кількість вихідних змінних більша кількості параметрів, орієнтована дана праця.

Постановка задачі

Розглянемо лінійний динамічний об'єкт за умов повної спостережності, зі скалярним управлінням, а також за умов обмежених за амплітудою похибок експериментальних даних. Такий об'єкт опишемо лінійними різницевиими рівняннями динаміки (1) та рівняннями каналу вимірювань (2)

$$\vec{x}_{k+1} = G \cdot \vec{x}_k + Q \cdot \vec{u}_k, \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (1)$$

$$\vec{y}_{k+1} = C \cdot \vec{x}_{k+1} + \vec{e}_{k+1}, \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (2)$$

де k – час, який змінюється дискретно, $k = 0, \dots, N-1$; \vec{y}_{k+1} – вектор (розмірністю $n \times 1$) виміряних значень «виходів» системи; \vec{x}_k – вектор (розмірністю $m \times 1$) змінних стану системи в k -й дискретний момент часу; \vec{x}_{k+1} – вектор (розмірністю $m \times 1$) змінних стану системи в $k+1$ -й дискретний момент часу;

$\vec{u}_k = (u_{1k}, u_{2k}, \dots, u_{pk})^T$ – вектор (розмірністю $p \times 1$) вхідних змінних в k -й дискретний момент часу.

$$G = \begin{pmatrix} g_{11} & \dots & g_{1i} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & \dots & g_{2i} & \dots & g_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ g_{n1} & \dots & g_{ni} & \dots & g_{nn} \end{pmatrix}, Q = \begin{pmatrix} q_{11} & \dots & q_{1i} & \dots & q_{1p} \\ q_{12} & \dots & q_{2i} & \dots & q_{2p} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ q_{n1} & \dots & q_{ni} & \dots & q_{np} \end{pmatrix}; C = \begin{pmatrix} c_{11} & \dots & c_{1i} & \dots & c_{1n} \\ c_{12} & \dots & c_{2i} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{mi} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix}$$

G, Q – матриці параметрів моделі, елементи яких необхідно ідентифікувати; C – прямокутна $(m \times n), n > m$ матриця, яка задає канал вимірювання; $\vec{e}_{k+1} = (e_{1k+1}, e_{2k+1}, \dots, e_{nk+1})^T$ – вектор випадкових, обмежених за амплітудою похибок.

Нехай:

$$|e_{1k+1}| = |e_{2k+1}| = \dots = |e_{nk+1}| = |e_{k+1}| \leq \Delta_{k+1}, \quad \Delta_{k+1} > 0 \quad \forall k = 0, \dots, N-1. \quad (3)$$

Позначимо за **Gar** та **Tol** деякі перетворення, що дозволяють отримати, відповідно, гарантовані та допускові інтервали вектора параметрів стану на основі даних з каналу вимірювань, тобто:

$$[\bar{x}_k] = [\bar{x}_k^-; \bar{x}_k^+] = \mathbf{Gar}(\bar{y}_k, |e_k| \leq \Delta_k, C), \quad k = 1, \dots, N, \quad (4)$$

$$[\bar{x}_{k+1}] = [\bar{x}_{k+1}^-; \bar{x}_{k+1}^+] = \mathbf{Tol}(\bar{y}_{k+1}, |e_{k+1}| \leq \Delta_{k+1}, C), \quad k = 0, \dots, N-1. \quad (5)$$

Гарантоване перетворення на k -му кроці забезпечує включення коридору значень змінних стану отриманих з каналу вимірювань $[\bar{x}_k], k = 0, \dots, N-1$ в прогностичний коридор $[\hat{x}_k]$ для змінних стану, тобто $[\bar{x}_k] = [\bar{x}_k^-; \bar{x}_k^+] \subseteq [\hat{x}_k] = [\hat{x}_k^-; \hat{x}_k^+]$.

Допускове перетворення на $k+1$ -му кроці забезпечує включення прогностичного коридору $[\hat{x}_{k+1}]$ для змінних стану в коридор значень змінних стану отриманих з каналу вимірювань:

$$[\hat{x}_{k+1}] = [\hat{x}_{k+1}^-; \hat{x}_{k+1}^+] \subseteq [\bar{x}_{k+1}] = [\bar{x}_{k+1}^-; \bar{x}_{k+1}^+], \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (6)$$

де

$$[\hat{x}_{k+1}] = \hat{G} \cdot [\hat{x}_k] + \hat{Q} \cdot \bar{u}_k, \quad (7)$$

\hat{G} та \hat{Q} – матриці оцінок параметрів рівняння (1).

Таким чином для ідентифікації моделі динаміки (1) необхідно провести перетворення, які дозволять отримати значення вектора параметрів стану з каналу вимірювань.

Очевидно, що перетворення **Gar** та **Tol** визначаються структурою каналу вимірювання. Із врахуванням рівнянь каналу вимірювання (2) та обмеженості амплітуди похибок \bar{e}_{k+1} , заданої виразом (3), рівняння каналу вимірювань, подамо в інтервальному вигляді:

$$\bar{y}_{k+1}^- \leq C \cdot \bar{x}_{k+1} \leq \bar{y}_{k+1}^+, \quad k = 0, \dots, N-1, \quad n > m \quad (8)$$

де $\bar{y}_{k+1}^- = \bar{y}_{k+1} - \Delta_{k+1} \bar{I}$, $\bar{y}_{k+1}^+ = \bar{y}_{k+1} + \Delta_{k+1} \bar{I}$ – вектор нижніх і верхніх меж вихідних змінних; \bar{I} – одиничний вектор.

Користуючись рівняннями (8), що описують канал вимірювання, оцінки інтервалів вектора параметрів стану (4) і (5) набудуть такого вигляду:

$$[\bar{x}_k] = \mathbf{Gar}(\bar{y}_k^- \leq C \cdot \bar{x}_k \leq \bar{y}_k^+), \quad k = 0, \dots, N-1, \quad n > m \quad (9)$$

$$[\bar{x}_{k+1}] = \mathbf{Tol}(\bar{y}_{k+1}^- \leq C \cdot \bar{x}_{k+1} \leq \bar{y}_{k+1}^+), \quad k = 0, \dots, N-1, \quad n > m \quad (10)$$

У праці [1] наведено методи і алгоритми виконання перетворень (9), (10), а також побудований на їх основі метод параметричної ідентифікації лінійної дискретної системи на основі інтервальних даних для випадку $n = m$. Отже, провівши відповідні перетворення ІСЛАР (8) для загального випадку $n > m$ до ІСЛАР у вигляді:

$$\bar{y}_{k+1}^- \leq C_m \cdot \bar{x}_{k+1} \leq \bar{y}_{k+1}^+, \quad k = 1, \dots, N, \quad (11)$$

де $n = m$, у такий спосіб, щоб множина розв'язків Ω_m ІСЛАР (11) максимально співпадала із множиною розв'язків Ω ІСЛАР (8), для ідентифікації лінійної дискретної динамічної системи (1) можемо використати метод, наведений у праці [1] для випадку $n = m$. Очевидно, що перетворення системи (8) до системи (11) необхідно провести із урахуванням (9) та (10).

