

Науковий журнал

4.2009

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, № 4 (137)

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 Брожено В. О.

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

С (8-03822) 2-51-08

e-mail: 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

В.Г. КАПЛУН, П.В. КАПЛУН, К.А. ПАРШЕНКО ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ТА ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ СТАЛІ Х12 ПІСЛЯ АЗОТУВАННЯ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ В БЕЗВОДНЕВИХ СЕРЕДОВИЩАХ	7
RENATA DWORNICKA PN-EN 12952-3 BASED CALCULATIONS OF ALLOWABLE HEATING AND COOLING RATES FOR T-PIPE MADE FROM STEEL 13HMF	10
О.С. ЗДИБЕЛЬ, М.В. ЛУК'ЯНЮК, І.М. ПАСТУХ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПІСЛЯ АЗОТУВАННЯ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ	14
І.М. ПАСТУХ, Н.С. МАШОВЕЦЬ ЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ПРИ АЗОТУВАННІ ТИТАНУ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ	18
Б.Ф. ППА, В.В. ЧАБАН ПРИВІД КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ З ДЕМПФІРУЮЧИМ ПРИСТРОЄМ ТА ВИБІР ЙОГО ПАРАМЕТРІВ	22
Б.Ф. ППА, А.І. МАРЧЕНКО ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ В ПАРІ ГОЛКА-КЛИН В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ РОБОТИ КЛИНА	26
Л.Г. КОЗЛОВ, В.А. КОВАЛЬЧУК, Н.В. КУШПІТА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОПРИВОДА З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ ВЕЛИЧИНИ ТИСКУ	28
О.В. ПЕТРОВ АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНИХ ВТРАТ ТИСКУ В ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКУ ЗА ДОПОМОГОЮ САД/САЕ СИСТЕМ	33
Л.Г. КОЗЛОВ, Д.О. ЛОЗІНСЬКИЙ, С.М. ЛОЗОВСЬКИЙ ЗАСТОСУВАННЯ САД- CFD СИСТЕМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ КЕРУВАННЯ НА РЕГУЛЮЮЧОМУ ЕЛЕМЕНТІ ЗВОРОТНОГО КЛАПАНА ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА З ПРОПОРЦІЙНИМ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ КЕРУВАННЯМ	36
С.М. РУДАК АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФОРМИ ТУРБУЛІЗАТОРА ВИХРОВОГО ВИТРАТОМІРА ГАЗУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНТРОПІЙНИХ ОЦІНОК ШУМІВ ПОТОКУ	39
ІНФОРМАТИКА, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ. КІБЕРНЕТИКА	
О.А. ПАСТУХ КВАНТОВІ НЕЧІТКІ МНОЖИНИ ДРУГОГО РОДУ	46
О.О. СЕМЕНОВА, А.О. СЕМЕНОВ, О.О. ВОЙЦЕХОВСЬКА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФАЗІ-ЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	49
С.С. ГАРКАВЕНКО МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСОРИМЕНТУ ВИРОБІВ ЗІ ШКІРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ФІКТИВНИХ ЗМІННИХ	53
В.В. РОМАНЮК АДАПТАЦІЯ МЕТОДУ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ У МАТРИЧНІЙ ГРІ З ПОРОЖНЬОЮ МНОЖИНОЮ СИТУАЦІЙ РІВНОВАГИ З ВІДОМОЮ НАПЕРЕД КІЛЬКІСТЮ РАУНДІВ ГРИ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ МАТЛАВ	57
С.В. БАЛОВСЯК, Я.Д. ГАРАБАЖІВ, І.М. ФОДЧУК ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ЛІНІЙ КІКУЧІ	68

М.Є. СКИБА, Ю.Б. МИХАЙЛОВСЬКИЙ, Г.С. ГОЛОВКО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ПОЛІМЕРІВ У МОЛОТКОВОМУ ПОДРІБНЮВАЧІ	73
В. Г. КАМБУРГ, Н. В. МАЛЬКИНА МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА НАСЫЩЕНИЯ РАСТВОРОМ ПОРИСТОГО ИСКУССТВЕННОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ	79
В.Т. КОНДРАТОВ ПРИЗНАКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ	81
Д.Е. ИВАНОВ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВЕРИФИКАЦИИ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ЦИФРОВЫХ СХЕМ ДЛЯ ДВУХЯДЕРНЫХ СИСТЕМ	92
О.В. ОГНЄВИЙ ПОБУДОВА ПАРАЛЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ КЛАСТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	99
І.В. МУЛЯР МЕТОД ПОШУКУ ОПИСУ ОБ'ЄКТІВ ДІАГНОСТУВАННЯ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ДІАГНОСТИЧНІЙ СИСТЕМІ	103
О.А. МЯСЩЕВ, А.В. ДЖУЛІЙ НАПРЯМКИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖАХ	107
Ю.М. ПАНОЧИШИН ЗАДАЧА РОЗПОДІЛУ ПОТОКІВ У МЕРЕЖАХ ІЗ БАГАТЬМА ДЖЕРЕЛАМИ І СТОКАМИ	112
В.М. ЛОКАЗЮК, Д.М. МЕДЗАТИЙ МОДИФІКОВАНА МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ ЯК ОБ'ЄКТІВ ПРОГНОЗУВАННЯ	117
В.М. ДЖУЛІЙ, К.В. ІВАНОВ МЕТОД КЛАСТЕРИЗАЦІЇ СТИСНЕННЯ ВЕКТОРА ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК	122
Ю.В. ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЯМИ АДАПТИВНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ	127
Т.Р. СТИСЛО, В.І. ШЕКЕТА, Р.М. ФЕДОРАК КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ ЗАПИТІВ КОРИСТУВАЧА ПО БАЗАХ ЗНАНЬ МЕТАДАНИХ ПРО БІБЛІОТЕЧНІ РЕСУРСИ	132
С.М. ЦИРУЛЬНИК, В.С. ОЗЕРАНСЬКИЙ, Т.О. ГОВОРУЩЕНКО МЕТОД ФОРМУВАННЯ КОМПОНЕНТНИХ СТРУКТУР ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ	139
А.Р. ВОРОНИЧ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ ЗІ ЗМІННОЮ ЕНТРОПІЄЮ ДЛЯ ПРОВІДНИХ І БЕЗПРОВІДНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	149
В.М. ЛОКАЗЮК, О.В. ПОМОРОВА, О.Я. ОЛАР МЕТОД ЗДОБУТТЯ ЗНАНЬ ДЛЯ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ	153
ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Г.С. ШВЕЦЬ АНТРОПОМЕТРИЧНА МОДИФІКАЦІЯ ГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ПОВЕРХНІ ТАЗОВОЇ ЧАСТИНИ МАНЕКЕНА НА СУМІЖНІ РОЗМІРИ І ПОВНОТИ ТИПОВИХ ФІГУР	160
О.В. ЗАХАРКЕВИЧ, Н.Г. САВЧУК, Є.М. РЕШЕТНИК РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ ОКАТУ ПЛЕЧОВОЇ НАКЛАДКИ	164
Н.Г. КОЛЯДЕНКО, С.М. ЛОЗИНСЬКА ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ МІКРООРГАНІЗМІВ НА БІОЛОГІЧНУ СТІЙКІСТЬ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ОДЯГУ	167

В.В. ЦАНЬКО, Р.В. РОСУЛ, В.П. ЛИБА ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ВЗАЄМОДІЇ МАТЕРІАЛУ ВЕРХУ З КОЛОДКОЮ В ПРОЦЕСІ ФРИКЦІЙНОЇ ПІШУРОВОЇ ЗАТЯЖКИ	172
Т.А. НАДОПТА ТОЧНІСТЬ ГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ	175
М.С. БЕДНАРЧУК ВСТАНОВЛЕННЯ БАЗОВИХ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПІДКЛАДКИ ОСІННЬО-ЗИМОВОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ МОЛОДІ	179
Г.О. ПУШКАР ТОВАРОЗНАВЧІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ТА ЯКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОББИВКИ МЕБЛІВ	182
ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ	
О.П. СУМСЬКА, М.С. РАЦУК, М.Й. РАСТОРГУЄВА РОЗРОБКА ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ АПРЕТІВ ДЛЯ БАВОВНЯНИХ ТКАНИН	187
Е.Є. КАСЬЯН ІНТЕГРАЛЬНИЙ ЕФЕКТ АДГЕЗІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІМЕРНОГО АДГЕЗИВУ ТА БІЛКОВОГО СУБСТРАТУ ПРИ ФОРМУВАННІ ПОКРИТТЯ НА ШКІРІ	189
Т.А. ПОПОВИЧ, М.В. КОСТИНА, С.М. ІВАНИЩУК ВПЛИВ ІОНІЗОВАНОГО СТАНУ ДИСПЕРСІЙ АКРИЛОВИХ КОПОЛІМЕРІВ НА ВЛАСТИВОСТІ АПРЕТУЮЧИХ СКЛАДІВ	195
О.В. СТУДЕНЕЦЬ, І.А. МАНДЗЮК, О.Г. МУЧАК, Г.Б. ПАРАСКА РОЗРОБКА СКЛАДІВ ПОЛІУРЕТАНОВИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ РЕЦИКЛАТІВ ПЕТФ	199
П.П. САВЧУК, В.П. КАШИЦЬКИЙ, О.В. ВАСАГА ВПЛИВ ПРИРОДИ МОДИФІКАТОРІВ КО-85ФМ ТА КО-08К НА СТРУКТУРОВАНИСТЬ І ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ	204
Л.А. ЛУК'ЯНЕЦЬ, О.А. АНДРЕЄВА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НОВИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ШКІР'ЯНО-ХУТРОВОГО ВИРОБНИЦТВА. ПОВІДОМЛЕННЯ 1	208
Т.В. НАГОРНА, В.П. ГНІДЕЦЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАТОРІВ БІЛННЯ ДЛЯ КОЛЬОРУВАННЯ СУРОВИХ ЛЛЯНИХ ТКАНИН СПОСОБОМ ЛОКАЛЬНОГО ВИБІЛЮВАННЯ	212
Л.М. БОЙКО ВПЛИВ КОЛИВАНЬ ВОЛОГОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРИВАЛУ МІЦНІСТЬ (ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ) ЛИЧКОВАНОГО ДСП	216
РАДІОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ	
В.М. ЛИСОГОР, А.В. СНІГУР, С.А. ЯРЕМКО АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ТОЧОК	220
Ю.М. ВОЛОВИК, М.А. ШУТИЛО, А.Ю. ВОЛОВИК ОЦІНКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ КУТОМІРНОГО КАНАЛУ СИСТЕМИ ПОСАДКИ САНТИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ	227
О.М. СТАЩУК КОМПЕНСАЦІЯ ВНУТРІШНЬОМОДОВОЇ ДИСПЕРСІЇ В АНІЗОТРОПНОМУ ФОТОПРУЖНОМУ ОПТИЧНОМУ ВОЛОКНІ	230
А.М. ЗАЛІЗЕЦЬКИЙ, В.В. ГАЙ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ	233

В.В. КАРМАНОВ, К.В. ЛУНЯКА, О.И. КЛЮЕВ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЙ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ВИНТОВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ	239
А.О. СЕМЕНОВ, О.В. ОСАДЧУК, К.О. КОВАЛЬ КВАЗІЛІНІЙНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОМНОЖУВАЧА ЧАСТОТИ НА ОСНОВІ БІПОЛЯРНОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ	244
ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ	
Н.Р. КОНДРАТЕНКО, Т.І. ТРОЯНОВСЬКА, Ю.Я. СЛОБОДЯНІЮК ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПРИЙНЯТТЯ СТУДЕНТАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ НАВЧАННЯ НА БАЗІ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ	249
В.М. ЧЕШУН, Т.І. ЧЕШУН ПОДІБНІСТЬ ДВІЙКОВОЇ ТА ДЕСЯТКОВОЇ СИСТЕМ ЧИСЛЕННЯ В ОЗНАЙОМЛЕННІ З ОСНОВАМИ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	254
О.А. МЯСЩЕВ, В.М.ЧЕШУН ДВАДЦЯТИРІЧЧЯ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ: ОСНОВНІ ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ	260

УДК 621.785.53

В.Г. КАПЛУН, П.В. КАПЛУН, К.А. ПАРШЕНКО

Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ТА ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ СТАЛІ X12 ПІСЛЯ АЗОТУВАННЯ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ В БЕЗВОДНЕВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Наведені результати експериментальних досліджень фізико-механічних характеристик та залишкових напружень в поверхневих шарах сталі X12 після азотування в тліючому розряді в безводневих насичуючих середовищах та їх залежності від технологічних параметрів процесу дифузійного насичення.

Here there are the experiments research results of physics-mechanical characteristics and residual tensions in surface layers of steel X12 after nitrogenation in mouldering discharge in hydrogen free saturating mediums and their dependence from diffusion saturation technological process parameters.

Ключові слова: напруження в поверхневих шарах сталі X12, азотування.

Підвищення фізико-механічних характеристик поверхневих шарів конструктивних елементів є актуальним для багатьох деталей машин, що працюють на втому та зношування з метою збільшення їх зносостійкості і довговічності.

Азотування в тліючому розряді є однією з вискоефективних енергозберігаючих технологій, що забезпечує зміну фізико-механічних характеристик поверхні матеріалів в широких межах [1]. Застосування безводневих насичуючих середовищ (суміші азоту з аргоном) при азотуванні в тліючому розряді виключає водневе окрихчення металів і сприяє підвищенню їх експлуатаційних характеристик [2].

Сталь X12 знаходить широке застосування в штамповому виробництві і забезпечення її високої міцності і зносостійкості має велике економічне значення. Відомо [3, 4], що після азотування в тліючому розряді в поверхневому шарі виникають залишкові напруження стиску, які мають позитивний вплив на втомну міцність конструктивних елементів [5]. Тому дослідження величини і характеру розподілу залишкових напружень після азотування сталі X12 в тліючому розряді в безводневих середовищах має як науковий, так і практичний інтерес.

Нами проведені експериментальні дослідження фізико-механічних характеристик (твердості і товщини) поверхневого шару та залишкових напружень в сталі X12 при азотуванні в тліючому розряді залежно від параметрів технологічного процесу (температури дифузійного насичення t , тиску в вакуумній камері P , часу дифузійного насичення і складу насичуючого середовища – вмісту аргону в суміші азоту з аргоном в об'ємних відсотках $Ar\%$), які змінювались в широких межах: t від 500 до 600 °С, P від 80 до 600 Па, від 20 до 240 хв., $Ar\%$ в азотно-аргоновій суміші від 0 до 76 %.

З метою зменшення кількості експериментів і одержання математичних залежностей товщини азотованого шару і мікротвердості поверхні від технологічних параметрів азотування застосовано метод планування експериментів з використанням 4-х факторного плану другого порядку (план Хартлі) [6]. Математичний опис досліджуваних характеристик одержували у вигляді повного квадратичного поліному:

$$\varphi(x) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

де $\varphi(x)$ – функція відклику (вихідна змінна); β_0 , β_i , β_{ii} , β_{ij} – коефіцієнти рівняння регресії; x_i , x_j – незалежні змінні величини (фактори).

Для азотування у плазмі тліючого розряду такими незалежними змінними величинами є температура, тиск, тривалість дифузійного насичення та склад насичувального середовища. Обробку результатів експериментів було проведено з застосуванням методів математичної статистики.

Математичні залежності товщини і мікротвердості поверхні азотованих шарів сталі X12 описуються регресивними рівняннями другого порядку (2) і (3):

$$h_n \text{ (мкм)} = 102 + 31,25 x_1 - 10 x_2 + 42,5 x_3 - 67,5 x_4 - 2,625 x_1^2 - 12,625 x_2^2 - 0,125 x_3^2 + 9,875 x_4^2 + 5 x_1 x_2 + 15 x_1 x_3 + 5 x_1 x_4 + 120 x_2 x_3 - 55 x_2 x_4 - 65 x_3 x_4. \quad (2)$$

$$H_{100} \text{ (МПа)} = 7468 + 940 x_1 + 585 x_2 - 265 x_3 - 165 x_4 - 1321 x_1^2 - 1261 x_2^2 - 321,28 x_3^2 - 1431 x_4^2 + 100 x_1 x_2 + 30 x_1 x_3 - 60 x_1 x_4 + 1080 x_2 x_3 + 1770 x_2 x_4 - 1780 x_3 x_4. \quad (3)$$

На рис. 1 і 2 показані графіки залежності товщини та мікротвердості азотованого шару сталі X12 від технологічних параметрів процесу іонного азотування, що отримані на основі експериментальних даних та математичних залежностей 2 і 3. З графіків видно, що всі технологічні параметри мають значний вплив на товщину та мікротвердість азотованого шару, але характер їх впливу різний. Товщина азотованого шару

збільшується з підвищенням температури і тиску у вакуумній камері (рис. 1, а) та має максимальне значення при оптимальному вмісті аргону у насичуючій суміші (рис. 1, б). Товщина азотованого шару збільшується зі збільшенням часу дифузійного насичення за параболічним законом [1, 2].