Метод гарантованого оцінювання інтервалів вектора параметрів стану на основі даних з каналу вимірювання.

Розглянемо метод та алгоритм приведення системи (8), що описує канал вимірювання до системи (11), розв'язок якої максимально наближений до розв'язку ІСЛАР (8). Така система описує канали вимірювань із кількістю виходів більшою від кількості параметрів стану.

Нехай маємо сумісну систему (8), яка включає $n \geq m$ рівнянь. Із системи рівнянь (8), необхідно вибрати насичений блок із m рівнянь, який задається матрицею C_m ($m \times m$). Розв'язком цієї системи є множина Ω_m , яка в просторі параметрів \bar{x} визначає гіперпаралелепіпед з вершинами \bar{x}_{k+1} , що обчислюють за формулою [8]

$$\bar{x}_{k+1} = C_m^{-1} \cdot \bar{y}_{k+1}, \quad s = 1, \dots, 2^m, \quad (12)$$

де $\bar{y}_{sk+1} = (y_1^+, y_2^-, \dots, y_j^+, \dots, y_n^-)$ – вектор, складений з межових значень інтервалів $[y_j^-, y_j^+]$, $j = 1, \dots, n$.

Якщо вказану систему із m рівнянь сформулювати у такий спосіб, щоб вигляд гіперпаралелепіпеда Ω_m максимально наближався до вигляду многогранника Ω – розв'язку усієї системи (8), то мінімізуючи розміри отриманого гіперпаралелепіпеда, наприклад, його об'єм V_{Ω_m}

$$V_{\Omega_m} \longrightarrow \min, \quad (13)$$

з урахуванням решти $N-m$ інтервальних рівнянь (спостережень) системи (8) та за умови включення

$$\Omega \subseteq \Omega_m, \quad (14)$$

можемо отримати більш точнішу гарантовану оцінку, ніж інтервальна.

Систему із m інтервальних рівнянь сформуємо так, щоб квадрат об'єму $V_{\Omega_m}^2$ гіперпаралелепіеда Ω_m був мінімальним, тобто

$$\left(\prod_{j=1}^m \Delta_j^2 \right) \cdot \det(C_m \cdot C_m^T)^{-1} \xrightarrow{C_m} \min \quad (15)$$

У випадку відомої системи (8) і $n > m$ дана задача розв'язується на множині $j = 1, \dots, n$.

Відповідно до формули (15) та формули для визначення інтервальних похибок $\Delta_j = 0,5 \cdot (y_j^+ - y_j^-)$, при відомій фіксованій матриці C_m задача гарантованого оцінювання (13), (14) стає еквівалентною таким задачам:

$$y_j^+ \longrightarrow \min, \quad y_j^- \longrightarrow \max, \quad \forall j = 1, \dots, m, \quad n = m, \quad \Omega \subseteq \Omega_m \quad (16)$$

Для розв'язування задачі гарантованого оцінювання (16), використаємо ітераційний метод. На $i+1$ -й ітерації нижнє $y_j^-(i+1)$ та верхнє $y_j^+(i+1)$ інтервальні значення правих частин кожного із базових m рівнянь обчислюємо за такими формулами:

$$y_j^-(i+1) = y_j^-(i) + \delta_j^-(i+1), \quad y_j^+(i+1) = y_j^+(i) - \delta_j^+(i+1), \quad k = 1, \dots, n, \quad n = m \quad (17)$$

При цьому у формулах (17) значення $\delta_j^-(i+1) \geq 0$ та $\delta_j^+(i+1) \geq 0$ максимізуємо, виходячи із умови включень

$$\Omega \subseteq \{ \Omega_m(i) \cap \tilde{\Omega}(i+1) \} \subseteq \Omega_m(i+1), \quad (18)$$

де $\Omega_m(i+1)$ – m -вимірний гіперпаралелепіед, отриманий на $i+1$ -тій ітерації;

$\tilde{\Omega}(i+1)$ – “гіперсмуга”, яку визначаємо $i+1$ -м рівнянням ($i=1, \dots, n-m$) із тих, що залишились у системі (8) після вибору m базових рівнянь.

Одержання гарантованої оцінки $\Omega_m(i+1)$ на $i+1$ -му кроці полягає у переміщенні відповідних граней паралелепіеда $\Omega_m(i)$ таким чином, щоб вершини, які на i -му кроці розміщені на найближчій відстані від гіперплощини, заданої активним обмеженням у вигляді певної частини інтервального рівняння ІСЛАР (8) із $n-m$, опинились на цій гіперплощині.

Переміщення граней гіперпаралелепіеда для двох кроків у випадку $m=2$ зображено на рис. 1.

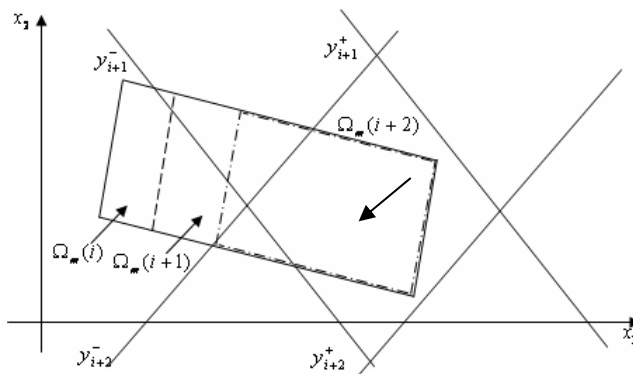


Рис. 1. Ілюстрація процедури гарантованого оцінювання множини параметрів для випадку $m=2$

Позначимо за $\bar{x}_s(i)$ ($s=1, \dots, 2^m$) вершину гіперпаралелепіеда $\Omega_m(i)$ і перетворимо формулу (11) до вигляду, придатного для обчислення координат вершин на i -тій ітерації

$$\bar{x}_s(i) = C_m^{-1} \cdot \bar{y}_s(i), \quad (19)$$

де $\bar{y}_s(i)$, – вектор, складений із комбінацій нижніх $y_j^-(i)$ та верхніх $y_j^+(i)$ інтервальних значень правих частин кожного із базових m рівнянь, які обчислюємо за рекурентними формулами (16).

Введемо для кожної вершини $\bar{x}_s(i)$ скалярні функції, які характеризують відстань між вершиною і відповідною межею “гіперсмуги” $\tilde{\Omega}(i+1)$

$$L_s(i) = y_{i+1}^- - \bar{c}_{i+1} \cdot \bar{x}_s(i),$$

$$L'_s(i) = \bar{c}_{i+1} \cdot \bar{x}_s(i) - y_{i+1}^+ = -L_s(i) - \Delta_{i+1}, \quad (20)$$

де \bar{c}_{i+1} – рядок матриці C у $i + 1$ спостереженні, який визначає $i + 1$ рівняння у системі (8);

y_{i+1}^-, y_{i+1}^+ – нижнє та верхнє інтервальні значення виходу у $k + 1$ спостереженні;

$$\Delta_{i+1} = y_{i+1}^+ - y_{i+1}^-.$$

Тоді, за аналогією із методом та алгоритмом гарантованого оцінювання параметрів статичних систем, наведених в праці [8] в рекурентній формулі (17) для $\delta_j^-(i + 1)$ та $\delta_j^+(i + 1)$ отримаємо такі вирази:

$$\delta_j^-(i + 1) = \begin{cases} \min_{s=1, \dots, 2^{m-1}} \{L_s(i) / |\bar{c}_{i+1} \cdot \bar{c}_j|\}, & \text{якщо } L_s(i) > 0, \bar{c}_{i+1} \cdot \bar{c}_j \neq 0 \\ 0, & \text{якщо } L_s(i) \leq 0 \end{cases} \quad (21)$$

$$\delta_j^+(i + 1) = \begin{cases} \min_{s=1, \dots, 2^{m-1}} \{L'_s(i) / |\bar{c}_{i+1} \cdot \bar{c}_j|\}, & \text{якщо } L'_s(i) > 0, \bar{c}_{i+1} \cdot \bar{c}_j \neq 0 \\ 0, & \text{якщо } L'_s(i) \leq 0 \end{cases} \quad (22)$$

Отже для реалізації однієї ітерації, запропонованого локалізаційного методу необхідно виконати таку послідовність обчислень:

1. Розрахувати значення скалярних функцій $L_s(i)$ та $L'_s(i)$ для усіх вершин гіперпаралелепіеда.
2. Розрахувати $\delta_j^-(i + 1)$ та $\delta_j^+(i + 1)$, відповідно, за формулами (21) та (22).
3. Обчислити межі інтервалу $[y_j^-(i + 1); y_j^+(i + 1)]$ за формулою (17).

Метод допускового оцінювання інтервалів вектора параметрів стану на основі даних з каналу вимірювання.

Перетворення (10) дозволяє знайти допускові інтервали параметрів стану на основі даних з каналу вимірювання [1]. Для його виконання попередньо необхідно перетворити ІСЛАР (8) до ІСЛАР (11), але у такий спосіб, щоб:

$$V_{\tilde{\Omega}_m} \xrightarrow{\tilde{\Omega}_m} \max, \tilde{\Omega}_m \subseteq \Omega, \quad (23)$$

де $\tilde{\Omega}_m$ – розв’язок системи (11).

Для пошуку Ω_m із розв’язку задачі (23) використовують ітераційну процедуру, на кожному $i + 1$ кроці якої шукають допускову область $\Omega_m(i + 1)$, додаючи одне інтервальне рівняння з $n - m$, що залишились у системі (8) після вибору m – базових рівнянь.

Тоді задачу (23) для $i + 1$ – кроку записують у такому вигляді:

$$V_{\Omega_m(i+1)} \xrightarrow{\Omega_m(i+1)} \max, \quad (24)$$

за умови включень

$$\Omega_m(i + 1) \subseteq \Omega \subseteq \{\Omega_m(i) \cap \tilde{\Omega}(i + 1)\}, \quad (25)$$

де $\Omega_m(i + 1)$ m -вимірний паралелепіед, отриманий на $i + 1$ -й ітерації; $\tilde{\Omega}(i + 1)$ — “гіперсмуга“, яка визначається $i + 1$ -м рівнянням ($i = 0, \dots, n - m - 1$) із тих, що залишились у системі (19) після вибору m – базових рівнянь.

Фактично процедура одержання допускової оцінки $\Omega_m(i + 1)$ на $i + 1$ -му кроці полягає у переміщенні відповідних граней паралелепіеда $\Omega_m(i)$ у такий спосіб, щоб вершина, яка на i -му кроці розміщена на найбільшій відстані від гіперплощини, заданої активним обмеженням у вигляді певної частини інтервального рівняння ІСЛАР (8) із $n - m$, опинилась на цій гіперплощині.

Процедуру переміщення граней для двох кроків у випадку $m = 2$ зображено на рис. 2.

У результаті реалізації цієї процедури для $n - m$ кроків одержимо допускову область $\tilde{\Omega}_m = \Omega_m(i = n - m)$.

Як зазначено вище, розв’язок цієї задачі на $i + 1$ – кроці одержимо внаслідок переміщення відповідних граней паралелепіеда $\Omega_m(i)$ за умови виконання включень (25). Таке переміщення еквівалентне використанню перетворень

$$y_j^+(i + 1) = y_j^+(i) - \delta_j^+(i + 1), \quad (26)$$

$$y_j^-(i + 1) = y_j^-(i) - \delta_j^-(i + 1). \quad (27)$$

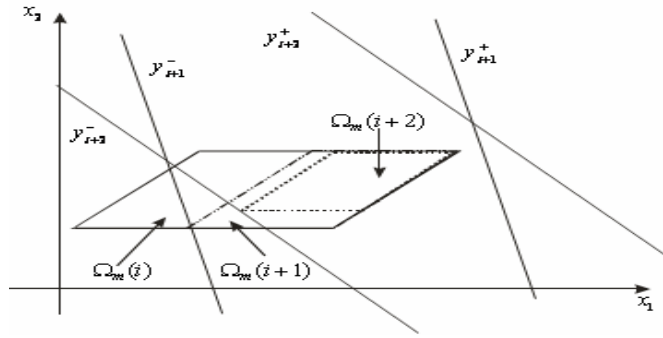


Рис. 2. Ілюстрація процедури допускового оцінювання множини параметрів для випадку $m = 2$

Беручи до уваги вищевикладене, ітераційну процедуру (24) можемо переписати у такому еквівалентному вигляді:

$$\prod_{k=1}^m (y_j^+(i+1) - y_j^-(i+1))^2 \cdot \det(C_m \cdot C_m^T)^{-1} \xrightarrow{y_j^+(i+1), y_j^-(i+1), i=1, \dots, m} \max \quad (28)$$