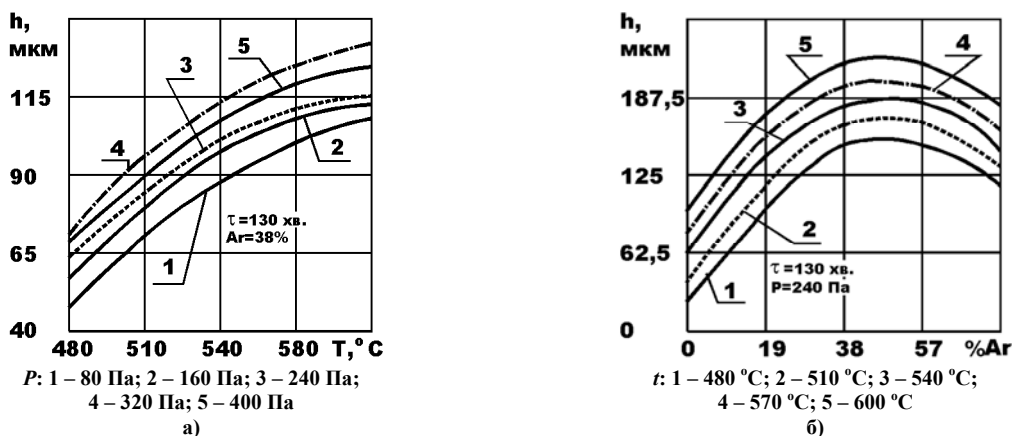


Рис. 1. Залежність товщини азотованого шару сталі X12 від технологічних параметрів процесу іонного азотування в безводневому азотно-аргонному середовищі

Проведені експериментальні дослідження показали, що найбільший вплив на мікротвердість мають температура, тиск в вакуумній камері та склад насичуючого середовища. Для сталі X12 є оптимальні значення цих параметрів ($t = 570\text{ °C}$, $P = 320\text{ Па}$, $38\% \text{Ar} + 62\% \text{N}_2$), при яких досягається максимальна твердість (рис. 2).

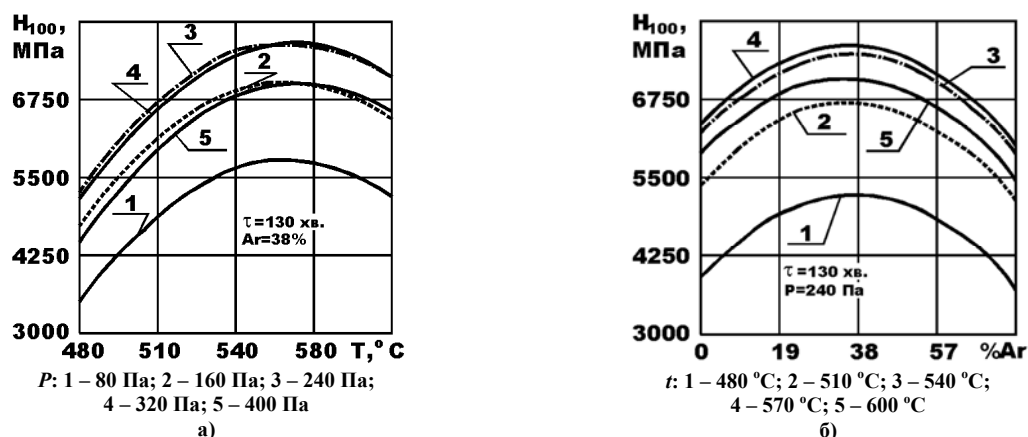


Рис. 2. Залежність мікротвердості азотованого шару сталі X12 від технологічних параметрів процесу іонного азотування в безводневому азотно-аргонному середовищі

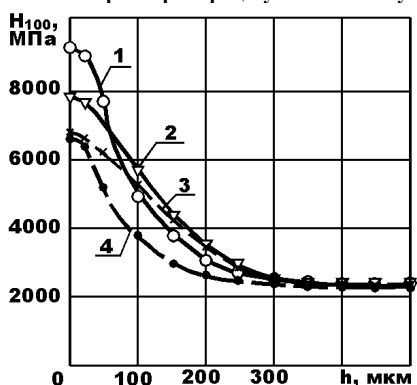


Рис. 3. Зміна мікротвердості по глибині азотованого шару сталі X12 після іонного азотування за режимами:

- 1 – середовище 75 % N₂ + 25 % Ar, $t = 570\text{ °C}$, $P = 320\text{ Па}$, $\tau = 240\text{ хв.}$;
- 2 – середовище 75 % N₂ + 25 % Ar, $t = 540\text{ °C}$, $P = 320\text{ Па}$, $\tau = 240\text{ хв.}$;
- 3 – середовище 75 % N₂ + 25 % Ar, $t = 570\text{ °C}$, $P = 80\text{ Па}$, $\tau = 240\text{ хв.}$;
- 4 – середовище 75 % N₂ + 25 % Ar, $t = 480\text{ °C}$, $P = 240\text{ Па}$, $\tau = 240\text{ хв.}$

Режими іонного азотування мають великий вплив на характер розподілу мікротвердості по глибині азотованого шару, що наочно демонструють рис. 3 і 4. Режим азотування 1 (рис. 3) забезпечує високу твердість поверхні завдяки утворенню на ній нітридного шару і великий градієнт зміни мікротвердості по глибині азотованого шару. При азотуванні за режимом 3 мікротвердість поверхні менша порівняно з режимом 1 через відсутність суцільного нітридного шару. При цьому градієнт зміни твердості по глибині азотованого шару теж є меншим.

На рис. 4 показано вплив температури і тиску в вакуумній камері на величину і розподіл мікротвердості по глибині азотованого шару сталі X12. З рис. 4, а видно, що температура азотування суттєво впливає на величину мікротвердості на поверхні азотованого шару та на його товщину. Так, наприклад, при однакових значеннях інших параметрів технологічного режиму, підвищення температури дифузійного насичення з 480 °C до 560 °C збільшує мікротвердість поверхні з 5800 МПа до 9700 МПа , а товщину

азотованого шару – в 1,7 рази (з 150 мкм до 260 мкм). Слід зазначити, що є оптимальний інтервал температур 560-570 °С, у якому досягається максимальна твердість для певної марки сталі.

Перевищення цих температур призводить до зниження мікротвердості поверхневого шару. З рис. 4б видно, що для сталі X12 максимальна мікротвердість досягається при тиску в вакуумній камері від 320 до 400 Па і при зазначеному режимі азотування одержуємо максимальний градієнт зміни мікротвердості по глибині азотованого шару.

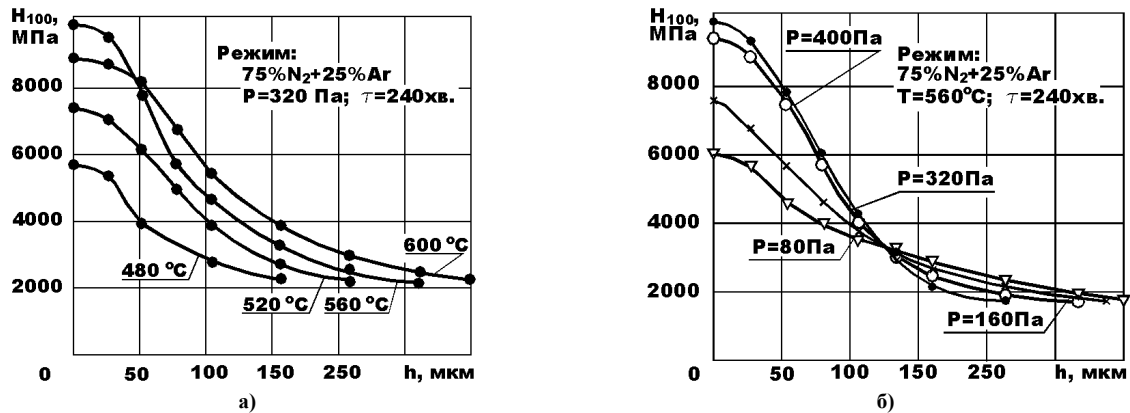


Рис. 4. Зміна мікротвердості по глибині азотованого шару сталі X12 залежно від:
а) – температури азотування; б) – тиску у вакуумній камері

При тиску в вакуумній камері 80 Па на поверхні не утворюється суцільної нітридної зони у зв'язку з переважаючим процесом зворотного катодного розпилення, і азотований шар має найменшу твердість та мінімальний градієнт зміни мікротвердості по глибині.

Зміна тиску в вакуумній камері суттєво впливає на фазовий склад поверхні азотованого шару. Зменшення тиску з 400 Па до 80 Па викликає різке зменшення кількості нітридних фаз і збільшення α -Fe [N]-фази з 11 відсотків до 50 відсотків (майже в п'ять разів). Як наслідок, зменшується твердість та підвищується пластичність азотованого шару.

Пошаровий хімічний аналіз сталі X12 (табл. 1) показав, що концентрація азоту в азотованому шарі залежить від технологічних параметрів іонного азотування. З табл. 1 видно, що концентрація азоту на поверхні сталі X12 складає 7,18 відсотків, тобто з підвищенням ступеня легованості сталі концентрація азоту в азотованому шарі збільшується у зв'язку з більшою розчинністю азоту у фериті.

Величина залишкових напружень і їх розподіл по глибині азотованого шару визначались за методом Н.Н.Давиденкова [7] шляхом безперервного зменшення товщини азотованого шару методом травлення з автоматичним записом кривої деформування плоского зразка на приладі ПЮН.

Таблиця 1

Результати пошарового аналізу вмісту азоту в азотованому шарі сталі X12 після іонного азотування за режимом 75 % N₂ + 25 % Ar, t = 570 °С, P = 240 Па, τ = 240 хв

№ шару	Товщина послідовно вилученого шару, мкм	Вміст азоту в шарі % по масі	Сумарна величина вилученого шару, мкм	Фази на поверхні
1	10	7,18	0	$\gamma + \alpha$ -Fe [N]
2	15	3,7	10	$\gamma + \alpha$ -Fe [N]
3	20	2,7	25	$\gamma + \alpha$ -Fe [N]
4	30	1,38	45	$\gamma + \alpha$ -Fe [N]
5	30	0,25	75	α -Fe [N]
6	35	0,86	105	α -Fe [N]
7	60	0,44	165	α -Fe [N]
8	60	0,07	225	α -Fe [N]
9	60	0,005	285	α -Fe [N]
10	–	0,003	345	α -Fe [N]

На рис. 5 наведені залежності залишкових напружень в сталі X12 після азотування в тліючому розряді за різними режимами. З рисунка видно, максимальні залишкові напруження стиску виникають на поверхні і їх величина поступово зменшується по глибині азотованого шару та переходить в напруження розтягу в основі матеріалу. Величина максимальних залишкових напружень досягає 600 МПа і залежить від режиму азотування. Тобто, величиною залишкових напружень можна керувати, змінюючи параметри технологічного процесу (температуру азотування, тиск в вакуумній камері, склад середовища і час дифузійного насичення).

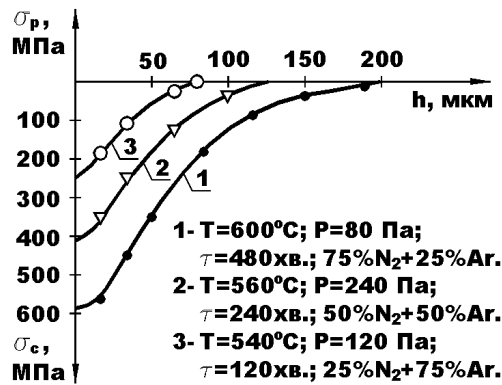


Рис. 5. Залишкові напруження в сталі X12 після азотування за різними режимами

Таким чином, дослідженнями встановлено, що азотуванням в тліючому розряді в безводневих середовищах можна змінювати товщину, мікротвердість і залишкові напруження в азотованому шарі в широких межах і отримувати їх максимальні значення за допомогою зміни технологічних параметрів процесу азотування.

Література

1. Каплун В.Г., Прогрессивные технологии упрочнения конструктивных элементов / В.Г.Каплун, П.В.Каплун // в кн. «Современные технологии в машиностроении». – Харьков: НТУХПИ, 2007. – С.308-402.
2. Каплун В.Г. Особенности формирования диффузионного слоя при ионном азотировании в безводородных средах / В.Г. Каплун // Физическая инженерия поверхности. – № 2. – Т.1. – Харьков. – 2003. – С. 141-146.
3. Каплун В.Г. Исследования остаточных напряжений в азотированной стали 38ХМЮА / В.Г.Каплун, А.Е. Рудык, Н.А. Сологуб, В.Г. Маслова // Электронная обработка металлов. – № 5. – 1986. – С. 35-37.
4. Каплун В.Г. Исследования остаточных напряжений в стали 45 после ионного азотирования / В.Г.Каплун, А.Е. Рудык // Лазерная, термическая и химико-термическая обработка в машиностроении. Сб. науч. труд. МАДИ. – М. – 1987. – С. 97-101.
5. 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. – № 5. – 1988. – С. 108-109.
6. Красовский Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: изд. БГУ. – 1982. – 302 с.
7. Давиденков Н.Н. Об измерении остаточных напряжений / Н.Н. Давиденков // Заводская лаборатория. – № 8. – 1937. – С. 987-990.

Надійшла 20.9.2009 р.

UDC 621

RENATA DWORNICKA

Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, dwornick@mech.pk.edu.pl

PN-EN 12952-3 BASED CALCULATIONS OF ALLOWABLE HEATING AND COOLING RATES FOR T-PIPE MADE FROM STEEL 13HMF

1. Introduction

В статті представлено методику визначення максимальних допустимих швидкостей нагрівання і охолодження, розроблену на основі європейського стандарту PN-EN 12952-3. 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.

Calculation based on PN-EN 12952-3 code will be done for determination of the maximum heating or cooling rate of temperature changes. Calculated results are of great practical significance because it will be possible to use them in power plants. Temperature step change can be easily implemented by suddenly opening hot water or steam supply into the interior of a pressure element, which has a lower initial temperature. A quasi-steady state is not assumed and element geometry can be complicated.

Ключові слова: нагрівання та охолодження в металах, європейський стандарт PN-EN 12952-3.

2. Description of the approach and work methodology

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

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

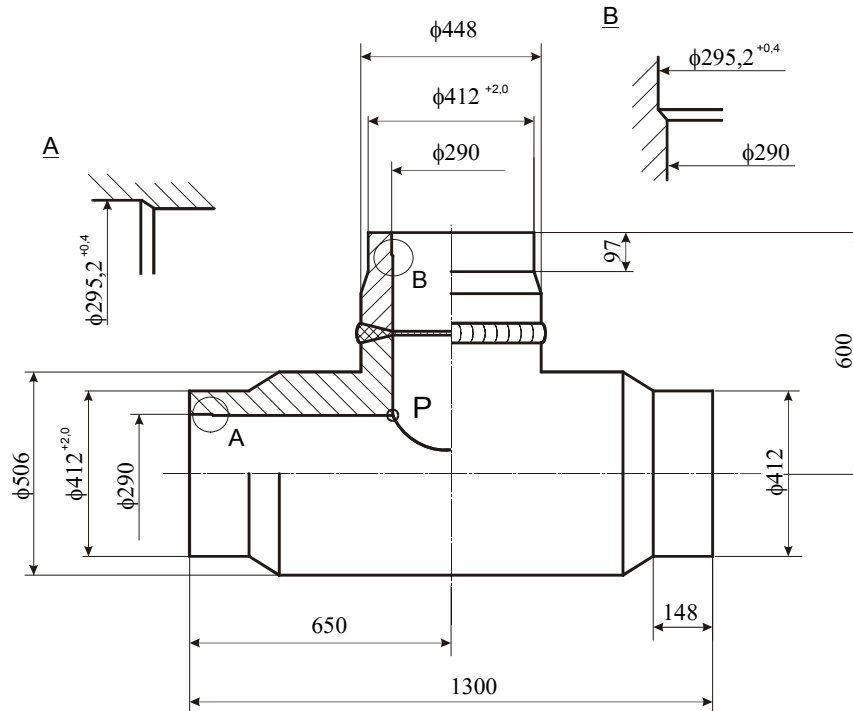


Fig.1. Geometry of the valve quarter made in ANSYS system

Dimensions of the mentioned T-pipe are as following:

- external diameter of the T-pipe $d_o = 506$ [mm]
- internal diameter of the T-pipe $d_i = 290$ [mm]
- external diameter of the ramification $d_{ob} = 448$ [mm]
- internal diameter of the ramification $d_{ib} = 290$ [mm]

Basing on this fundamental dimensions, the following derived dimensions were calculated:

- the T-pipe average diameter d_{ms}

$$d_{ms} = 381,8 [mm] \quad (1)$$

- the ramification average diameter d_{mb}

$$d_{mb} = 357,1 [mm] \quad (2)$$

- the T-pipe wall thickness e_{ms}

$$e_{ms} = 124,2 [mm] \quad (3)$$

- the ramification wall thickness e_{mb}

$$e_{mb} = 115 [mm] \quad (4)$$

- the quotient u_o of the T-pipe external diameter to the internal diameter

$$u_o = \frac{d_o}{d_i} \quad u_o = 1,96 [mm] \quad (5)$$

- the quotient z of the ramification average diameter to the T-pipe average diameter

$$z = \frac{d_{mb}}{d_{ms}} \quad z = 0,94 [mm] \quad (6)$$

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 $p_{max} = 10,87$ [MPa]
- minimum temperature in a cycle $t_{min} = 20$ [°C]
- maximum temperature in a cycle $t_{max} = 318$ [°C]
- required start and stopping cycles $n = 2000$
- number of cycles (start from cold state 20°C) till cracking appears $n_{max} = 5n = 10000$

2.3. Material properties

Material properties for the steel of 13HMF may be determined in three ways:

- read from strength tables for an assumed temperature,

- evaluated according to linear interpolation,
- calculated according to table's factors.

The basic strength properties of the steel 13HMF are presented in Fig.2.