Еквівалентні перетворення формули (28), проведені у праці [8], дозволили задачу (24), (25) перетворити до такої задачі нелінійного програмування:

$$2 \cdot \sum_{j=1}^m \ln(y_j^+(i) - \delta_j^+(i+1) - y_j^-(i) - \delta_j^-(i+1)) + \ln(\det(C_m \cdot C_m^T)^{-1}) \xrightarrow{\delta_j^-(i+1), \delta_j^+(i+1), j=1, \dots, m} \max, \quad (29)$$

$$y_{j+1}^- - C_{j+1}^T \cdot C_m^{-1} \cdot \bar{Y}_s^*(i+1) = 0, \quad (30)$$

$$C_{j+1}^T \cdot C_m^{-1} \cdot \bar{y}_s^*(i+1) - y_{j+1}^+ = 0, \quad (31)$$

$$0 \leq \delta_j^+(i+1) \leq y_j^+(i) - y_j^-(i), \quad 0 \leq \delta_j^-(i+1) \leq y_j^+(i) - y_j^-(i). \quad (32)$$

В результаті реалізації даного методу одержимо систему m інтервальних рівнянь виду (11). Тоді, використовуючи інтервальну арифметику [1], з перетворення (10) отримаємо допускові оцінки параметрів стану у такому вигляді:

$$\begin{aligned} & \min_{\Delta_{k+1} \in \{-\Delta_{k+1}; +\Delta_{k+1}\}} \{c_{11}^* \cdot (y_{1k+1} - \Delta_{k+1}) + \dots + c_{1j}^* \cdot (y_{jk+1} - \Delta_{k+1}) + \dots + c_{1m}^* \cdot (y_{mk+1} - \Delta_{k+1})\} \leq x_{1k+1} \leq \\ & \leq \max_{\Delta_{k+1} \in \{-\Delta_{k+1}; +\Delta_{k+1}\}} \{c_{11}^* \cdot (y_{1k+1} + \Delta_{k+1}) + \dots + c_{1j}^* \cdot (y_{jk+1} + \Delta_{k+1}) + \dots + c_{1m}^* \cdot (y_{mk+1} + \Delta_{k+1})\}; \\ & \vdots \\ & \min_{\Delta_{k+1} \in \{-\Delta_{k+1}; +\Delta_{k+1}\}} \{c_{j1}^* \cdot (y_{1k+1} - \Delta_{k+1}) + \dots + c_{jj}^* \cdot (y_{jk+1} - \Delta_{k+1}) + \dots + c_{jm}^* \cdot (y_{mk+1} - \Delta_{k+1})\} \leq x_{jk+1} \leq \\ & \leq \max_{\Delta_{k+1} \in \{-\Delta_{k+1}; +\Delta_{k+1}\}} \{c_{j1}^* \cdot (y_{1k+1} + \Delta_{k+1}) + \dots + c_{jj}^* \cdot (y_{jk+1} + \Delta_{k+1}) + \dots + c_{jm}^* \cdot (y_{mk+1} + \Delta_{k+1})\}; \\ & \vdots \\ & \min_{\Delta_{k+1} \in \{-\Delta_{k+1}; +\Delta_{k+1}\}} \{c_{m1}^* \cdot (y_{1k+1} - \Delta_{k+1}) + \dots + c_{mj}^* \cdot (y_{jk+1} - \Delta_{k+1}) + \dots + c_{mm}^* \cdot (y_{mk+1} - \Delta_{k+1})\} \leq x_{mk+1} \leq \\ & \leq \max_{\Delta_{k+1} \in \{-\Delta_{k+1}; +\Delta_{k+1}\}} \{c_{m1}^* \cdot (y_{1k+1} + \Delta_{k+1}) + \dots + c_{mj}^* \cdot (y_{jk+1} + \Delta_{k+1}) + \dots + c_{mm}^* \cdot (y_{mk+1} + \Delta_{k+1})\}, \\ & k = 0, \dots, N-1. \quad (33) \end{aligned}$$

Запропоновані підходи до отримання гарантованих і допускових оцінок параметрів стану дозволяють суттєво спростити процедури ідентифікації лінійних дискретних моделей динамічних систем і при цьому є придатними для будь-якої заданої структури каналу вимірювань.

Висновки

Розглянуто задачу параметричної ідентифікації лінійних динамічних систем методами аналізу інтервальних даних. Розглянуто випадок параметричної ідентифікації динамічних систем коли кількість вихідних змінних в каналі вимірювання більша від кількості параметрів стану і при цьому із застосуванням методу аналізу даних отримано такі наукові та практичні результати:

- вперше показано, що канал вимірювання лінійного динамічного об'єкта з кількістю виходів більших від кількості параметрів стану цього об'єкта може бути наближено представлений моделлю лінійного динамічного об'єкта з каналом вимірювання, у якого кількість виходів більша від кількості параметрів стану, що дозволило розв'язати задачу параметричної ідентифікації лінійних динамічних систем на основі інтервальних даних відомими методами та алгоритмами;

- вперше для випадку, коли кількість вихідних змінних не дорівнює кількості параметрів стану отримані перетворення для обчислення гарантованих та допускових інтервалів вектора параметрів стану на основі даних з каналу вимірювань, що дозволило розробити метод параметричної ідентифікації динамічної системи на основі інтервальних даних, який на відміну від існуючих забезпечує знаходження допускових коридорів динаміки параметрів стану системи за умов заданих параметрів каналу вимірювань.

Література

1. Дивак М.П. Моделювання лінійних динамічних систем із заданою структурою вимірювання методами аналізу інтервальних даних / М.П. Дивак, А.В. Пукас, Є.О. Марценюк, І.Ф. Войтюк // Моделювання та керування станом еколого-економічних систем регіону : зб. праць. – К. : МННЦ ІТС, 2008. – С. 79–91.
2. Дивак М.П. Використання насиченого експерименту для оцінювання параметрів інтервальної моделі при аналізі інтервальних даних / М.П. Дивак // Автоматика. Автоматизація. Електротехнические комплексы и системы. – 1999. – № 2. – С. 33–36.
3. Дивак М. Ідентифікація параметрів моделей “вхід-вихід” динамічних систем на основі інтервального підходу / М. Дивак, П. Стахів, І. Каліщук // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2004. – Т. 9, № 4. – С. 109–117.
4. Кунцевич В. Получение гарантированных оценок в задачах параметрической идентификации / В. Кунцевич, М. Лычак // Автоматика. – 1982. – № 4. – С. 49–59.
5. Куржанский А.Б. Задача идентификации – теория гарантированных оценок / А.Б. Куржанский // Автоматика и телемеханика. – 1991. – № 4. – С. 3–26.
6. Шарый С.П. Интервальный анализ: прошлое, настоящее и будущее / С.П. Шарый // Наука в Сибири. – 1997. – № 41 (2127). – С. 3.
7. Dyvak M. Interval identification of dynamic model of realization of bakery produce / M. Dyvak, I. Kalishchuk, Ye. Martsenyuk. // Proc. of International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2006–Lviv-Slavske: National University „Lviv Polytechnic”. – 2006. – P. 159–163.
8. Дивак М.П. Метод допускового оцінювання параметрів інтервальних моделей статичних систем / М.П. Дивак, О.Л. Козак // Відбір і обробка інформації. – 2007. – Вип. 26. – С. 18–26.

Надійшла 2.11.2009 р.

*Василь Кремень,
Президент АПН України*

ТВОРЧІ ПОШУКИ ЮВІЛЯРА НА НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНІЙ НИВІ

Сучасний світ неминуче змушений здійснювати пошук ресурсів для розширення вищої освіти з огляду на її покликання – забезпечення суспільства висококваліфікованими фахівцями, які були б здатні на позиціях лідерства в усіх галузях науково-практичного життя забезпечувати творче вирішення глобальних регіональних і світових проблем. Закономірно, що це зумовлює необхідність інноваційного розвитку університетів як центрів освіти, науки і культури.

Розбудова державності в Україні сприяє не тільки піднесенню відомих елітних вищих навчальних закладів, але й появі нових регіональних вищих шкіл, частина з яких здобула статус національного університету. Одним з яскравих прикладів такого динамічного поступу є Хмельницький національний університет.

Філософи у різні часи досить неоднозначно висловлювалися щодо ролі особистості в кардинальних змінах соціально-політичного життя в державі. Попри глобальність даної проблеми моє переконання полягає в тому, що своєму високому статусу Хмельницький національний університет має завдячувати молодому асистенту кафедри машин та апаратів легкої промисловості Хмельницького технологічного інституту побутового обслуговування – Миколі Єгоровичу Скибі, який після закінчення аспірантури на кафедрі машин і агрегатів шкіряно-взуттєвого виробництва Київського технологічного інституту легкої промисловості (1975 р.) прибув за направленням до Хмельницького. І, пройшовши послідовно різні посади в Хмельницькому університеті, в 2004 р. його очолив.

Виконання запропонованої М.Є. Скибою комплексної програми розвитку Хмельницького університету дозволило вирішити стрижневі проблеми його життєдіяльності, забезпечити позитивну динаміку основних показників розвитку, вивести університет в лідери регіонального навчального, наукового і культурного центру. Завдяки докорінним системним змінам здійснено реструктуризацію основних і допоміжних навчальних підрозділів університету; ґрунтовно перебудовано навчальний процес на основі положень Болонської декларації; успішно здійснюється підготовка фахівців за дистанційними технологіями відповідно до авторської системи методичного забезпечення всіх ланок навчального процесу; створено окрему оригінальну систему методичного забезпечення самостійної роботи студентів; підвищено якісний склад науково-педагогічного персоналу університету; реорганізовано систему підвищення кваліфікації науково-педагогічних кадрів; запроваджено систему співпраці університету з роботодавцями та організації працевлаштування випускників; розширено напрями підготовки фахівців; забезпечено стабільний розвиток матеріально-технічної бази університету, фінансування головних напрямів його життєдіяльності. Досягнення університету неодноразово відзначалися золотими медалями на освітянських міжнародних виставках.

Як людина творча, М.Є. Скиба виходить з глибинної філософської мудрості, яка закликає не стільки наслідувати бджіл (ті не відтворюють квіти такими, якими їх знаходять, а виробляють з них шляхом певних реакцій нові речі, наприклад, – віск і дивний мед), скільки прикладу шовкопрядів (ті добувають шовкову тканину із власної утроби). Тому серед споконвічних інтелектуальних добродійностей (мудрість, знання, досвід, розуміння, мистецтво) виокремлює не досвід як першооснову всього, а мистецтво, що належить до того ж роду, що й досвід, але завжди проявляється в творчості. Він доводить, що саме творчий «неспокій» мистецтва переплавляє досвід, знання і розуміння у мудрість як довершене сходження до першопочатків всього сущого. Усі 15 наукових шкіл університету підтримуються ректором-керівником наукових розробок з проблем енергозберігаючих технологій, і це дає позитивні практичні результати.

Таке методологічне підґрунтя дозволяє Миколі Єгоровичу наполегливо спрямовувати професорсько-викладацький склад на фундаменталізацію знання, що сприяє вирішенню основних завдань сучасної освіти – створення оптимального середовища для виховання гнучкого мислення, освоєння наукової інформаційної бази і сучасної методології осмислення дійсності, формування внутрішньої потреби в професійному саморозвитку. Адже в сучасних умовах навіть творче засвоєння знань ще не повною мірою вирішує проблеми формування інноваційної людини. Більш того, супровід творчого засвоєння знань є вкрай незадовільним не тільки в середній загальноосвітній, професійно-технічній, але й у вищій школі.

М.Є. Скиба плідно співпрацює з Академією педагогічних наук України. Показово, що навіть короткий термін перебування на посаді декана гуманітарно-педагогічного факультету уможливив майбутньому ректору зрозуміти вагомість педагогічного знання не тільки для викладачів вищого технічного навчального закладу, але й для його студентів. Спрямованість на профілізацію сучасної старшої школи, недостатній рівень підготовки викладачів спеціальних дисциплін і майстрів виробничого навчання ПТНЗ, прогалини в психолого-педагогічній підготовці викладачів технічних дисциплін зумовили необхідність посилення уваги до педагогічного спрямування діяльності університету. Постійна допомога ректора дозволила кафедрі теорії та методики трудового і професійного навчання посісти гідне місце серед 49 кафедр Хмельницького національного університету. Кафедра стала випускною для двох споріднених спеціальностей: 7.010104 – «Професійне навчання. Технологія і обладнання автоматизованого виробництва

у машинобудуванні і приладобудуванні»; 7.010103 – «Педагогіка та методика середньої освіти. Трудове навчання».

Наукова робота викладачів кафедри теорії та методики трудового і професійного навчання спрямована на дослідження теми «Розробка психолого-педагогічної системи розвитку особистості». Плідному науковому пошуку сприяє проведення з 2001 року циклічної міжнародної науково-практичної конференції «Професійне становлення особистості: проблеми і перспективи». У роботі конференції беруть участь академіки АПН України – І.А. Зязюн, Н.Г. Ничкало, С.У. Гончаренко; члени-кореспонденти АПН України В.О. Радкевич, О.І. Щербак; доктор психологічних наук В.В. Рибалка й інші наукові співробітники інститутів АПН України, а також вчені зарубіжних держав (Білорусі, Німеччини, Польщі, Російської Федерації). Ваговим здобутком стало видання спільно з Інститутом педагогічної освіти і освіти дорослих та Інститутом професійно-технічної освіти АПН України збірників наукових праць «Державні стандарти професійної освіти: теорія і методика», «Дидактика професійної школи» та ін.