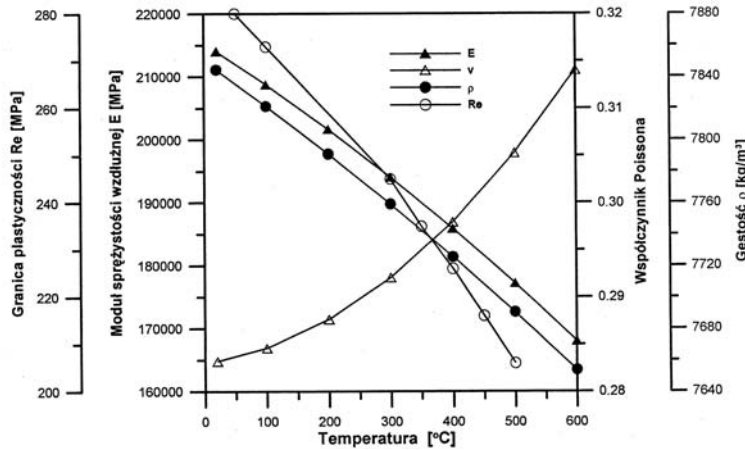


Fig.2. The basic strength properties of the steel 13HMF

The working pressure p is assigned as the greatest allowable pressure which may appears in the unit:

$$p = 10,87 \text{ [MPa]} \tag{7}$$

The minimum tensile strength at the environment temperature 20 [°C] is equal to:

$$\sigma_{\min B} = 430 \text{ [MPa]} \tag{8}$$

The Poisson's ratio is equal to:

$$\nu = 0,3 \tag{9}$$

The substituted temperature is evaluated from the formula:

$$t^* = 0,75 \cdot t_{\max} + 0,25 \cdot t_{\min} \qquad t^* = 243,5 \text{ [}^\circ\text{C]} \tag{10}$$

where: t_{\max} – maximum temperature in the cycle, t_{\min} – minimum temperature in the cycle. The material's properties are determined for the substituted temperature as following:

- elastic modulus $E_{t^*} = 1,96 \cdot 10^5 \text{ [MPa]}$
- minimum yield strength $R_{et^*} = 206 \text{ [MPa]}$
- linear coefficient of thermal expansion $\beta_{L,t^*} = 1,32 \cdot 10^{-5} \text{ [1/K]}$
- temperature equalization ratio $D_{th} = 528 \text{ [mm}^2\text{/min]}$

2.4. PN-EN 12952-3 code-based calculations

The allowable difference of a temperature (difference between the internal surface temperature and the average temperature of the wall) is calculated from formulas appropriate for four specific cases:

- beginning of the starting phase,
- end of the starting phase,
- beginning of the stopping phase,
- end of the stopping phase.

A substitute W is introduced for simplicity of formulas for allowable temperature difference:

$$W = \frac{\alpha_t \cdot \beta_{L,t^*} \cdot E_{t^*}}{1-\nu} \qquad W = 3,367 \left[\frac{\text{MPa}}{\text{K}} \right] \tag{11}$$

where: α_t – stress concentration ratio for thermal stresses, β_{L,t^*} – linear coefficient of thermal expansion at calculation temperature, E_{t^*} – elastic modulus at calculation temperature, ν – Poisson's ratio (0,3). The stress concentration ratio α_t mentioned in the formula above is evaluated from the following formula:

$$\alpha_t = \left\{ \left[2 - \frac{h+2700}{h+1700} \cdot z + \frac{h}{h+1700} \cdot (\exp(-7 \cdot z) - 1) \right]^2 + 0,81 \cdot z^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \qquad \alpha_t = 0,911 \tag{12}$$

where: h – heat penetration factor (according to code in the case of steam the factor is equal to 1000 [W/m²K]), z – quotient of the average diameter of ramification to the T-pipe diameter.

The allowable temperature difference at the beginning of the starting phase was determined from the following formula:

$$(p = p_{\min}): \Delta t_1 = \frac{(f_{\tan g, \min} - \Delta f_{\tan g, p \min})}{W} \qquad \Delta t_1 = -72,741 \text{ [K]} \tag{13}$$

The allowable temperature difference at the end of the starting phase was determined from the following formula:

$$(p = p_{\max}): \Delta t_1' = \frac{(f_{\tan g, \min} - \Delta f_{\tan g, p \max})}{W} \qquad \Delta t_1' = -90,294 \text{ [K]} \tag{14}$$

The allowable temperature difference at the beginning of the stopping phase was determined from the

following formula:

$$(p = p_{\max}): \Delta t_2 = \frac{(f_{\tan g, \max} - \Delta f_{\tan g, p \max})}{W} \quad \Delta t_2 = 72,741 \text{ [K]} \quad (15)$$

The allowable temperature difference at the end of the stopping phase was determined from the following formula:

$$(p = p_{\min}): \Delta t_2' = \frac{(f_{\tan g, \max} - \Delta f_{\tan g, p \min})}{W} \quad \Delta t_2' = 90,294 \text{ [K]} \quad (16)$$

3. Achieved results

Basing on obtained allowable temperature differences, the allowable heating and cooling rates for T-pipe were evaluated from the following formula:

$$v_t = \Delta t \cdot \frac{D_{th}}{\gamma_{cyl} \cdot e_{ms}} \quad (17)$$

where: D_{th} – the temperature equalization ratio, γ_{cyl} – the shape factor, e_{ms} – the average wall thickness of horizontal valve's part. The auxiliary shape factor was given by the formula:

$$\gamma_{cyl} = \frac{1}{8} \cdot \frac{(u_o^2 - 1)(3 - u_o^2 - 1) - 4u_o^2 \ln(u_o)}{(u_o^2 - 1)(u_o^2 - 1)^2} \quad \gamma_{cyl} = -0,469 \quad (18)$$

The allowable heating rate at the beginning of the starting phase is evaluated from the following formula:

$$v_{t_1} = \Delta t_1 \cdot \frac{D_{th}}{\gamma_{cyl} \cdot e_{ms}^2} \quad v_{t_1} = 5,307 \left[\frac{\text{K}}{\text{min}} \right] \quad (19)$$

The allowable heating rate at the end of the starting phase is evaluated from the following formula:

$$v_{t_1}' = \Delta t_1' \cdot \frac{D_{th}}{\gamma_{cyl} \cdot e_{ms}^2} \quad v_{t_1}' = 6,588 \left[\frac{\text{K}}{\text{min}} \right] \quad (20)$$

The allowable cooling rate at the beginning of the stopping phase is evaluated from the following formula:

$$v_{t_2} = \Delta t_2 \cdot \frac{D_{th}}{\gamma_{cyl} \cdot e_{ms}^2} \quad v_{t_2} = -5,307 \left[\frac{\text{K}}{\text{min}} \right] \quad (21)$$

The allowable cooling rate at the end of the stopping phase is evaluated from the following formula:

$$v_{t_2}' = \Delta t_2' \cdot \frac{D_{th}}{\gamma_{cyl} \cdot e_{ms}^2} \quad v_{t_2}' = -6,588 \left[\frac{\text{K}}{\text{min}} \right] \quad (22)$$

4. Conclusion

The producer of the element recommends the allowable heating and cooling rate at the value of 2 [K/min]. The computations performed on the base of PN-EN 12952-3 showed that the range between 5,3 and 6,5 [K/min] are acceptable. On the one side, it means that the producer recommendations have a large safety margins. On the other side, it is a reason for more accurate computations based on FEM. It will make possible more precise decision on the actual marginal heating and cooling rates not leading to excessive stresses and element damaging by cracking.

5. Summary

The allowable cooling and heating rates for the T-pipe were calculated basing on PN-EN 12952-3 code's formulas. The calculation procedure and obtained results are presented with the details in this paper.

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, 1-17 (2003).
3. TRD 301, *Technische Regeln für Dampfkessel*, pp. 98-138, Carl Heymans Verlag, Köln und Beuth-Verlag, Berlin, 1986.
4. Richter F., *Physikalische Eigenschaften von Stählen und ihre Temperatur-abhängigkeit*, Mannesmann Forschungsberichte 930/1983, Düsseldorf.
5. Duda P., Dwornicka R., *Optimization of heating and cooling operations of steam gate valve*, Structural and Multidisciplinary Optimization (accepted).
6. European Code EN 12952-3:2001
7. PN-EN Code 12952-3:204/Ap1:2005

Надійшла 22.9.2009 р.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПІСЛЯ АЗОТУВАННЯ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ

Проаналізовані та обґрунтовані питання розробки методики випробувань на зносостійкість деталей пар тертя після модифікації їх азотуванням в тліючому розряді.

The analysis is executed and the development methods questions of tests by durability of tribological situation after their modification by nitriding in a glow discharge.

Ключові слова: азотуванням в тліючому розряді, дослідження зносостійкості.

Зносостійкість деталей після азотування в тліючому розряді, головним чином, визначається властивостями модифікованого поверхневого шару, а також в певній мірі впливом технологічного процесу на фізико-механічні характеристики основи. Останнє, насамперед проявляється у випадку, коли параметри технології підібрані невдало та призводять до зниження міцності матеріалу, який безпосередньо знаходиться під модифікованою поверхнею. Доречно також зазначити, що цей фактор в максимальній мірі відслідковується в тому випадку, коли схема випробувань передбачає одночасне зношування як основи, так і модифікованого поверхневого шару.

В загальному вигляді певний параметр зносостійкості визначається:

$$Z(x) = z \left(h \left(H_m, H_0, \frac{dH}{dp}, \frac{dH}{dx} \right), r \left(R_K, R_0, \frac{dR_V}{dx} \right), P \left(p, \frac{dp}{dt}, \frac{dp}{dy} \right), q(A_K, R_K, \theta), v(V) \right), \quad (1)$$

де h – функція впливу твердості,

H_m – максимальна твердість досліджуваного зразка,

H_0 – твердість основи,

dH/dp – характер впливу зміни тиску на поверхні контакту,

dH/dx – градієнт зміни твердості в напрямку нормалі до поверхні,

r – функція впливу шорсткості поверхонь контакту,

R_K – параметр шорсткості поверхні контртіла,

R_0 – параметр шорсткості поверхні зразка,

R_V/dx – градієнт зміни приведенного параметра шорсткості поверхонь контакту в міру зношування

зразка в напрямку нормалі до поверхні,

P – функція впливу тиску на поверхні контакту,

p – номінальний тиск на поверхні контакту,

dp/dt – градієнт зміни тиску в часі,

dp/dy – градієнт зміни тиску в напрямку дотичної до поверхні,

θ – параметр впливу виду тертя (сухе, граничне чи рідинне),

q – функція впливу абразивних властивостей поверхні контртіла,

A_K – параметр абразивних властивостей контртіла,

v – функція впливу відносної швидкості взаємного руху зразка і контртіла,

V – відносна швидкість руху зразка і контртіла.

Очевидно, що ця надзвичайно складна багатофакторна модель зносостійкості, яка, до речі, далеко не в повній мірі адекватна реальним процесам зношування, малоімовірно може відобразитись однією універсальною залежністю. Крім того, деякі з параметрів (факторів) впливу наведені в загальному вигляді і потребують окремого обґрунтування. Проте для задач аналізу, що і складає мету даної роботи, подібна інтерпретація цілком прийнятна. Додаткового пояснення потребують тільки деякі з них. Характер зміни тиску на поверхні контакту відображає властивість його ущільнювати структуру поверхневого шару. З цієї причини в міру зростання тиску змінюється мікроповерхнева твердість (рис. 1), що в свою чергу призводить до суттєво іншого характеру взаємодії поверхонь, котрі контактують. Наприклад, якщо тиск в зоні контакту буде змінюватись поступово, починаючи від малих значень, то пара тертя буде працездатною до достатньо великих значень тиску. При цьому мається на увазі, що кожна нова ступінь тиску супроводжується відносним рухом зразка і контртіла протягом певного часу. Якщо ж зразу ж встановити тиск на рівні максимально досягнутого значення, то в більшості випадків спостерігається заїдання. Аналогічні дані по фрикційному зміцненню поверхні наведені [2, с. 221]. Про глибину ущільненого прошарку говорить наступний експеримент. Встановлено, що, наприклад, для зразків з термічно необробленої сталі 45 при рідинному режимі тертя і тиску в зоні контакту 14-18 МПа після 35 км лінійний знос практично перестає змінюватись. Видалення шару товщиною 12-24 мкм поновлює процес інтенсивного зношування, але він знову призупиняється вже через 3 км шляху, за чим слідує нове видалення шару товщиною 17-30 мкм. Далі процес зношування загальмовується вже через один кілометр шляху, після чого з двох зразків видалюється

прошарок поверхні, на одному його залишали і вимірювали мікротвердість. В кінцевому результаті мікротвердість зростає від початкового значення $HV_{0,05}$ 215 до $HV_{0,05}$ 293 для зразка, з якого в останньому циклі видалено 20 мкм, до $HV_{0,05}$ 303 для зразка, з якого видалено 10 мкм і до $HV_{0,05}$ 615 для зразка, з якого поверхневий шар не видалявся.

Градієнт зміни приведенного параметра шорсткості повинен відображати процес взаємного припрацювання та стабілізації шорсткості обох поверхонь контакту в міру їх зношування. Причому характер зміни шорсткості обох поверхонь в процесі виходу в зону контакту все нових прошарків тіл пари тертя може теж змінюватись, особливо в тих випадках, коли властивості цих прошарків будуть суттєво відрізнятись від початкових.

Відомі методики випробувань на зносостійкість [1-7] класифікуються по групі критеріїв, наведених нижче. Відносний рух зразка та контртіла може бути поступальним або обертальним. Сила тиску стосовно

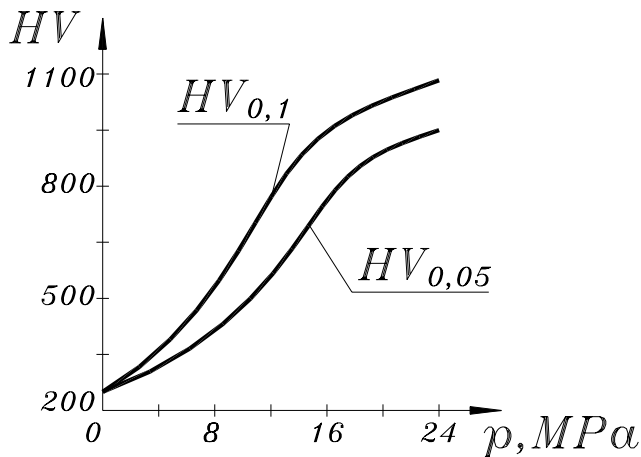


Рис. 1. Ріст поверхневої мікротвердості зразків зі сталі 45 при збільшенні тиску в зоні контакту та заїданні в парі тертя

поверхні модифікованого шару направлена перпендикулярно або під деяким кутом. Схеми початкового контакту зводяться до наступних: площина – площина, конус – площина, сфера – площина, сфера – сфера, циліндр – площина, циліндр – циліндр, клин – площина. По фактору відносного руху елементів пари тертя використовуються варіанти: рухомий зразок, рухоме контртіло, рухомі обидва елементи пари. Контрольованим параметром може бути лінійний, об'ємний або масовий знос. Азотуватись можуть як окремі взірці, так і групи зразків в головці, державці тощо. За формою використовуються взірці у вигляді стержнів різних форм перетину (пальці), чашки (тарілки). Випробування залежно від реальних умов експлуатації пари тертя проводяться при сухому, граничному або рідинному терті.

При всій простоті реалізації обертального відносного руху проблематично врахувати такий суттєвий фактор як швидкість цього руху, оскільки вона змінюється від деякої мінімальної (гранично – від нуля) до максимальної при найбільшому радіусі обертання. Поступальний рух зразка чи контртіла може виконуватись або по схемі зворотно-поступального, або як швидкість обертального руху контртіла при нерухомому взірці чи зразка, котрий обертається по колу достатньо великого радіуса стосовно нерухомого контртіла. Зворотно-поступальний рух має точки повернення, коли швидкість дорівнює нулю. Крім того, практично при використанні будь-якого відомого шарнірно-важільного механізму в якості приводу, швидкість руху не може бути постійною протягом всього циклу. Єдиним більш-менш суттєвим недоліком схеми, в якій обертається контртіло є певна різниця швидкостей в різних точках зразка, що в деякій мірі нівелюється при відносно малих розмірах зразка в напрямку радіуса обертання контртіла. Як правило, сила тиску в зоні контакту нормальна до поверхні контакту. Похиле прикладання цієї сили має сенс для схеми поступального руху зразка, що дозволяє дещо нейтралізувати дію сили тертя як збудника вібрації в парі тертя, котра в свою чергу провокує заїдання.

В принциповому плані при виборі схеми початкового контакту слід враховувати два найбільш важливих моменти: рівномірність розподілу тиску по поверхні контакту та фактор гомогенності структури поверхневого шару, на базі якого в даний момент формується поверхня тертя. Більш детально для деяких схем це питання висвітлено нижче. Вибір типу відносного руху має більш-менш суттєве значення тільки з точки зору складності конструктивної схеми устаткування для випробування на зносостійкість. При цьому вирішальним може, наприклад, виявитись питання жорсткості системи зразок – пристосування – контртіло. Саме цей фактор має значення для запобігання вібраціям та коливанням силової системи, що при недопустимих значеннях цього параметра може призводити до нерівномірності тиску на площадку контакту в часі, а також викликати заїдання поверхонь. Крім того важливу роль у виборі схеми відносного руху відіграє конструктивна можливість закріплення зразків, забезпечення їх самовстановлювання, жорсткості вузла, симетричності навантаження на контртіло тощо.

Найбільш точніші та об'єктивніші дані зношування фіксуються за параметром лінійного зносу. При його контролі є декілька варіантів фіксації даних, але всі вони (на відміну від методу контролю масового чи навіть об'ємного зносу) мають ту перевагу, що не супроводжуються зняттям зразків та їх повторною установкою. На жаль, в цьому випадку неможливо встановити зразок точно в те ж саме положення, тобто в кожному новому циклі випробувань процес починається з фази припрацювання, а це унеможливує будь-яке об'єктивне співставлення результатів дослідження. Спроба обійти цю проблему приводила до варіанту азотування групи зразків у спеціальній державці. Перед азотуванням взірці в головці точно виставляються і підганяються до поверхні контртіла. Проте, не дивлячись на те, що азотування в тліючому розряді практично не викликає формозміни, певна деформація положення зразків має місце. Крім того, в більшості варіантів конструкції закріплення зразків можливе розслаблення з'єднання, тобто незмінність орієнтації

зразків стосовно певної базової площини не гарантується.