Стратегію освіти в Хмельницькому національному університеті визначають як перспективу колективних педагогічних дій, забезпечення єдності самоорганізації і управління для проектування багатовекторного середовища, що сприяє персоналізованому руху окремої людини і ідеологічному спрямуванню певної спільноти до ідеалу. М.Є. Скиба здійснює творчий пошук шляхів створення необхідних умов для творчої самореалізації студентів і викладачів, можливості виявляти ініціативу, висловлювати власну думку, а також професійного розвитку майбутнього фахівця, стимулювання гнучкого, оригінального стилю мислення й пізнавальної активності, формування психологічної витривалості і моральної стійкості.

Для вирішення цих складних проблем ректорат приділяє увагу до реорганізації системи навчально-виховної роботи університету на основі «Концепції національного виховання студентської молоді». Цей процес спрямовується на інтеграцію двох системоутворюючих чинників, а саме: розвиток різних форм студентського самоврядування та потреби студентів наполегливо працювати для здобуття, розширення і поглиблення фундаментального гармонізованого знання; акцент на самоцінності особистості, її пріоритетності в реалізації траєкторії індивідуального духовного сходження, на формування ідеальних схем діяльності з опорою на ціннісно-нормативну систему суспільства як на реалії, нова якість яких залежить від кожної особистості. Така спрямованість діяльності університету сприяє стабілізації показників успішності студентів на рівні, що відповідає якісному оволодінню ними навчальним матеріалом, помітно зростає громадянська активність студентів, формується впевненість у відповідності університетської освіти сучасним світовим вимогам й зростає їхній оптимізм щодо перспектив подальшої успішної життєдіяльності в рідній країні.

У Хмельницькому національному університеті багато робиться для забезпечення духовного, інтелектуального і професійного розвитку особистості, підготовки висококваліфікованих національних кадрів, утвердження нової гуманістичної етики, розуміння людини як найвищої цінності суспільства. В усьому цьому ключову роль відіграє головна діюча особа Микола Єгорович Скиба – ректор Хмельницького національного університету. І мені дуже приємно, що як Міністр освіти і науки я причетний до призначення М. Є. Скиби ректором університету. Перекоаний, що тоді не помилюся колектив університету і правильне рішення прийняло Міністерство. Ми підтримали ректора і університет, запропонувавши президенту України надати навчальному закладу статус національного.

Із ювілеєм Тебе, дорогий земляче! Нових успіхів в роботі, творчих пошуків і подальшого розвитку університету, сімейного благополуччя і міцного здоров'я.



Грищенко Іван Михайлович

*доктор економічних наук, професор,
заслужений працівник освіти України,
заступник директора з науково-інноваційної роботи
Інституту вищої освіти АПН України,
народний депутат України (1991-1994)*

ТАЛАНОВИТОМУ КЕРІВНИКУ, ПЕДАГОГУ, ВЧЕНОМУ

Вельмишановний Миколо Єгоровичу!

Доля так розпорядилася, що все Ваше життя присвячене вищій освіті. Суспільство довірило Вам свій найцінніший скарб – молодь. Від Вашої праці залежить не лише рівень освіти, а і те, які моральні, духовні принципи будуть успадковані нашими студентами.

Ви дуже сумлінно ставитесь до свого професійного обов'язку, дбаючи не тільки про рівень освіченості, але і про виховання громадянина і патріота України, вчите пізнавати та засвоювати нове, та пам'ятати якого ми роду. Ви вчите нашу молодь любити Землю, робити добро Людям.

Ви завжди ставите перед собою високі цілі. Ви людина високого гатунку, яскрава особистість. Ви дбаєте про людей і зміцнення матеріальної і технічної бази університету, щоб забезпечити життєдіяльність ВНЗу.

Ви дотримуетесь принципу, що в житті і праці повинні панувати чесність і порядність. Ви любите і поважаєте людей, йдете на зустріч кожному, намагаючись допомогти. У Вас в душі – криниця доброти і мудрості. Друзі і колеги вдячні Вам за ту любов, увагу, розуміння і бажання завжди допомогти, за це відповідають Вам взаємністю

Із Хмельницького національного університету виходять молоді, талановиті, висококваліфіковані фахівці. Подивіться на студентів – вони найкращі, подивіться на випускників – скільки із них стають міністрами, віце-прем'єрами, членами уряду, народними депутатами України, губернаторами, мерами, керівниками і висококваліфікованими фахівцями різних галузей народного господарства, працівниками органів державної влади, вченими, науковцями, політиками, військовими, артистами, поетами, музикантами, спортсменами... А скільки їх ще буде? Буйним цвітом Ваша праця колоситься на ниві кадрів України.

Не кожного дня, але дуже часто ми до Вас звертаємось за порадою, допомогою, і завжди Ви з любов'ю, з щирим серцем з радістю допомагаєте, хоча ми часто-густо не враховуємо, що нас багато, а Ви один. Але ми знаємо, що такі люди – гордість і окраса нашого суспільства. Своїм ставленням до людей і життя збагачуєте оточуючих навколо себе, володіючи унікальним даром організатора, носія кращих людських рис та мудрості.

Земний Вам уклін, Миколо Єгоровичу, за те, що Ви робите для університету, Поділля і всієї України.

У день славного ювілею дозвольте Вам, дорогий Миколо Єгоровичу, побажати, щоб з Вами по стежці життя поруч завжди йшли віра, надія і любов, а душа випромінювала мелодії радості та щастя. Родинного благополуччя, здійснення всіх Ваших задумів і планів, невичерпної творчої енергії, наснаги і впевненості у власних силах і переконаннях. Нехай кожен день буде осяяний високим злетом душі, а добре самопочуття і гарний настрій стануть запорукою життєвого успіху!

Многая Вам літа!

15.12.2009 р.

В.М. Геєць
Віце-президент НАН України,
директор Інституту економіки
та прогнозування НАН України
академік НАН України

Вельмишановний Миколо Єгоровичу!

Національна академія наук України, колектив Інституту економіки та прогнозування сердечно поздоровляє Вас із 60-річчям від Дня народження, висловлює найтепліші й найщиріші побажання.

У Вашій особі ми вітаємо визнаного педагога та організатора освіти. Ваша натхненна та самовіддана праця на посадах професора кафедри машин та апаратів легкої промисловості, керівника факультету по роботі з іноземними студентами, декана гуманітарно-педагогічного факультету, а упродовж останніх восьми років – ректора Хмельницького національного університету, високий професіоналізм, енергійність та принциповість, демократичність поглядів та переконань, талант та працьовитість вченого, педагога, вмілого організатора здобули щиру повагу Ваших колег та студентів.

Гідним підтвердженням Вашої діяльності як педагога і за вагомих внесок у розвиток вітчизняної науки і освіти стало присвоєння Вам звання заслуженого працівника освіти України та нагородження орденом «За заслуги» III ступеня.