Форма зразків в основному залежить від вибраного типу випробувальної схеми. Головний недолік тарілчастої форми полягає в тому, що збільшуються витрати матеріалів на виготовлення зразків. Крім того діаметральні розміри їх відносно невеликі, а товщина стінки (ширина кільця контакту) регламентується з умови усталеності на згин. Тому відношення товщини стінки до зовнішнього діаметра досить значне, що і спричиняє суттєву різницю швидкостей по ширині площадки контакту, а значить – певну складність аналітичної обробки результатів досліджень.

Щодо видів тертя, які покладені в основу випробувальної схеми, слід зазначити певну нечіткість визначення і, відповідно, регламентації реалізації граничного тертя. Недоліки схеми з рідинним тертям зводяться до гарантованості цього режиму тільки в умовах забезпечення його гідростатично або гідродинамічно. Крім того в міру підвищення тиску не виключено для гідродинамічного варіанту миттєве видавлювання шару мастила із зони контакту, самовільного переходу до режиму граничного і навіть сухого тертя, що неминуче і зразу ж викликає заїдання поверхонь.

Ще одну складність з точки зору ідентифікації та систематизації результатів досліджень зносостійкості становлять деякі особливості схем контакту тіл в парі тертя, про що зазначалось вище. Очевидно, що найпростіше задачі подібного класу вирішуються для схеми площина-площина. Тоді має місце послідовне зняття прошарків модифікованого поверхневого шару, причому в будь-який поточний момент часу поверхня тертя має гомогенну структуру. Схема взаємодії тіл пари тертя по типу сфера – площина показана на рис. 2.

В початковий момент процесу зношування контакт сфери з площиною має форму круга, діаметр якого d_0 визначається з розв'язання задачі Герца для точкового контакту. Максимальний діаметр круга контакту $2\delta_M$, який складається ще тільки з модифікованого шару відповідає перетину 2 на рис. 2. Далі структура площадки контакту ускладнюється, оскільки вона в довільному перетині 3 включає кільце модифікованого шару шириною $\delta_x = \delta / \sin \varphi$ та круг основи діаметром $2\rho_0 \sin \varphi$. Оскільки ширина кільця модифікованого прошарку змінюється від найбільшого $\delta_M = (2\rho\delta - \delta^2)$ до мінімального, який дорівнює ширині модифікованого шару δ , то відповідно змінюється структура системи основа-модифікований шар та співвідношення характеристик її компонентів. При цьому мається на увазі не тільки співвідношення площ (діаметр площадки контакту змінюється від d_0 до зовнішнього діаметра зразка d), але, що суттєвіше – співвідношення параметрів, котрі в основному визначають як зносостійкість, так і напружений стан в зоні контакту. Навіть якщо допустити, що механічні характеристики модифікованого шару однакові по всій його глибині, то згідно з основними положеннями теорії пружності [8] напруження стиску при рівності відносних деформацій пропорційні для зони пружних деформацій модулю пружності. Оскільки в модифікованому шарі модуль пружності E_M за основною метою модифікації більший модуля пружності основи E_0 , то в будь-який момент процесу зношування долі реакції силі тиску в зоні контакту будуть пропорційні площа основи і модифікованого шару в перетині та їх модулям пружності. Відповідно тиск на площадку основи

$$p_0 = p_M E_0 / E_M, \quad (2)$$

де p_M – тиск на площадку модифікованого шару.

З (2) очевидно, що навіть при гомогенності структури модифікованого шару доля реакції силі тиску, яка відповідає модифікованому шарові, відрізняється від опосередкованого тиску, який визначається шляхом ділення сили тиску на загальну площу площадки контакту.

Ситуація ускладнюється з врахуванням того, що, як це слідує з рис. 2, твердість модифікованого шару змінюється по певному закону, котрий залежить в основному від марки матеріалу основи та технології азотування. В загальному варіанті твердість модифікованого шару від поверхні може дещо зростати, досягаючи на глибині δ_m певного максимального значення H_m . Подібний характер зміни твердості

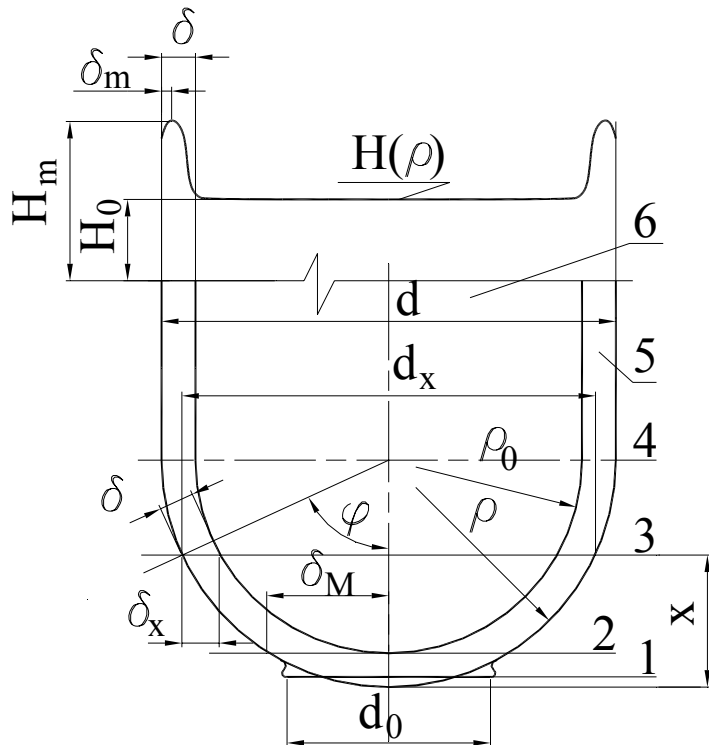


Рис. 2. Схема зношування пари сфера – площина:
1 – прошарок початку зношування, 2 – прошарок максимальної ширини модифікованого шару, 3 – поточний прошарок з координатою лінійного зносу x , 4 – прошарок стабілізації ширини модифікованого шару, 5 – модифікований поверхневий прошарок, 6 – основа

пояснюється як зневуглицюванням поверхневого шару під впливом високої температури азотування, так і самим характером процесу модифікації, коли ударна дія падаючого потоку спричиняє переміщення нітридів, азоту і самого вуглецю в глибину модифікованого шару. В подальшому твердість його плавно з тим чи іншим градієнтом знижується до значення твердості основи H_0 . Залежно від характеру зміни закон розподілу твердості може описуватись різними аналітичними залежностями, наприклад функцією виду

$$H(x) = H_0 + a e^{-b(x-\delta_m)^m}, \quad 0 \leq x \leq \delta, \quad (3)$$

де a, b – масштабні коефіцієнти, які формують амплітуду виплесків твердості,
 m – парна степінь (2, 4...), яка визначає формозміну закону розподілу твердості по глибині модифікованого шару (координата x).

В певних випадках можливе моделювання розподілу твердості по одному із законів тригонометричних функцій, наприклад

$$H(x) = H_0 + 0,5 a \left(\cos\left(\frac{x-\delta_m}{\delta}\right) + 1 \right), \quad 0 \leq x \leq \delta. \quad (4)$$

По порядку величин орієнтовні співвідношення значень залежно від конкретних умов азотування деталей пар тертя можна приймати: $\delta=50 - 350$ мкм, $H_m/H_0=1,5 - 5,8$, $\delta_m/\delta=0 - 0,23$ (глибина шару максимальної твердості, якщо є зміщення його від поверхні – 16 – 25 мкм) [9].

Зносостійкість в значній мірі визначається твердістю поверхні, проте залежність між ними нелінійна. Це, насамперед, впливає з відомих даних стосовно структури модифікованого поверхневого шару, яку в загальному виді складають ϵ -, γ - фази та α – твердий розчин [9]. Абсолютні значення розмірів названих фаз можуть змінюватись в широких межах, рівно як і те, що деякі з них при певних технологічних умовах взагалі можуть бути відсутніми. Найбільшу твердість та, відповідно, модуль пружності має ϵ - фаза, проте при цьому вона надзвичайно крихка. Тому при великих значеннях поверхневої мікротвердості, досягнутої якраз за рахунок цієї фази, спостерігається певне зниження зносостійкості. Причиною цього явища є те, що крихка фаза інтенсивно руйнується, а продукти її руйнування починають виконувати роль абразивів, що і призводить до інтенсифікації зношування. В загальному вигляді характеристика зносостійкості

$$j(H) = F(H(x)), \quad H_0 \leq H \leq H_m. \quad (5)$$

При цьому з врахуванням вищезазначеного стосовно впливу на зносостійкість фазового складу модифікованого шару залежність (5) по типу може бути аналогом (3) або (4).

Очевидно, що здатність поверхневого модифікованого шару зі змінним розподілом мікротвердості до опору зношуванню може характеризуватись деяким інтегральним показником

$$J = \int_{H_0}^{H_m} j(H) dH = \int_0^{\delta} F(H(x)) dx \quad (6)$$

Таким чином, оскільки в системі модифікований шар – основа в процесі зношування змінюються не тільки співвідношення площ цих двох компонентів, але і інтегральні показники опору зношуванню, то аналіз та порівняння даних представляє собою надзвичайно складну задачу. Якщо ж допустити, що з метою спрощення устаткування для випробувань сила тиску задається незмінною, то порівнювати між собою можна тільки дані, котрі відповідають одним і тим же параметрам лінійного зносу, тобто має сенс тільки співставлення залежностей зносостійкості від лінійного зносу. Це пов'язано, насамперед, з тим, що при сталій силі тиску на площадку контакту та безперервному збільшенню її площі тиск буде зменшуватись. Крім того, як зазначалось вище, зі зміною відношення геометричних характеристик відбуватиметься перерозподіл тиску в зоні контакту.

Характер взаємодії зразка та контртіла в разі, коли зразок має форму конуса або клина показано на рис. 3. В принциповому плані ця схема простіша рис. 2 тільки в тому, що на ділянці конічної частини ширина модифікованого шару не змінюється, оскільки залежить від кута загострення конуса (клина). Всі ж інші недоліки, встановлені вище для сфери, притаманні і цій схемі.

Принципово відрізняються умови зношування для схеми площина – площина, продемонстрованої рис. 4. В цьому випадку в будь-який момент процесу зношування будуть стабільними площа поверхні тертя, показник твердості, а, відповідно, інтегральний показник опору зношуванню. Основа вступає в процес зношування тільки після видалення модифікованого шару на торці зразка. Крім цих переваг є ще одна, яка

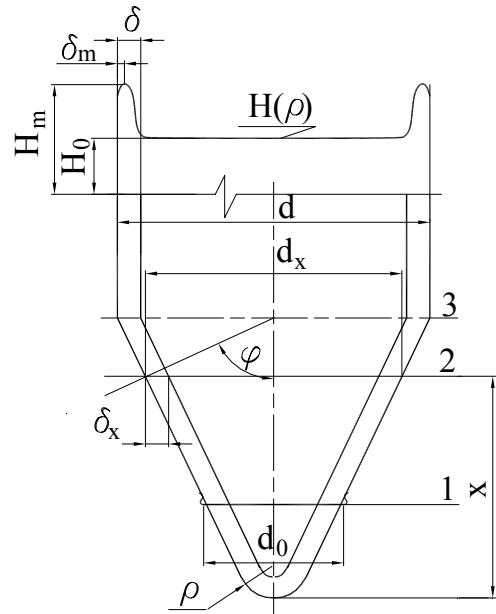


Рис. 3 Схема зношування пари конус (клин) – площина: 1 – прошарок початку зношування, 2 – поточний прошарок з координатою лінійного зносу x , 3 – прошарок стабілізації співвідношень розмірів схеми

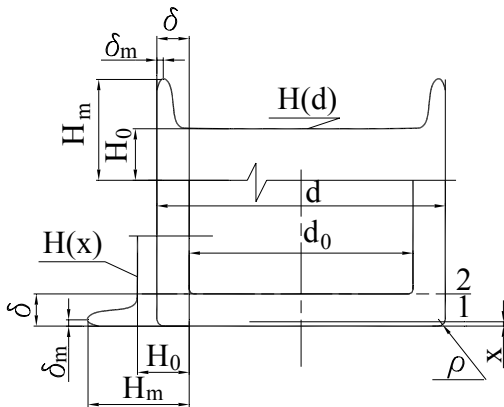


Рис. 4 Схема зношування пари площина – площина: 1 – прошарок початку зношування, 2 – прошарок виходу на основу

має принципове значення для реалізації концепції керованого формування трибосистем азотуванням в тліючому розряді – з'являється можливість співставлення показників зносостійкості з фазовим складом поверхні тертя, оскільки вона в будь-якому прошарку є практично гомогенною структурою.

З проведеного в роботі аналізу слідує висновок, що з усіх розглянутих схем дослідження зносостійкості зразків найбільш прийнятною як з точки зору порівнювання результатів, так і з огляду на розробку перспективної керованої технології формування трибосистем азотуванням в тліючому розряді слід признати схему площина-площина. В принципі форма поперечного перетину зразка може призначатись тільки з умови технологічності забезпечення необхідної точності розмірів. Деяку похибку на початку процесу зношування вносить неминуче закруглення ребра, проте його розмір незначний в порівнянні до діаметра зразка.

Література

1. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
2. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе в 3 т. Т. 1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с..
3. Словарь-справочник по трению, износу и смазке / Е. Л. Швидков, Д. Я. Ровинский, В. Д. Зозуля, Э. Д. Браун. – К.: Наукова думка. – 1979. – 188 с..
4. Крагельский И. В., Михин Н. М. Узлы трения машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 320 с.
5. Гаркунов Д. Н. Триботехника: Учебник для студентов вузов. – 2-е изд.. – М.: Машиностроение. – 1989. – 328 с..
6. Долговечность трущихся деталей / Под ред. Д. Н. Гаркунова. – М.: Машиностроение, 1986. – Вып. 1 264 с.; 1987. – Вып. 2. – 203 с.; 1988. – Вып. 3. – 245 с.
7. Кузьменко А. Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 151 с.
8. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах / Под ред. Н. А. Биргера. – М.: Машиностроение. – Т.1. 831 с.
9. Каплун В. Г. Научные основы технологии упрочнения деталей машин и инструмента ионным азотированием в безводородных средах: Дис.... д.т.н.: 05.02.01. – Хмельницкий, 1992. – 450 с.

Надійшла 9.9.2009 р.

УДК 621.78/ (66.088+537.52+66.046)

І.М. ПАСТУХ, Н.С. МАШОВЕЦЬ
Хмельницький національний університет

ЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ПРИ АЗОТУВАННІ ТИТАНУ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ

Розглянуті принципи формування енергетичних спектрів при азотуванні титанових сплавів в тліючому розряді.

Principles of shaping of energy distributions surveyed at a nitrogen hardening of titanium alloys in a glow discharge.

Ключові слова: азотування титанових сплавів, енергетичні спектри.

В загальному вигляді при азотуванні в тліючому розряді падаючий потік, енергетична дія якого саме й формує модифікований поверхневий шар, складається з нейтральних та заряджених часток [1, 2]. Розроблена на базі цієї концепції енергетична модель покладена в основу теоретичного обґрунтування принципу керованого формування структури поверхні залежно від вимог експлуатації об'єктів модифікації. Запропонована система аналітичних критеріїв цілком адекватно відображає реальні процеси та результати модифікації [3 – 5], що дозволяє стверджувати про можливість не тільки проектувати технологічні процеси азотування в тліючому розряді, але і оптимізувати типові з метою пристосування їх до конкретних вимог, які висуваються до певних об'єктів азотування.

Енергетична модель реалізується на принципі сепарації енергетичних спектрів падаючого потоку

(ЕСПП), тобто виділення з нього тільки тих зон енергії часток потоку, в яких можливе протікання тих чи інших процесів. Важливо в цьому сенсі зазначити, що операція сепарації враховує не тільки рівень енергії та кількісний показник часток, які мають цю енергію, але також імовірнісні характеристики кутів передачі енергії від часток падаючого потоку часткам поверхні. Принципи розрахунків ЕСПП викладені в [1, 6]. Модель розрахунку ЕСПП методологічно побудована за принципом пошарового аналізу елементарних підпроцесів в області катодного падіння з наступною диференціацією часток по енергетичних рівнях. Враховувались наступні елементарні підпроцеси, що мають місце в умовах тліючого електричного розряду в газі: вторинна іонно-електронна емісія; термоелектронна емісія; пряма іонізація молекул й атомів електронним ударом; ступінчата іонізація молекул й атомів; дисоціація молекул електронним ударом; пружні зіткнення часток газу; резонансна перезарядка. Не враховувалася через несуттєвий вплив дисоціативна рекомбінація молекулярних іонів (по порядку величин перетин іонізації 10^{-20} м², а дисоціативної рекомбінації – 10^{-27} - 10^{-32} м²). У якості вихідних даних приймалися склад газового середовища, напруга розряду U , В, тиск у розрядній камері p , тор, густина струму розряду j , А/м², температура газового компонента T , °К. Програма розрахунку ЕСПП включала типові блоки формування енергетичних спектрів для заряджених часток молекулярного та атомарного азоту, атомарного аргону, молекулярного та атомарного водню, а також для швидких нейтральних часток цих же компонентів. При цьому слід зазначити, як це встановлено в [1, 3], інтенсивність потоків швидких нейтральних часток, котрі виникають внаслідок резонансної перезарядки – елементарного підпроцесу, імовірність якого в деяких умовах на порядок вища іонізації, порівняний, а в деяких випадках навіть перевищує інтенсивність потоку заряджених часток. До цього слід додати, що швидкі нейтральні частки, як правило, займають низькоенергетичну частину ЕСПП. Алгоритм розрахунку енергетичних спектрів окремих компонентів показано на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема розрахунку ЕСПП компонентів

Необхідність більш детального розгляду ЕСПП для процесу азотування титанових сплавів пояснюється насамперед тим, що технологічні параметри більш жорсткі (вища температура та тиск, дещо інший склад газових середовищ). Крім того, титанові сплави відносяться до активних по відношенню до азоту, оскільки енергія утворення нітридів титану суттєво менша енергії утворення нітридів заліза. З цієї причини азотування титанових сплавів при високому азотному потенціалові, як правило призводить до миттєвого утворення на поверхні шару нітридів. Цей шар блокує утворення всіх інших типових структур, характерних для азотування в тліючому розряді, а також процеси дифузії. В результаті товщина модифікованого шару незначна, часто вимірюється декількома мікрометрами, що і пояснює низьку результативність обробки. Наведені нижче ЕСПП розраховані тільки для азотно-аргонових середовищ при різних співвідношеннях вмісту компонентів за об'ємом. Наявність водню, як це впливає з [1], призводить до збільшення максимальної енергії (в наведених спектрах вона наближається до 120 еВ, при наявності водню максимальні значення енергії досягали б 150 еВ). На всіх розміщених нижче рисунках чітко виділяються три максимуми. Перший з них, лівіший, відповідає потоку швидких нейтральних часток, другий – середній – молекулярному азоту та атомарному аргону, останній – правий – атомарному азоту. Це дає змогу на основі енергетичної моделі процесу передбачати імовірність протікання тих чи інших підпроцесів з участю названих компонентів. Всі криві ЕСПП в кількісному відношенні відображають відносні величини інтенсивності потоків, тому кожна з них нормована на одиницю, оскільки фактично на рисунках, наведених нижче, представлені відносні ЕСПП (відношення значення ЕСПП в абсолютних

одиницях (номінальний ЕСПП) до густини потоку іонів, яка визначається через густину струму розряду). Такий принцип дозволяє розраховувати абсолютні значення кількості часток з певною енергією при відомій густині струму як однієї з основних електричних характеристик розряду.