У цей ювілейний День народження зичимо Вам, дорогий Миколо Єгоровичу, здоров'я, творчої наснаги, довголіття, таланту, добробуту. Бажаємо, щоб і надалі Вас оточували доброзичливі та щирі шанувальники. Хай щастить у житті як на визнання, так і на любов, тепло, ласку рідних і близьких Вам людей!

О. Бурлаков

З правдивою пошаною

Голова Державної інспекції навчальних закладів

Шановний Миколо Єгоровичу!

Засвідчую Вам свою повагу та висловлюю щирі й сердечні вітання з нагоди Вашого **60-річного ювілею!**

Своєю відданою працею на освітянській і науковій ниві Ви робите вагомий внесок у розвиток вітчизняної освіти і науки, добробут і розбудову України.

Ми знаємо й цінуємо Вас як яскраву особистість, невтомного трудівника, професіонала, досвідченого керівника, педагога та наставника молоді. Вашою працею створено понад 130 наукових праць, за результатами наукових досліджень отримано 7 авторських свідоцтв та 18 патентів на винаходи.

Очолюючи Хмельницький національний університет Ви створюєте в колективі атмосферу творчості, високої педагогічної етики і моралі, ділової принциповості та доброзичливості. Під Вашим керівництвом навчальний заклад не лише активно розширює горизонти вітчизняної освіти і науки, а й наполегливо здобуває світове визнання, плідно працює у різних напрямках міжнародного співробітництва, бере активну участь у різноманітних міжнародних проектах, конференціях, програмах обміну студентами, викладачами та науковцями. Завдяки Вашому таланту та наполегливості університет перетворився в класичний та отримав статус «національного».

Ваша громадська діяльність, творче і відповідальне ставлення до справ, високий інтелектуальний рівень, вміння масштабно мислити, висока культура в роботі, вдале впровадження в щоденну практику сучасного та передового в поєднанні з людяністю та турботою про людей принесли Вам заслужений авторитет не тільки серед колег, а й всіх тих, хто Вас знає. Особливої уваги заслуговує Ваша громадська діяльність як депутата обласної ради, де Ви очолюєте комісію з питань розвитку освіти і культури.

Тож нехай наступні роки Вашого творчого розквіту будуть щедрими на нові досягнення та здобутки, а кожен день дарує душевну гармонію, благополуччя, радість, тепло сімейного затишку та людську вдячність.

Шановний Миколо Єгоровичу! Від імені Державної інспекції навчальних закладів прийміть слова сердечної вдячності за Вашу творчу працю.

Хай щастить Вам у всі часи!



М.Ф. Степко

*Заступник директора
з науково-експериментальної роботи
Академії педагогічних наук України, м. Київ*

ВЕЛ Ь М И Ш А Н О В Н И Й

МИКОЛО ЄГОРОВИЧУ !!!

З великою приємністю пишу ці рядки на честь ювілейного Дня народження свого славного земляка, прекрасної людини, визнаного науковця, керівника найбільшого на Поділлі університету, до створення якого Ви доклали багато зусиль.

Завдяки Вашим організаторським здібностям, чіткому відчуттю перспективи, економічних і політичних реалій сьогодення, самовідданості та сміливості у реалізації задуманого, Вам вдалося згуртувати колектив на плідну роботу в сучасному полі наукової та освітньої діяльності та перетворити університет у відомий на Україні та за її межами центр освіти науки і культури.

Пишу ці рядки, знаючи реальність Ваших здобутків, а не просто як гарні слова, що пишуться традиційно у подібних випадках, оскільки протягом багатьох років мав честь співпрацювати з Вами на освітянській ниві, відчуваючи новизну та конструктивність Ваших зусиль як ректора нового покоління.

Та не тільки етапи Вашої професійної діяльності запам'яталися мені. Ваша інтелігентність, людяність, доброта у відношеннях з колегами та друзями, почуття любові до рідного краю, до батьків, до наших традицій та української пісні завжди виокремлювала та прикрашала Вас, приваблюючи все нових і нових прихильників і друзів.

Від усієї душі бажаю Вам, дорогий Микола Єгоровичу, міцного здоров'я, щастя, благополуччя в родинному житті, достатку та нових творчих злетів і успіхів на довгі роки.

Дорогий друже, Микола Єгорович, хочу, щоб Ви пам'ятали: 60 років – це вже не О-ГО-ГО, але ще й не О-ЙО-ЙОЙ !!!

З повагою,
М.Ф. Степко.

*Станіслав Ніколаєнко
Голова Ради партії «Справедливість»,
голова ГРОНУ, Міністр освіти і
науки 2005-2007, доктор
педагогічних наук, професор*

Вчений, організатор і просто Людина великої душі

Миколу Єгоровича Скибу знаю ще з часу роботи в Комітеті з науки і освіти Верховної Ради України. Разом обговорювали проблеми вищої школи, інформатизації навчального процесу. Сподобалася виваженість, логічність і глибина знань професора Скиби.

Працюючи Міністром освіти та науки, не раз бував в університеті «Поділля», спостерігав за динамікою розвитку ВНЗу, зусиллями ректора з формування кадрового потенціалу, оновлення матеріальної бази, особливо сучасними інформаційними системами. Вважаю, що одна із кращих електронних систем незалежного тестового оцінювання знань абітурієнтів при вступі до вищих навчальних закладів була розроблена за ініціативи ректора Скиби М.Є. саме у Хмельницькому національному університеті.

Микола Єгорович завжди вирізнявся серед ректорів ВНЗів виваженістю, глибиною, порядністю і чесністю. Він є добрим вченим. Результати ряду його досліджень впроваджено у виробництво на підприємствах України та СНД. За участю Скиби М.Є. виконано та впроваджено у виробництво 18 госпдоговірних і держбюджетних науково-дослідних тем. Він успішно керує науковою роботою аспірантів та здобувачів.

Як педагог, професор Скиба М.Є. володіє глибокими знаннями з предметів, які викладає, багато уваги приділяє вдосконаленню форм та методів викладання. Йому властиві відчуття оптимальних шляхів вирішення вузівських проблем, ініціатива, висока вимогливість до себе та підлеглих.

Професору Скибі притаманне глибоке знання справи, висока культура в роботі, вміння масштабно мислити, за що він був нагороджений державними нагородами.

Хочеться у ці ювілейні дні побажати Миколі Єгоровичу великих успіхів, здоров'я, щастя і добра.
З води і роси Вам, дорогий Миколо Єгоровичу!



В.П. Коцур

*Ректор Переяслав–Хмельницького державного
педагогічного університету імені Григорія
Сковороди*

Шановний Миколо Єгоровичу!

Переяслав–Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди віншує Вас із 60-літтям – знаковим рубіконом у людському житті.

Сумщина – то Ваша диво-колиска, а слов'янське плем'я сіверян – джерело Вашого давнього роду, що ратними подвигами і славою увічнив своє ім'я в літописних пам'ятках часів Київської Русі та козацької доби.

Зима своїм білим покривом, а батьки добродійним ім'ям Микола благословили Вас у людську путь, яка розпочалася на Кропивеччині й доленосно пролягла до вікопомного Проскурова. Це був наполегливий шлях Вашого становлення як людини-добродія, як талановитого педагога-викладача, як науковця в царині технічного розвитку України, як наставника студентської молоді, аспірантів і здобувачів Хмельницького національного технічного університету.

Дорога вченого, педагога, керівника вузу, обрана Вами, не проста, але здавна шанована у Вашій родині. Ви своєю педагогічною діяльністю ревно оберігаєте і навчаєте, ненастанно утверджуєте високе звання подвижника освіти вищої школи.

Керуючи одним із найкращих університетів України, Ви дбаєте про його майбутнє, забезпечуєте європейські обрії розвитку.

Лише обдарована Богом людина може поєднати в собі такі якості, як вимогливість і толерантність, любов до обраної справи і людей. Саме Вам, Миколо Єгоровичу, характерні ці величні людські якості! У повсякденній праці, буденних земних турботах Ви щедро ділитеся з друзями своїми досягненнями, великим життєвим досвідом.

Ваша родина плекає і зміцнює педагогічні традиції, є надійним берегом у бурхливій річці життя.

Ви зразок людської гідності і відданості справі, новатор вітчизняної вищої освіти, лицар швидкоплинного інформаційного суспільства.

Тож бажаємо Вам, шановний, Миколо Єгоровичу, здоров'я духу, мудрості серцю, лету думкам, аби ще крізь роки збирали багате збіжжя на трудній освітянській ріллі, добробуту й злагоди, тепла й любові Вашій родині. Хай Добро й Краса будуть Вашими символічними супутниками на життєвій стежині, яка щасним рушником прослалась від отчого порога.

Грудень 2009 р.



О.І. Курок

*Ректор Глухівського
національного педагогічного університету
імені Олександра Довженка професор*

Науковець, інтелігент, життєлюб

Ректор Хмельницького національного університету, доктор технічних наук, професор, відмінник освіти України, Заслужений працівник народної освіти, академік Української технологічної академії, Міжнародної академії інформатизації, Української академії економічної кібернетики, депутат Хмельницької обласної ради, голова постійної комісії з питань науки, освіти, культури, молоді, спорту та туризму...

За цими значущими для професійної діяльності словами криється непересічна особистість, яка вражає витонченою інтелігентністю, високим інтелектом, душевною красою, дотепним гумором. Саме таким я знаю Миколу Єгоровича Скибу.

Сьогодні Микола Єгорович відзначає 60-річний ювілей – важливу дату в його багатогранному житті, сповненому визначних подій і вагомих здобутків.

Маю честь вітати вас, Миколо Єгоровичу, зі славним Вашим ювілеєм!

Так сталося, що наші життєві дороги проклалися поруч ще з дитинства: народився Микола Єгорович на мальовничій Кролевеччині, в сусідньому селі Камінь; сьогодні я очолюю один із найстаріших педагогічних вузів – Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, в якому близько 50 років тому успішно навчалася мама ювіляра, вчителька за покликанням – Катерина Василівна; упродовж усього свого трудового життя я відчуваю поруч міцне плече Миколи Єгоровича.

Божа благодать сконцентрувала в ювілярові природну відданість людям, роботі, сім'ї, друзям; делікатність, сильну волю, результативну вченість, глибокий розум, неперевершені знання життя і людей, витончену моральність, відданість рідному дому, близьким та друзям. Мене захоплюють його вміння вселяти віру, хвилюватися за долю іншого, його життєлюбність, молодецький запал, простота, скромність, сердечна щедрість, оптимізм, глибока віра в прекрасне майбуття.

Тож, шановний Миколо Єгоровичу, сердечно бажаю Вам здорового теплого і доброзичливого серця у ставленні своїх колег і студентів, родинного затишку і благополуччя, нових плідних успіхів і звершень.

З повагою, Курок О.І.

Анатолій Матюх
З повагою, Голова управління
ВАТ Хмельницька
швейна фабрика «Лілея»

Зі словами вдячності до вчителя, наставника та друга.

Мені, випускнику 1977 року Хмельницького технологічного інституту побутового обслуговування спеціальності машини та апарати, одному із перших студентів, чийм керівником дипломного проекту був наш ювіляр, хочеться висловити слова глибокої вдячності за ту душевну теплоту, надзвичайні якості педагога-наставника, терпіння та наполегливість Миколи Єгоровича Скиби, які він сповна проявив по відношенню до мене та багатьох моїх однокурсників при здобутті вищої освіти, передаючи нам свої знання і прищеплюючи любов до обраної професії.

Доля так розпорядилася, що понад 30 років наші дружні відносини тільки зміцнювалися, набуваючи все нових якісних перетворень.

Мене завжди вражали в рисах характеру Миколи Єгоровича нестримне прагнення до інновацій, упровадження новітніх засобів навчання, оптимізації та вдосконалення структури вищого навчального закладу, вмиле впровадження наукових досліджень у виробництво, відкритість, щирість і доступність у спілкуванні, висока управлінська культура керівництва, вміння об'єднати навколо себе однодумців для вирішення стратегічних завдань подальшого розвитку вищого навчального закладу, що носить ім'я – Хмельницький національний університет.

Високоєфективна наукова, педагогічна діяльність широка ерудиція сприяли утвердженню авторитету Скиби Миколи Єгоровича серед наукових кіл, керівників підприємств легкої промисловості, свідченням цього є високі нагороди та почесні звання за значні досягнення у реалізації державної політики в галузі національної освіти та науки.

Зичу Вам, Миколо Єгоровичу, міцного здоров'я ще на добру сотню літ, повну чашу радості та добра, нових гарних наукових звершень. Нехай і надалі мальовничі краєвиди Вашої рідної Сумщини надихають Вас на нові здобутки в галузі освіти та науки, посилюють гарний святковий настрій, сімейний затишок і добробут при надійній підтримці колег та друзів і повазі вихованців і послідовників.

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

Повні вимоги до оформлення рукопису **<http://visnikup.narod.ru/rules/>**

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету, протокол № 4 від 25.11.2009 р.

Підп. до друку 26.11.2009 р. Ум.друк.арк. 18,26 Обл.-вид.арк. 22,65
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.
Наклад 100, зам. № _____

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого редакцією журналу “Вісник Хмельницького національного університету” редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63