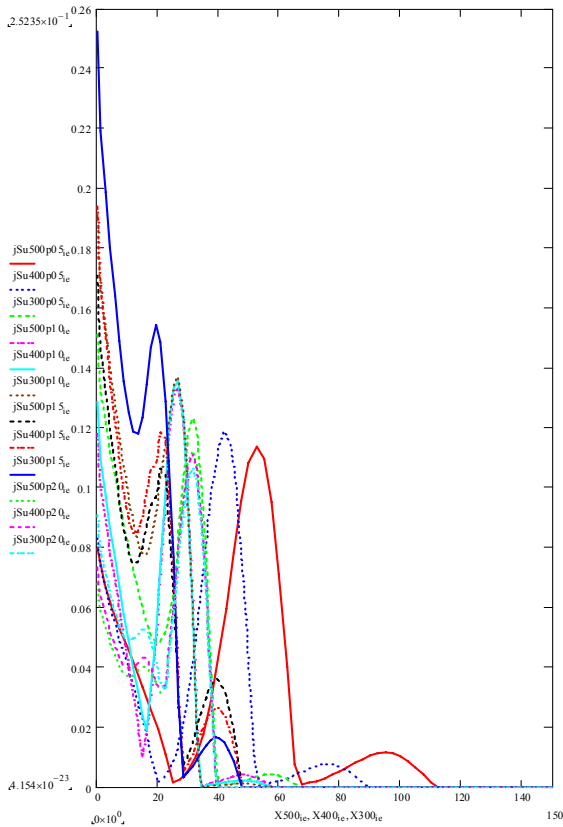


Рис. 2. ЕСПП для середовища: азот 10 %, аргон 90 %, температура 813°К, густина струму 10 А/м²

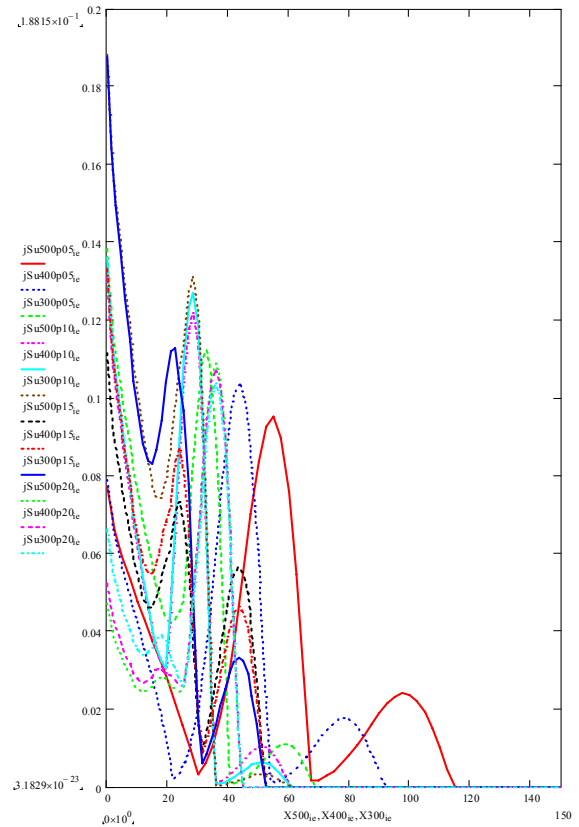


Рис. 3. ЕСПП для середовища: азот 10 %, аргон 90 %, температура 973°К, густина струму 15 А/м²

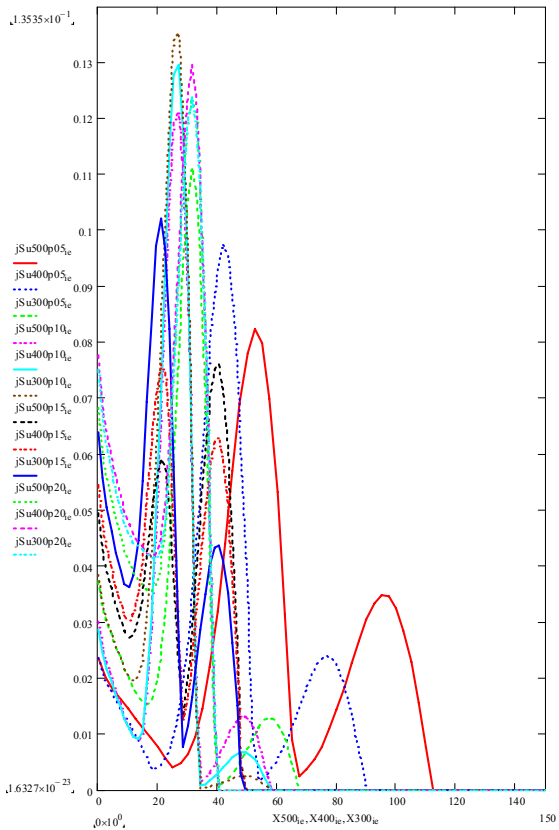


Рис. 4. ЕСПП для середовища: азот 50 %, аргон 50 %, температура 813°К, густина струму 10 А/м²

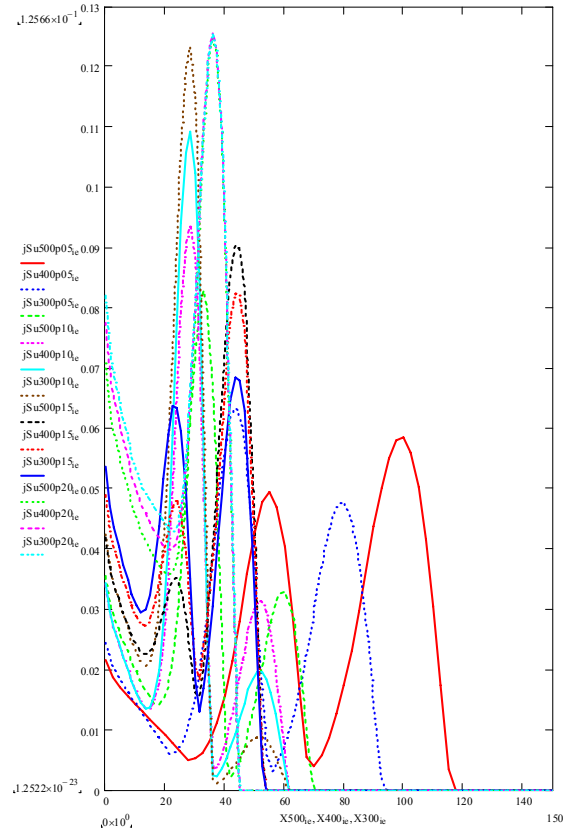


Рис. 5. ЕСПП для середовища: азот 50 %, аргон 50 %, температура 973°К, густина струму 15 А/м²

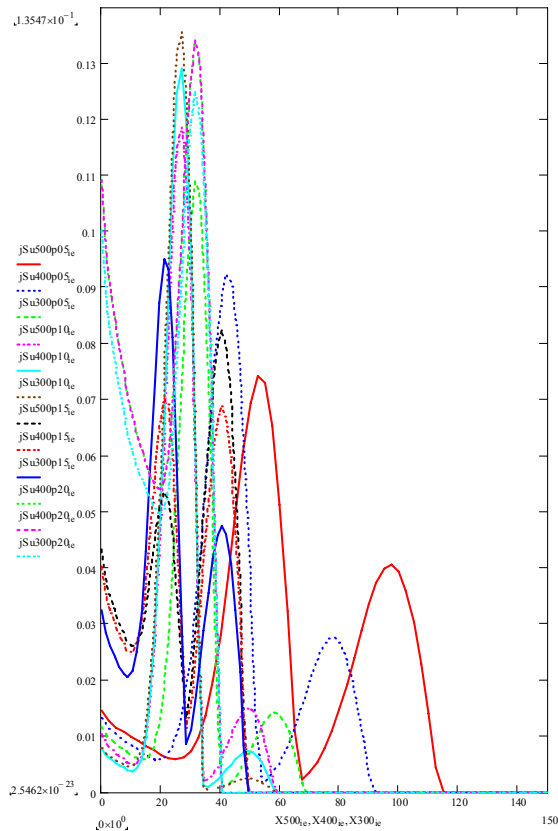


Рис. 6. ЕСПШ для середовища: азот 75 %, аргон 25 %, температура 813°K, густина струму 10 A/m²

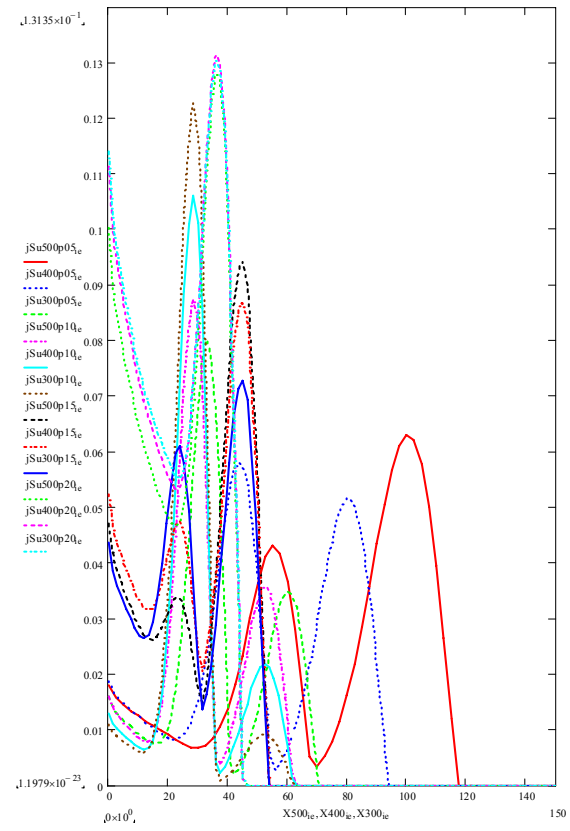


Рис. 7. ЕСПШ для середовища: азот 75 %, аргон 25 %, температура 973°K, густина струму 15 A/m²

Перший висновок, який слідує з порівняння рис. 2-7, полягає в тому, що форма енергетичних спектрів та абсолютні значення кількісних відносних характеристик суттєво залежать від параметрів технологічного режиму. Наприклад, якщо відслідковувати криву, правий кінець якої досягає енергії близько 120 eV, то для середовища N10Ar90 (тут і далі умовні позначення розшифровуються по типу цього прикладу – азот 10 % вмісту за об'ємом, аргон – 90 %) при температурі 813°K лівий кінець цієї ж кривої досягне значення біля 0,08. В аналогічній ситуації для середовища N75Ar25 при температурі 973°K – тільки 0,018, тобто значення відрізняються в чотири рази. Співставлення тих же прикладів за показником максимальних значень в околі енергії порядку 1 eV дає аналогічно 0,25 та 0,115. Для середовищ, де переважає аргон (рис. 2, 3) найбільші значення відповідають діапазону низьких енергій, для середовищ з підвищеним вмістом азоту зона максимальних значень відповідає енергії порядку 30-45 eV.

В середовищах, де переважає аргон, весь спектр зміщується в сторону низьких енергій. Це пояснюється, насамперед, тим, що більш важкий аргон має коротшу довжину вільного пробігу, тобто нижчий потенціал першого від катода прошарку вільного пробігу [1]. Результатом цього є відносно краща здатність утворення нітридів при одночасно достатній можливості розпорощення поверхневих утворень. В комплексі це призводить не тільки в певній мірі до нейтралізації блокуючого ефекту утворених шарів нітридів шляхом їх помірною розпорощення, але і до інтенсифікації утворення нових, розпаду їх і дифузії азоту в глибину поверхневого шару, тобто до збільшення глибини модифікованого шару і ефективності обробки в цілому.

Максимальна енергія при інших однакових умовах залежить від міжелектродної напруги в розрядній камері. Це можна відслідковувати по правих кінцях трьох кривих, розташованих послідовно з права наліво. Відповідно вони розраховані при напрузі 500, 400, 300 В. Разом зі зменшенням максимальної енергії зменшуються числові значення піків, наприклад, для рис. 7 вони відповідно складають 0,065; 0,054 та 0,035. Тиск впливає екстремально, як це неодноразово відмічалось для електричних і енергетичних характеристик розряду, а також результатів азотування, що підтверджує встановлений Арзамасовим Б.М. принцип мінімальної потужності як критерію оптимальності технологічного процесу. Проте на відміну від сталей оптимальний тиск відповідає дещо більшим значенням, що підтверджується дослідженнями результатів азотування [5].

Ріст температури спричиняє певне зміщення спектрів в сторону більших енергій, причому в цьому випадку зростають кількісні характеристики піків. Причиною цього є те, що при інших однакових параметрах технологічного режиму ріст температури в певній мірі аналогічний збільшенню числа часток в одиниці об'єму. З протилежної точки зору при вищій температурі менша кількість часток створює більший ефект їх активності. Тому при більш високих температурах енергетична дія падаючого потоку призводить до більш активного розпорощення поверхні та стимулює дифузію. В результаті при надмірно високих

температурах, як це має місце у високотемпературних режимах азотування титанових сплавів, знижується міцність основи, розпадаються нітриди, ефективність модифікації зменшується. Останнє цілком переконливо свідчить про перспективність низькотемпературного азотування титанових сплавів в тліючому розряді, що підтверджено експериментально [5].

Комплексним результатом зміни складу газового середовища є при інших однакових умовах зміна довжини вільного пробігу опосередкованої частки, що безпосередньо впливає на енергетику процесу. В цілому зростання майже всіх параметрів призводить до зміщення спектру в область високих енергій, середні значення характеристик технологічного режиму групує спектр в основному в зоні середніх енергій. Аналогічне можна відмітити і стосовно вмісту азоту в газових середовищах.

Таким чином, енергетичні спектри падаючого потоку дозволяють прогнозувати результати азотування титанових сплавів в тліючому розряді, причому зміною цілої низки параметрів технологічного режиму стає можливим корегувати результати модифікації та оперативно керувати процесом. Враховуючи зазначене вище, комбінаторика основних параметрів технології дозволяє перевести процес проектування її на наукову основу в протиположному та дорогому методу технологічних проб.

Література

1. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.
2. Пастух И. М. Энергетичний аналіз моделей азотування в тліючому розряді // Вісник ХНУ. – 2006. – № 5. – С. 7-14.
3. Пастух И. М., Здибель О. С. Практична апробація положень теорії азотування в тліючому розряді // Вісник ХНУ. – 2007. – № 1. – С. 7-25.
4. Пастух И. М., Машовець Н. С. Прогнозування формування нітридів в титанових сплавах при азотуванні в тліючому розряді // Вісник ХНУ. – 2007. – № 3. – Т. 2. – С. 28-37.
5. Пастух И. М., Машовець Н. С. Зв'язок аналітичних критеріїв з реальними структурами титанових сплавів, азотованих в тліючому розряді // Вісник ХНУ. – 2008. – № 6. – С. 16-22.
6. Пастух И. М. Энергетичний спектр падаючого потоку при азотуванні в тліючому розряді // Вісник ТУП. – 2005. – № 5. – Ч. 1. – Т. 1. – С. 5-15.

Надійшла 29.9.2009 р.

УДК 677.055

Б.Ф. ППА, В.В. ЧАБАН

Київський національний університет технологій та дизайну

ПРИВІД КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ З ДЕМПФІРУЮЧИМ ПРИСТРОЄМ ТА ВИБІР ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

Запропонована нова перспективна конструкція приводу круглов'язальних машин з демпфіруючим пристроєм, що забезпечує зниження динамічних навантажень в механізмі в'язання в період несталого руху машини та метод вибору раціональних параметрів демпфіруючого пристрою.

The new perspective construction of occasion of round knitting machines is offered with a damping device which provides the decline of the dynamic loadings in the mechanism of knitting in the period of unstable motion of machine and method of choice of rational parameters of damping will build on.

Ключові слова: привід круглов'язальної машини, конструкції.

Вступ

Підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин можливе за рахунок вдосконалення їх окремих механізмів, зокрема приводу [1, 2]. При цьому особливу увагу слід приділяти оснащенню приводу пристроєм для зниження динамічних навантажень, що виникають в період несталого режиму руху круглов'язальної машини [3].

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин, проблема розробки нових конструкцій приводів та методик вибору їх робочих параметрів є актуальною для сучасного легкого машинобудування.

Об'єктом досліджень обрано привід круглов'язальної машини з демпфіруючим пристроєм та метод вибору його робочих параметрів.

При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії проектування в'язальних машин.

Завданням досліджень стала розробка нової конструкції приводу круглов'язальної машини з пристроєм, що дозволяє знизити динамічні навантаження на один з основних механізмів машини – в'язальний, що виникають під час пуску та гальмування.

Основний розділ

Аналіз конструкцій приводів круглов'язальних машин [1-3] дозволяє зробити висновок, що найбільш перспективною конструкцією привода є привід, що містить демпфіруючий пристрій з пружними елементами, за допомогою яких вертикальний приводний вал з'єднаний з механізмом в'язання.

Виходячи з цього, автори запропонували привід круглов'язальної машини з демпфіруючим пристроєм з пружними елементами, виконаними у вигляді муфти з пакетами гільзових пружин [4] (рис. 1, б) та привід з демпфіруючим пристроєм у вигляді муфти з пакетами плоских пружин [5] (рис. 1, в).

Привід (рис. 1) містить електродвигун 1, клинопасову передачу, що містить ведучий шків 2, жорстко встановлений на валу електродвигуна, ведений шків 3 і клинові паси 4, зубчасту передачу, що містить ведучу шестерню 5, яка за допомогою вала 6 жорстко з'єднана з веденим шківом 3, і зубчасте колесо 7, вертикальний приводний вал 8, на кінцях якого встановлені верхня 9 і нижня 10 циліндричні шестерні, а між ними жорстко закріплено зубчасте колесо 7. Верхня циліндрична шестерня 9 кінематично з'єднана з зубчастим колесом 11 голкового циліндра 12 механізму в'язання, а нижня циліндрична шестерня 10 кінематично з'єднана з зубчастим колесом 13 механізму товароприйому 14. Привід містить також демпфіруючий пристрій 15 з пружними елементами 16, за допомогою яких вертикальний приводний вал 8 з'єднаний з верхньою циліндричною шестернею 9.

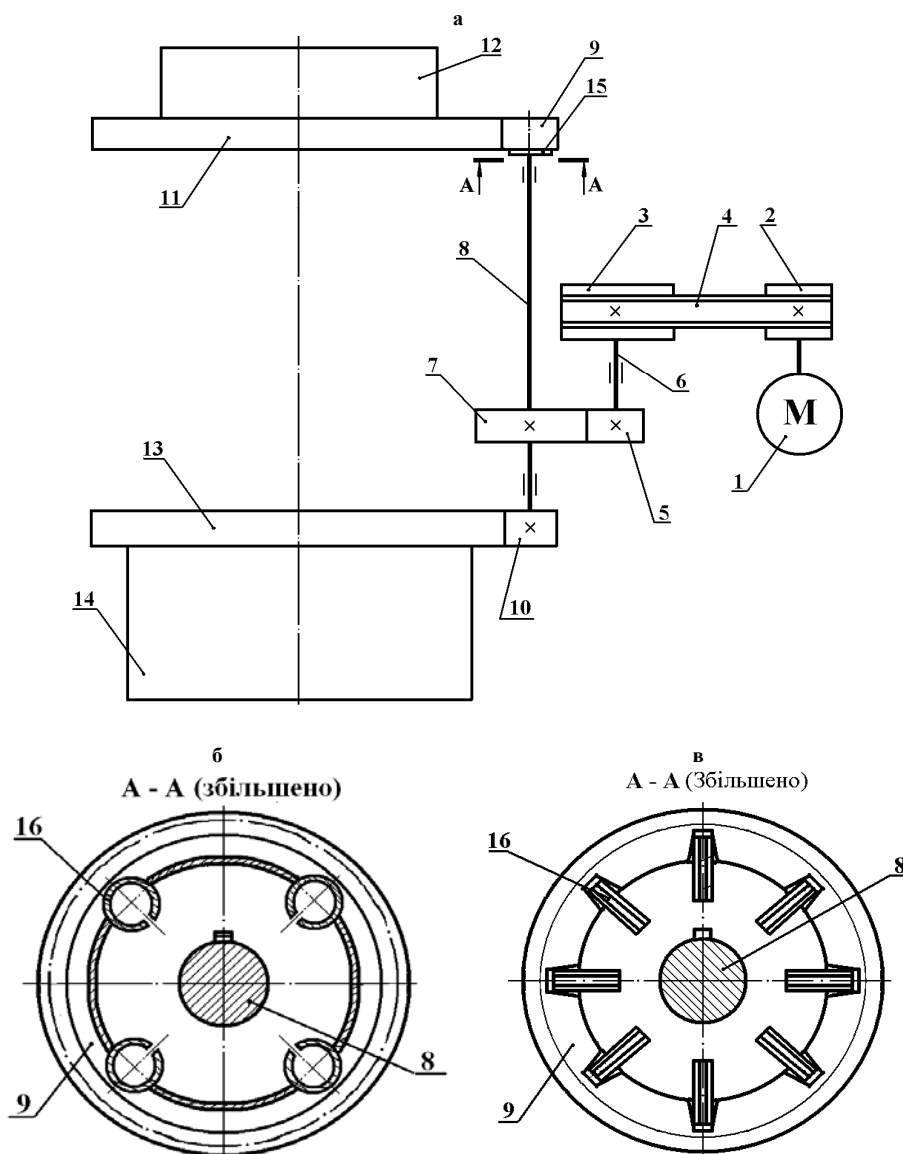


Рис. 1. Кінематична схема привода круглов'язальної машини з демпфіруючим пристроєм: а – схема привоу; б – схема демпфіруючого пристрою з гільзовими пружинами; в – схема демпфіруючого пристрою з пакетами плоских пружин, встановленими радіально

Принцип роботи привода полягає в наступному. При вмиканні електродвигуна 1 обертальний рух його вала передається ведучому шківу 2 клинопасової передачі, який за допомогою клинових пасів 4 приводить в обертальний рух ведений шків 3 і жорстко з'єднаний з ним вал 6 та ведучу шестерню 5 зубчастої передачі. Обертальний рух ведучої шестерні 5 передається зубчастому колесу 7 і вертикальному приводному валу 8, на кінцях якого встановлені верхня 9 та нижня 10 циліндричні шестерні, рух яких за допомогою зубчастих коліс 11, 13 передається голковому циліндру 12 механізму в'язання та механізму

товароприйому 14, що необхідно для роботи круглов'язальної машини. При цьому з'єднання вертикального приводного вала 8 з верхньою циліндричною шестернею 9 здійснюється за допомогою пружних елементів 16 демпфіруючого пристрою 15, що призводить до зниження динамічних навантажень, які діють на голковий циліндр 12 механізму в'язання і на нитки, що поступають в зону в'язання (на рис. 1 не показано). Все це призводить до підвищення довговічності привода та якості трикотажного полотна.

При використанні демпфіруючого пристрою у вигляді муфти з пакетами гільзових пружин (рис. 1, б), основні параметри її вибираються із умови [6]:

$$D = \sqrt{\frac{24\pi T}{Z E b \varphi} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{h_i}{r_i}\right)^3}}, \quad (1)$$

де D – діаметр розташування гільзових пружин;
 T – крутний момент демпфіруючого пристрою (муфти);
 Z – число пакетів гільзових пружин;
 E – модуль пружності матеріалу пружин;
 b – ширина пакету пружин;
 φ – кутове зміщення демпфіруючого пристрою (напівмуфт), $\varphi = (2 \dots 3)^0$;
 k – число пружин в пакеті, $k = 1 \dots 10$;
 h – товщина пружини (пластини), $h = (0,5 \dots 2,5)$ мм;
 r – радіус пружини.

При цьому при виборі параметрів h і r необхідно дотримуватись умови:

$$\frac{h_1}{r_1^2} = \frac{h_2}{r_2^2} = \dots = \frac{h_k}{r_k^2} = const. \quad (2)$$

Перевірка працездатності демпфіруючого пристрою здійснюється шляхом перевірки міцності пружин на згин:

$$\sigma_{32} = \frac{6M_{max}}{bh_k^2} = \frac{6F_k r_k}{bh_k^2} \leq [\sigma_{32}], \quad (3)$$

де σ_{32} , $[\sigma_{32}]$ – відповідно робоче та допустиме напруження згину пружини, $[\sigma_{32}] = (400 \dots 700)$ МПа;
 M_{max} – максимальний момент згину, що діє на пружину;
 F_k – сила, що діє на пружину,

$$F_k = \frac{\left(\frac{h_k}{r_k}\right)^3}{\sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{h_i}{r_i}\right)^3} \cdot \frac{2T}{ZD}. \quad (4)$$

При використанні демпфіруючого пристрою у вигляді муфти з пакетами плоских пружин, розташованих радіально (рис. 1, в), основні параметри її вибираються із умови [7] (позначення параметрів в формулах, що зустрічалися вище, тотожні):

$$F_l = \frac{T}{Z(R+l)}, \quad (5)$$

де F_l – сила, що діє на один пакет пружин;
 R – внутрішній радіус веденої напівмуфти;
 l – плече пружин, розміщених в пазу веденої напівмуфти.
Число пластин в пакеті пружин:

$$k = \frac{6F_l l_1}{bh^2 [\sigma_{32}]}, \quad (6)$$

де l_1 – робоче плече пружини.
Перевірка працездатності пружин здійснюється із умови:

$$\sigma_{32} = \frac{6T_{max}(l_1-l)}{ZRkbh^2} \leq [\sigma_{32}], \quad (7)$$

де T_{max} – максимальний крутний момент муфти, $T_{max} = Tk_p$;
 k_p – коефіцієнт режиму роботи муфти (демпфіруючого пристрою), $k_p = 1, 1 \dots 1, 3$.

Кутове зміщення демпфіруючого пристрою (напівмуфт) знаходиться із умови:

$$\varphi = \frac{F_1 l^3 + \alpha(l_1 - l)}{3EJ R_1 + l}, \quad (8)$$

де J – момент інерції поперечного перерізу пакету пружин, $J = \frac{kbh^3}{12}$;

R_1 – зовнішній діаметр ведучої напівмуфти;

α – профільний кут трапецієвидного пазу для пакету пружин (знаходиться із умови, що пружна лінія пакету пружин паралельна скосу паза):

$$\alpha = \arctg \frac{F_1 l_1^2}{2EJ_1 k}, \quad (9)$$

де J_1 – момент інерції поперечного перерізу пластини (пружин), $J_1 = \frac{bh^3}{12}$.

Висновки

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити наступні висновки:

- наявність у складі привода круглов'язальної машини демпфіруючого пристрою, за допомогою якого вертикальний приводний вал з'єднаний з механізмом в'язання, дозволяє знизити динамічні навантаження, що діють на механізм в'язання, і тим самим підвищити ефективність роботи круглов'язальної машини (підвищити продуктивність та якість трикотажного полотна);
- доцільно у якості пружних елементів демпфіруючого пристрою привода використати муфту з пакетами гільзових пружин або муфту з пакетами плоских пружин;
- запропонований метод вибору раціональних параметрів демпфіруючого пристрою привода може бути використаний як при модернізації діючих, так і при розробці нових більш ефективних типів круглов'язальних машин.

Література

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин. – Л.: Машиностроение, 1980. – С. 472 с.
2. Хомяк О.Н., Піпа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
3. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Марченко А.І. Приводи круглов'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунку). – К: КНУТД, 2007. – 400 с.
4. Деклараційний пат. на корисну модель 60052 А України. МПК D04B 15/94. Привід круглов'язальної машини / Піпа Б.Ф., Ловейкіна С.О., Чабан В.В. (Україна). – № 2003 010428; Заявл. 17.01.2003; Опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9, 2 с.
5. Пат. на корисну модель 37781 України. МПК D04B 15/00. Привід круглов'язальної машини / Піпа Б.Ф., Марченко А.І., Павленко Г.І. (Україна). – № у 2008 08220; Заявл. 17.06.2008; Опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23, 3 с.
6. Райко М.В. Расчет деталей и узлов машин. К.: Техніка, 1966. – 500 с.
7. Поляков В.С., Барабаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с.

Надійшла 26.9.2009 р.

ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ В ПАРІ ГОЛКА-КЛИН В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ РОБОТИ КЛИНА

Представлено результати досліджень впливу навантажень, що виникають при взаємодії голок з клинами в'язальних систем в'язальної машини, на довговічність роботи клинів. Одержано залежність, що дає можливість оцінити ефективність впливу коефіцієнту зниження навантажень в парі голка-клин на підвищення довговічності клина.

Results of researches of influence of loadings, which arise at interaction of needles with wedges in knitting system, on durability work of wedges are submitted. The dependence is received which enables to estimate influence of factor of decrease of loadings in pair a needle – wedge on increase of durability of a wedge.

Ключові слова: пара голка – клин, довговічність.

Вступ

Особливістю роботи в'язальних машин є наявність значних навантажень, які виникають у зоні взаємодії голок з клинами в'язальних систем [1], що негативно позначається на надійності та довговічності роботи клинів та машини в цілому.

Питанню зниження навантажень у в'язальних системах шляхом конструктивних удосконалень голок та клинів присвячено ряд робіт [2-4]. Але питання впливу навантажень в парі голка-клин в'язальної машини на довговічність роботи клинів вивчено недостатньо і потребує подальшого дослідження.

Дослідження авторів присвячені аналізу впливу коефіцієнту зниження навантажень в зоні взаємодії голок з клинами на довговічність роботи клинів.

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи в'язальних машин шляхом підвищення довговічності клинів, проблема розробки методу оцінки впливу навантажень в парі голка-клин на довговічність роботи клинів є актуальною для сучасного легкого машинобудування.

Об'єктом досліджень обрано робочу пару клин-голка механізму в'язання в'язальної машини.

При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії тертя та проектування в'язальних машин.

Завданням досліджень стала розробка методу оцінки впливу навантажень в зоні взаємодії голок з клинами на довговічність роботи останніх.

Основний розділ

Дослідження [5] показують, що термін служби клинів (довговічність роботи клинів) визначається залежністю:

$$T = \frac{\Delta H_{max}}{60 n z K f^t \rho^{-0,5\beta t} N_0^{1+0,5\beta t}}, \quad (1)$$

де T – термін служби клина (замка);

ΔH_{max} – гранично допустиме зношення клина, що вимірюється по нормалі до робочої поверхні клина;

n – частота обертання голкового циліндра машини (для круглов'язальної машини);

z – кількість голок циліндра;

$$K = 2K_0 \left(\frac{4\eta}{\pi} \right)^{0,5} \cdot 0,418^{1+\beta t} E^{0,5(1+\beta t)} \frac{1+\beta t}{1,5+\beta t}; \quad \eta = \frac{1+\mu_1}{E_1} + \frac{1-\mu_2}{E_2};$$

μ_1, μ_2 – коефіцієнти Пуассона відповідно для матеріалу голки і клина;

E_1, E_2 – модулі пружності відповідних матеріалів;

$$K_0 = C_1 \left(\frac{1-\mu_2}{E} \right)^{1+t(\beta-1)} \left(\frac{K_1}{C_2 \sigma_0} \right)^t;$$

K_1 – коефіцієнт пропорційності між питомою силою тертя і приведеним напруженням в парі голка-клин;

σ_0 – межа міцності при однократному напруженні в парі голка-клин:

$$C_1 = \frac{1,2 \cdot \nu^{0,5}}{K_2(1+\nu)}; \quad \beta = \frac{1}{1+2\nu};$$

$$C_2 = \left(\frac{b}{2}\right)^\beta \cdot \left(\frac{2,35}{K_2}\right)^{1-\beta} \cdot \left(\frac{r}{h_{max}}\right)^{0,5(1-\beta)} ; \quad (2)$$

b, ν – коефіцієнти кривої опорної поверхні;

K_2 – табличний коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта ν ;

r – середній радіус вершин і виступів мікронерівностей поверхні клина;

h_{max} – максимальна висота мікронерівностей поверхні клина;

f – коефіцієнт тертя в парі голка–клин;

t – показник ступеня кривої контактної втоми пари голка–клин;

ρ – приведений радіус кривизни пари голка–клин;

N_0 – питомий нормальний тиск у зоні контакту голки з клином.

Аналізуючи залежність (1), приходимо до висновку, що, з метою визначення ефективності впливу величини динамічних навантажень у в'язальній системі на довговічність роботи клинів, дане рівняння може бути представлено у виді:

$$T = \frac{A}{N_0^{1+0,5\beta t}} , \quad (3)$$

де $A = \frac{\Delta H_{max}}{60 n z K f^t \rho^{-0,5\beta t}} = const .$

Враховуючи, що:

$$N_0 = \frac{N}{l} = \frac{F}{l \sin \alpha} ,$$

де N – нормальний тиск у парі голка–клин;

l – довжина контакту пари голка–клин;

F – горизонтальна складового динамічного навантаження на клин;

α – кут профілю клина,

рівняння (3) приймає вид:

$$T = \frac{B}{F^{1+0,5\beta t}} , \quad (4)$$

де $B = A(l \sin \alpha)^{1+0,5\beta t} = const .$

Приймаючи [5] $\nu = 3$ (робоча поверхня клина полірована) і $t = 4$, з (2), знаходимо: $\beta = 0,143$.

Тоді рівняння (4) остаточно приймає вид:

$$T = \frac{B}{F^{1,286}} . \quad (5)$$

На підставі залежності (5) одержуємо:

$$n_T = n_F^{1,286} , \quad (6)$$

де n_T – коефіцієнт підвищення довговічності роботи клина,

$$n_T = \frac{T_2}{T_1} ; \quad (7)$$

T_1, T_2 – довговічність клина відповідно до і після реалізації заходу, спрямованого на зниження динамічних навантажень в парі голка–клин;

n_F – коефіцієнт зниження навантажень у парі голка–клин (у в'язальних системах),

$$n_F = \frac{F_1}{F_2} ; \quad (8)$$

F_1, F_2 – динамічні навантаження відповідно до і після модернізації пари голка–клин (в'язальної системи).

Графік впливу коефіцієнту зниження навантажень в парі голка–клин на коефіцієнт підвищення довговічності роботи клина представлений на рис. 1.

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити висновок про ефективність впливу зниження навантажень в парі голка–клин на підвищення довговічності роботи клинів і в'язальної машини в цілому. Так зниження навантажень в парі голка–клин в 3 рази (дослідження авторів показують, що шляхом удосконалення конструкцій робочих органів механізму в'язання можливо досягти зниження навантажень в парі голка клин в 3 і більше разів [2...4]) призводить до підвищення довговічності роботи клина в 4,1 рази.

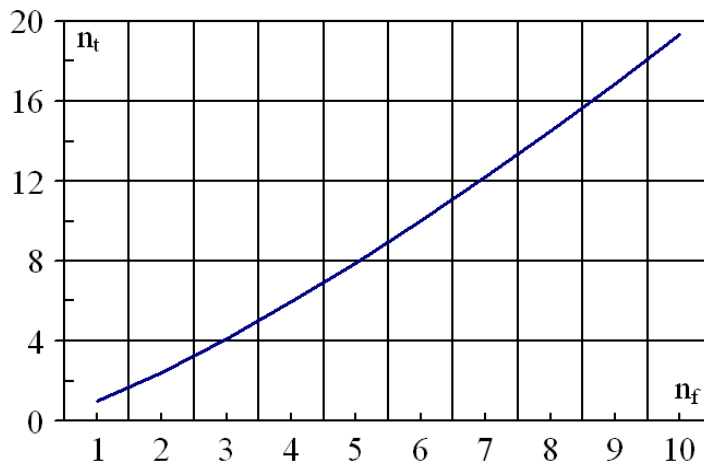


Рис. 1. Графік впливу коефіцієнту зниження навантажень в парі голка-клин на коефіцієнт підвищення довговічності роботи клина

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. Пипа Б.Ф., Волощенко В.П., Шипуков С.Т., Орлов В.А. Повышение надежности трикотажного оборудования. – 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. Малков М.А., Полухин В.Л. Расчет износа клиньев трикотажных машин. – ВНИИЛТЕКМАШ, научно-исследовательские труды, 1969, № 15, с. 13-22.

Надійшла 27.9.2009 р.

УДК 621.226

Л.Г. КОЗЛОВ, В.А. КОВАЛЬЧУК, Н.В. КУШПТА
Вінницький національний технічний університет

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОПРИВОДА З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ ВЕЛИЧИНИ ТИСКУ

Розроблено гідравлічну схему преса в якому забезпечується пропорційне управління від вільно-програмованого контролера фірми "FESTO". Розроблена нелінійна математична модель та розраховані динамічні характеристики гідропривода преса. Визначено вплив конструктивних параметрів гідропривода на стійкість, коливальність, час регулювання та перерегулювання. Розроблені рекомендації, що можуть бути використані при проектуванні гідропривода преса з пропорційним керуванням.

Hydraulic circuit is developed for the press where proportional control is provided from the free programmable controller made by FESTO. Non-linear mathematical model of the press hydraulic drive has been developed. Dynamic characteristics of the press hydraulic drive has been determined as well as the influence of main non-linearities on them. Recommendations are presented that can be used while designing hydraulic drive for a proportionally-controlled press.

Ключові слова: гідропривід, керування величини тиску.

Постановка проблеми. Якість продукції, отриманої холодним пластичним деформуванням, значною мірою залежить від зміни зусилля на штоці гідроциліндра преса. Процес навантаження проводиться в такій послідовності. Спочатку йде процес обробки, при якому сила навантаження зростає по лінійному закону (зона пружних деформацій). При появі пластичних деформацій сила навантаження має змінюватись за закономірностями, які виявляються в процесі досліджень. По досягненні певних значень деформацій гідропривод преса повинен забезпечити можливість розвантаження заготовки з повторними навантаженнями при визначеному законі зміни параметрів руху виконавчого органа.

Аналіз останніх досліджень. Значний вклад в теорію дослідження динамічних процесів в технологічних машинах внесли Рибак А.Т. та Жаров В.П. Дослідженнями в галузі програмно-адаптивного керування гідроприводами машин для обробки металів тиском займається проф. Ю.А.Бочаров. Також питаннями модернізації гідроприводу преса займаються Лижніков Е.И., Бочанов П.А., Еремкин Е.А.

Постановка завдання. Метою даної роботи є покращення якості готової продукції та підвищення продуктивності її виготовлення шляхом визначення рекомендованих значень конструктивних параметрів гідроприводу преса на основі математичного моделювання та застосування в гідроприводі пропорційної електрогидравлічної системи керування.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розробка математичної моделі гідропривода преса з пропорційним електрогидравлічним керуванням.

2. Забезпечення стійкої роботи гідропривода преса для холодного пластичного деформування, що працює із декількома зворотними зв'язками, в усьому діапазоні зміни швидкостей руху та величин зусилля.

3. Мінімізація в перехідних процесах таких динамічних характеристик гідропривода, як коливальність, перерегулювання та час регулювання.

Поставлені задачі можуть бути розв'язані шляхом використання преса з гідроприводом, який має пропорційне керування параметрами руху робочого органа, а також дослідження впливу на динамічні характеристики гідропривода основних його конструктивних параметрів та нелінійностей [1].

Основні результати. На рис. 1 представлена розрахункова схема гідроприводу преса. Схема включає насос 1, клапан 2, гідророзподільник 3, гідроциліндр 4, лінію нагнітання 5, робочі лінії 6 та 7. Клапан 2 складається з корпусу 8, клапанного елемента 9, пружини 10, корпусу 11, сервоклапана 12, дроселя 13, сідла 14, пружини 15 та пропорційного електромагніта 16. Гідроциліндр 4 має датчик зворотного зв'язку 17, шток 18, який взаємодіє з заготовкою 19. Схема включає крім того датчик тиску 21, а також вільнопрограмований контролер 20 фірми FESTO [2].

Нелінійна математична модель включає рівняння нерозривності потоків для ліній 5 та 6, а також рівняння сил, що діють на клапанний елемент 9, сервозолотник 12 та шток гідроциліндра 4.

$$\begin{aligned} Q_n &= \mu \cdot \pi \cdot d_{\text{кл}} \cdot x \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_n}{\rho}} + \mu \cdot f_d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_n - p_{\text{кл}})}{\rho}} + \frac{dy}{dt} \cdot \frac{\pi D_{\text{ц}}^2}{4} + \beta \cdot W_n \cdot \frac{dp_n}{dt}, \\ \mu \cdot f_d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_n - p_{\text{кл}})}{\rho}} &= \mu \cdot \pi \cdot d_c \cdot \sin \alpha \cdot z \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{кл}}}{\rho}} + \beta \cdot W_c \cdot \frac{dp_{\text{кл}}}{dt}, \\ m_k \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} &= p_n \cdot F_{\text{кл}} - p_{\text{кл}} \cdot F_{\text{кл}} - C_{\text{кл}} (X_1 + x) - b_{\text{кл}} \cdot \frac{dx}{dt}, \\ p_{\text{кл}} \cdot f_c &= C_c \cdot (Z_1 + z) - b_c \frac{dz}{dt}, \\ m_{\text{ц}} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} &= p_n \cdot \frac{\pi D_{\text{ц}}^2}{4} - b_{\text{ц}} \frac{dy}{dt} - y \cdot k_r - T, \end{aligned} \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт витрат, $d_{\text{кл}}$ – діаметр нижнього торця рухомого клапана, x – переміщення рухомого клапана, p_n – тиск, що діє на нижній торець рухомого клапана, ρ – густина робочої рідини, f_d – площа дросельної щілини, $p_{\text{кл}}$ – тиск, що діє на верхній торець рухомого клапана, y – переміщення поршня гідроциліндра по вертикальній вісі, $D_{\text{ц}}$ – діаметр поршня, β – коефіцієнт, що враховує стиснення робочої рідини, W_n – об'єм рідини в лінії, d_c – діаметр сервоклапана, α – кут нахилу кромки сервоклапана, z – горизонтальне переміщення сервоклапана, W_c – об'єм рідини в лінії, m_k – маса головного клапана, $F_{\text{кл}}$ – площа нижнього торця головного клапана, $C_{\text{кл}}$ – жорсткість пружини, що прижимає головний клапан до сідла, X_1 – попереднє стиснення пружини основного клапана, $b_{\text{кл}}$ – коефіцієнт в'язкого демпфування, f_c – площа сервоклапана, C_c – жорсткість пружини, що прижимає сервоклапан до сідла, Z_1 – попереднє стиснення пружини сервоклапана, b_c – коефіцієнт в'язкого демпфування, $m_{\text{ц}}$ – маса поршня циліндра, $b_{\text{ц}}$ – коефіцієнт в'язкого демпфування, k_r – коефіцієнт опору переміщення штока гідроциліндра, T – сила сухого тертя.

Для розрахунків та математичного моделювання процесів, дослідження динамічних характеристик гідроприводу використано пакет MATLAB, а саме один з його модулів Simulink, який спеціально призначено для розв'язання диференціальних рівнянь. Для зменшення кількості блоків, що одночасно відображаються, на екрані використовувались підсистеми [3].

Розв'язання системи рівнянь математичної моделі гідроприводу з пропорційним електрогидравлічним керуванням здійснено блоково аналітичним методом.

Головний блок, що візуально відтворює метод розв'язку системи диференціальних рівнянь (1), представлено на рис. 2.

Для досліджень запропоновано такі діапазони значень конструктивних параметрів гідроприводу, що впливають на його динамічні характеристики: діаметр гідроциліндра $D_{\text{ц}} = (60 \dots 120) \cdot 10^{-3}$ м, потік рідини, що нагнітається насосом $Q_n = (0,05 \dots 1,0) \cdot 10^{-3}$ м³/с, максимальний тиск в гідроприводі $p_{\text{max}} = 20$ МПа, коефіцієнт підсилення зворотного зв'язку по переміщенню $K_y = (0,4 \dots 1,0)$ А/м, коефіцієнт підсилення

зворотного зв'язку по тиску $K_p = (0,5 \dots 1,0)$ А/МПа.

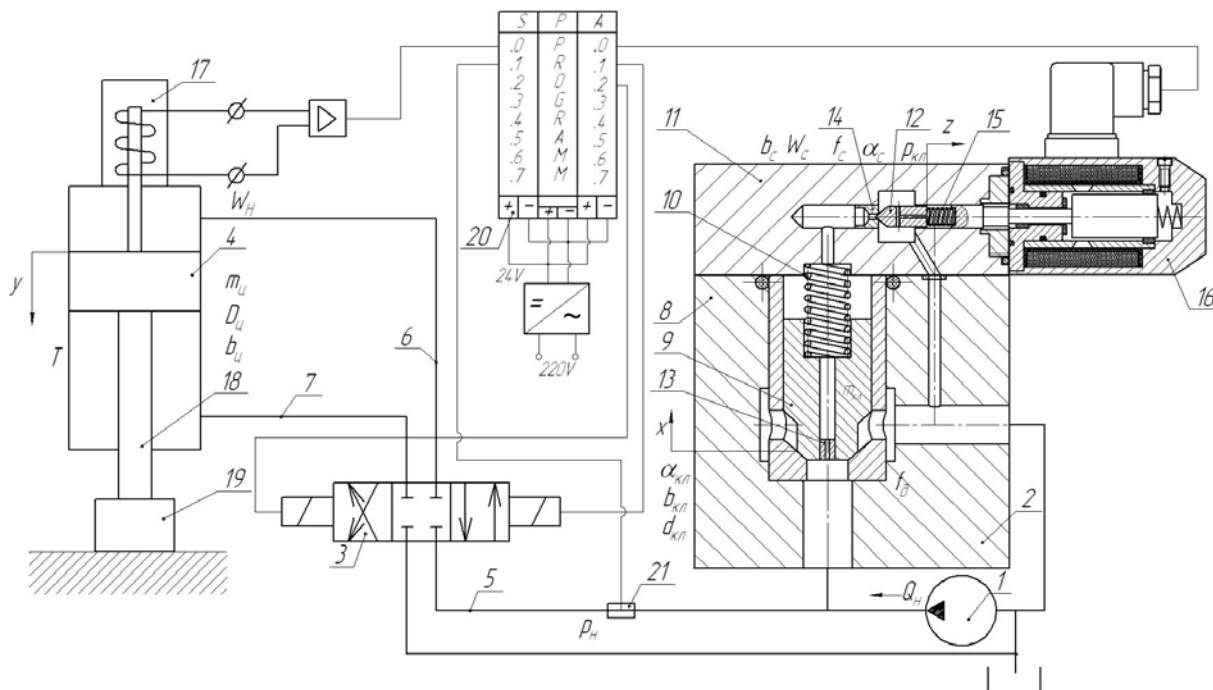


Рис. 1. Розрахункова схема гідропривода преса

На рис. 3 представлено вплив параметрів: D_c – діаметра гідроциліндра, величини p_{max} – максимального значення тиску в гідроприводі, а також величини потоку насоса Q_n на стійкість гідропривода. З метою забезпечення найкращих умов забезпечення стійкості гідропривода слід при проектуванні орієнтуватися на більші значення діаметра циліндра та менші значення максимального тиску p_{max} , що однак веде до збільшення необхідної величини Q_n , а значить до збільшення типорозміру насоса і габаритів насосної установки. Рішення, що приймаються проектувальниками, мають бути компромісом між вказаними протиріччями.

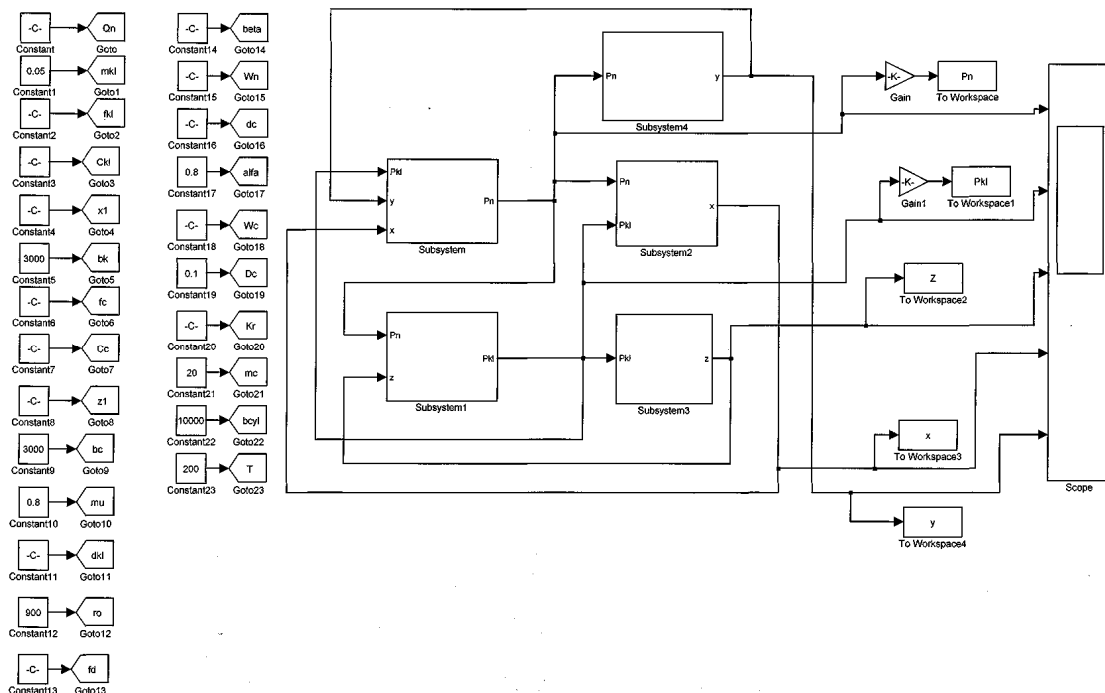


Рис. 2. Головний блок розв'язання системи диференціальних рівнянь

На рис. 4 представлено вплив коефіцієнтів підсилення зворотних зв'язків по переміщенню K_y та по тиску K_p на положення границі стійкості гідроприводу. Мінімізація значень K_y та K_p , якщо це не

обмежується іншими міркуваннями (підвищеними вимогами до точності та швидкодії) забезпечує найкращі умови з точки зору забезпечення стійкої роботи гідропривода.

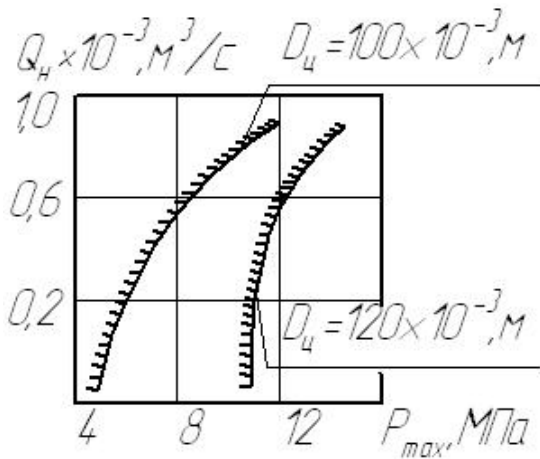


Рис. 3. Вплив параметрів гідропривода $D_{ц}$, $Q_{н}$ та p_{max} на стійкість

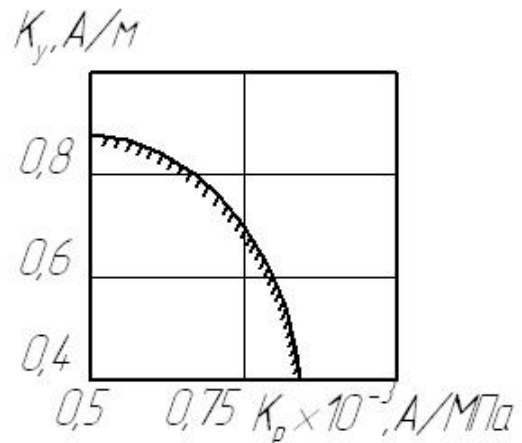


Рис. 4. Вплив коефіцієнтів підсилення зворотних зв'язків по переміщенню K_y та тиску K_p на стійкість гідропривода

На рис. 5 представлено вплив параметрів гідроприводу $D_{ц}$, $Q_{н}$ та p_{max} на коливальність K в гідроприводі. Значення K можуть бути мінімізованими за рахунок вибору менших значень $D_{ц}$ та p_{max} , а також при роботі на потоках наближених до максимального значення Q .

На рис. 6 представлено вплив коефіцієнтів підсилення зворотних зв'язків по переміщенню K_y та по тиску K_p на коливальність. Вплив величини K_y на коливальність незначний. Збільшення величини K_p веде до різкого зростання показника K гідропривода і може бути небезпечним з точки зору надійності та довговічності роботи гідроприводу.

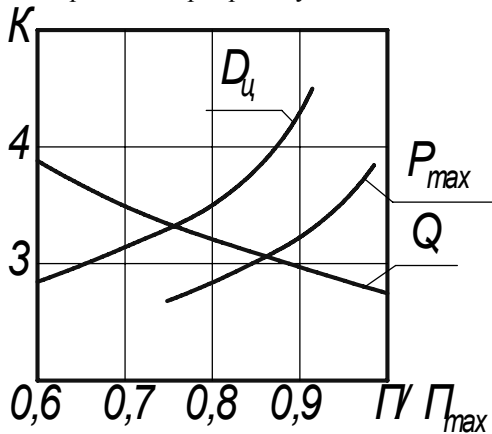


Рис. 5. Вплив параметрів гідропривода $D_{ц}$, $Q_{н}$ та p_{max} на коливальність

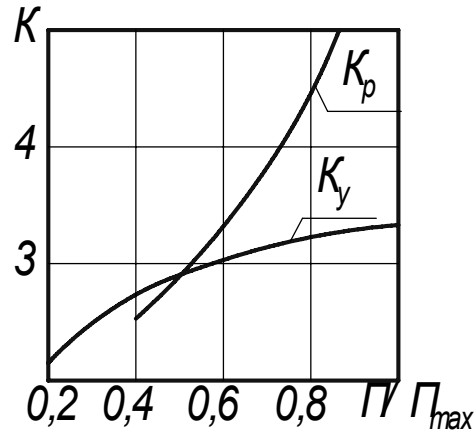


Рис. 6. Вплив коефіцієнтів підсилення зворотних зв'язків по переміщенню K_y та по тиску K_p на коливальність в гідроприводі

На рис. 7 представлено вплив параметрів гідроприводу $D_{ц}$, $Q_{н}$ та p_{max} та коефіцієнтів підсилення зворотних зв'язків по переміщенню K_y та по тиску K_p на величину часу регулювання t_p . Швидкодію гідропривода можна суттєво підвищити за рахунок вибору більших значень $D_{ц}$ та $Q_{н}$. Робота на величинах тиску $p_{н}$, близьких до максимальних, веде до збільшення часу регулювання t_p і відповідно до зменшення швидкодії привода. Коефіцієнт K_y практично не впливає на час регулювання t_p , а підвищення величини K_p суттєво збільшує швидкодію привода.

На рис. 8 представлено вплив параметрів гідроприводу $D_{ц}$, $Q_{н}$ та p_{max} на перегулювання. Мінімізувати величину σ з метою зменшення можливості виникнення браку при обробці заготовок можливо за рахунок вибору більших по діаметру гідроциліндрів, при роботі на менших величинах потоків $Q_{н}$ та менших величинах тиску $p_{н}$ в гідроприводі.

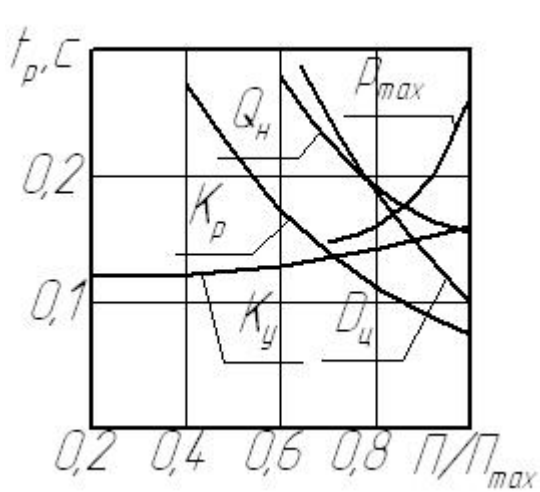


Рис. 7. Вплив параметрів гідропривода D_c , Q_H та P_{max} та коефіцієнтів підсилення зворотних зв'язків по переміщенню K_u та по тиску K_p на час регулювання t_p

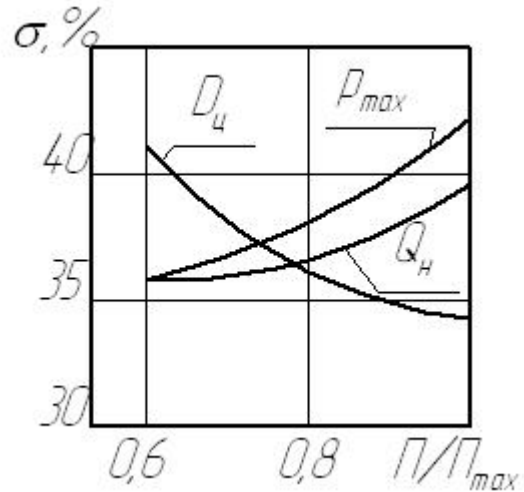


Рис. 8. Вплив параметрів гідропривода D_c , Q_H та P_{max} на перегулювання

Висновки

Розроблено гідравлічну схему преса в якому забезпечується пропорційне управління від вільно-програмованого контролера фірми "FESTO" FC620FST. В гідроприводі використані датчики зворотного з аналоговим виходом по величині переміщення штока гідроциліндра та величині тиску в гідроциліндрі. Гідропривод преса дозволяє формувати необхідний закон зміни зусилля під час деформації заготовки при циклічному навантаженні.

Розроблені рекомендації по проектуванню гідропривода преса з пропорційним керуванням:

1. Слід орієнтуватися на максимальні значення робочого об'єму насоса та діаметра гідроциліндра із діапазону цих параметрів, які забезпечують необхідні швидкості штока гідроциліндра та необхідного зусилля пресування.

2. Для забезпечення стійкості і мінімальної коливальності гідропривода коефіцієнт підсилення зворотного зв'язку по тиску необхідно вибирати мінімальним, а при вимогах підвищеної швидкодії привода коефіцієнт підсилення по тиску повинен збільшуватись до максимальних значень K_p , без втрати стійкості привода.

Література

1. Рыбак А.Т. Математическая модель гидравлического привода прессы циклического действия // Управление. Конкурентоспособность. Автоматизация / Под общ. ред. И.В. Богуславского: Сб. науч. трудов. Вып. 3. – Ростов н/Д: Издательский дом «ИУИ АП», 2003. – С. 27 – 34.
2. Меркле Д., Шрадер Б., Томес М. Гідравліка. – Том 2: Навчальний посібник. – К.: ДП «Фесто», 2002.
3. Черных И.В. SIMULINK среда создания инженерных приложений. – М.: «Диалог-МИФИ», 2004.

Надійшла 12.9.2009 р.

АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНИХ ВТРАТ ТИСКУ В ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКУ ЗА ДОПОМОГОЮ CAD/CAE СИСТЕМ

Представлено елементи конструкції гідророзподільника для гідроприводів, чутливих до навантаження. За допомогою програмного модуля COSMOSFloWorks, що входить в пакет SolidWorks, визначено, що гідророзподільник утворює гідравлічні втрати тиску, зумовлені наявністю місцевих опорів. Знайдені конструктивні параметри гідророзподільника, що найбільше впливають на величину гідравлічних втрат тиску та отримані відповідні залежності, які будуть враховані при проектуванні гідророзподільника.

The elements of construction of directional control valve are represented, for load-sensing hydraulic drives. By the programmatic module COSMOSFloWorks, that is included in the SolidWorks package, it is certain that directional control valve forms the hydraulic losses of pressure, conditioned by the presence of local resistances. Found structural parameters of directional control valve, which most influence on the value of hydraulic losses of pressure and got proper dependences which will be taken into account at planning of directional control valve.

Ключові слова: гідророзподільник, аналіз втрат тиску, CAD/CAE система.

Постановка проблеми. Сучасні гідрофіковані мобільні робочі машини, що випускаються в Україні, значно відстають від зарубіжних аналогів по ряду показників та потребують вдосконалення, зокрема схеми гідроприводу. Підвищити економічність роботи машини та якість виконуваних робіт можна за рахунок використання гідроприводу, чутливого до навантаження [1-3].

На рис. 1 надана схема гідроприводу, чутливого до навантаження, розроблена у ВНТУ [4]. Схема включає насос 1, гідророзподільник 2, гідроциліндр 3, лінію управління 12, робочу лінію 15, лінію зливу 16. До складу гідророзподільника 2 входять запобіжно-переливна секція 4, логічний клапан 17 та гідрозамок двосторонній 18. Запобіжно-переливна секція 4 містить переливний клапан 5 із золотником 6, що має радіальні отвори 13, плунжер 7, пружини 8 та 9, а також запобіжний клапан 10 з пружиною 11.

Гідророзподільник 2 забезпечує роботу гідроприводу в трьох режимах: режимі розвантаження гідронасосу, режимі регулювання та режимі перевантаження. В режимі розвантаження гідронасосу гідророзподільник 2 знаходиться в позиції б, лінія управління 12 зв'язується з баком і надлишковий тиск $P_{Ц}$ при цьому буде рівний нулю, а плунжер 7 під дією пружини 5 переміститься в крайнє праве положення і відкриє радіальні отвори 13, з'єднавши камеру 14 з баком. В камері 14 надлишковий тиск P_d також буде дорівнювати атмосферному. При цьому тиск P_H на виході насоса 1 буде визначатися за формулою:

$$P_H = \frac{4 \cdot c \cdot H}{\pi \cdot d_K^2}, \quad (1)$$

де c – жорсткість пружини, що діє на золотник 6 переливного клапана 5;
 H – величина попереднього стиснення пружини 8;
 d_K – діаметр золотника 6 переливного клапана 5.

Сила пружини 8 вибирається такою, що величина тиску P_H становить 0,2...0,3 МПа. Під тиском P_H весь потік від насоса 1 буде надходити в бак через робоче вікно переливного клапана 5.

В режимі регулювання гідророзподільника 2 переключачється в позицію а або в і в гідролінію 12 надходитиме рідина під тиском $P_{Ц}$, який залежить від величини навантаження T , при цьому плунжер 7 переміститься в крайнє ліве положення та перекриє радіальні отвори 13. Тиск P_d в камері 14 в поточному режимі буде дорівнювати тиску P_H , і рівняння сил, що діють на золотник 6 (без урахування сил тертя та гідродинамічної сили), буде мати вигляд:

$$P_H \cdot \frac{\pi \cdot d_K^2}{4} = P_H \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_K^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_X^2}{4} \right) + P_{Ц} \cdot \frac{\pi \cdot d_X^2}{4} + c \cdot H, \quad (2)$$

звідки:

$$\Delta P_1 = P_H - P_{Ц} = \frac{4 \cdot c \cdot H}{\pi \cdot d_X^2}, \quad (3)$$

де d_X – діаметр хвостовика золотника 6 переливного клапана 5;

ΔP_1 – величина надлишкового перепаду тиску.

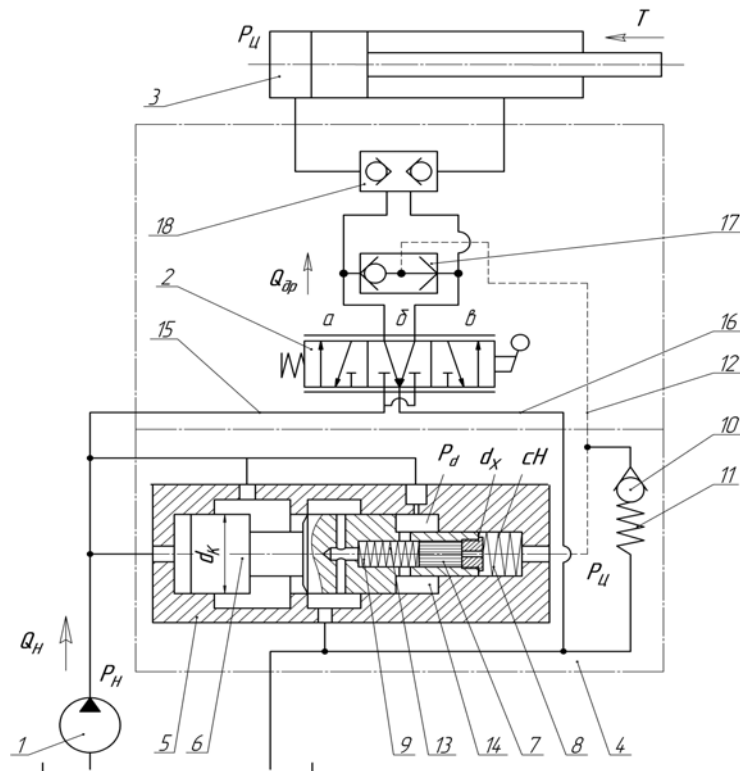


Рис. 1. Схема гідроприводу, чутливого до навантаження

Таким чином підтримується постійна величина надлишкового перепаду тиску ΔP_1 на робочому вікні гідророзподільника 2, що дає змогу, змінюючи величину робочого вікна f_{dp} , змінювати величину потоку Q_{dp} до гідроциліндра 3, а різниця $Q_H - Q_{dp}$ буде від насоса зливатися в бак через робоче вікно переливного клапана 5. Таким чином, ΔP_1 – надлишковий перепад тиску на робочому вікні гідророзподільника 2, що становить 0,7...0,8 МПа. Саме таке значення величини надлишкового перепаду тиску забезпечує у гідроприводі, чутливому до навантаження, у режимі регулювання підвищення гідравлічного ККД до 25 % [4], у порівнянні із відомим аналогом Dinois LSC 50 (Італія), що працює із величиною надлишкового перепаду тиску 2,0 МПа [7].

Постановка завдання. Метою роботи є розробка багатосекційної компактної конструкції гідророзподільника, для гідроприводу, чутливого до навантаження, в якому гідравлічні втрати тиску будуть меншими, за величину надлишкового перепаду тиску $\Delta P_1 = 0,7...0,8$ МПа, при незначних габаритах та масі.

Аналіз останніх досліджень. Гідравлічні втрати тиску у гідророзподільнику залежать від числа місцевих опорів, що утворюються залежно від конструкції гідророзподільника. Задачі моделювання, оцінки та розрахунку течії рідини під тиском у гідророзподільнику можна успішно вирішувати за допомогою сучасних CAD/CAE систем [5]. Однією із провідних програм подібного напрямку є CAD/CAE система SolidWorks, що включає модуль COSMOS FloWorks [6].

Основні результати. Для моделювання та розрахунку гідравлічних втрат тиску у гідророзподільнику була створена його параметрична 3D-модель, що включає запобіжно-переливну секцію, робочу секцію та кришку. Найбільший вплив на величину гідравлічних втрат тиску в гідророзподільнику утворюють такі його конструктивні параметри як: діаметр розподільного золотника D1 (рис. 2, а), діаметр камери, що з'єднує нагнітальну порожнину робочої секції із робочою лінією D2 (рис. 2, а) та кількість робочих секцій L (рис. 2, б).

На рис. 2 представлено моделювання течії рідини під тиском, що проходить у гідророзподільнику при відкритті розподільного золотника для подачі робочої рідини від лінії нагнітання до робочої лінії. Моделювання процесу проводилось в режимі регулювання при величині потоку робочої рідини 100 л/хв., значенні робочого тиску 20 МПа та густині робочої рідини 900 кг/м³. Досліджувані геометричні параметри гідророзподільника розглядалися на інтервалах: D1 = (12..22)·10⁻³ м, D2 = (12..22)·10⁻³ м та L = 1-10 секцій. При визначенні впливу діаметра розподільного золотника D1 на гідравлічні втрати тиску у гідророзподільнику інші конструктивні параметри фіксувалися: D2 = 20·10⁻³ м, L = 1 секція; при визначенні впливу діаметра D2: D1 = 20·10⁻³ м, L = 1 секція; при визначенні впливу кількості робочих секцій L: D1 = 20·10⁻³ м, D2 = 20·10⁻³ м. В результаті проведеного моделювання отримані залежності у вигляді графіка (рис. 3).

З рисунка 3 видно, що зменшення величини діаметра D1 значно збільшує значення гідравлічних

втрат тиску, від $\Delta P = 0,42$ МПа до $\Delta P = 1,08$ МПа, а діаметра D_2 до $\Delta P = 1,39$ МПа, причому слід врахувати, що значення вказаних діаметрів впливає на величини габаритів та маси гідророзподільника. Збільшення кількості робочих секцій від однієї до десяти збільшує втрати тиску від $\Delta P = 0,42$ МПа до $\Delta P = 1,82$ МПа, і лише при $L = 6$ секцій ΔP знаходиться в допустимих межах $0,7..0,8$ МПа.

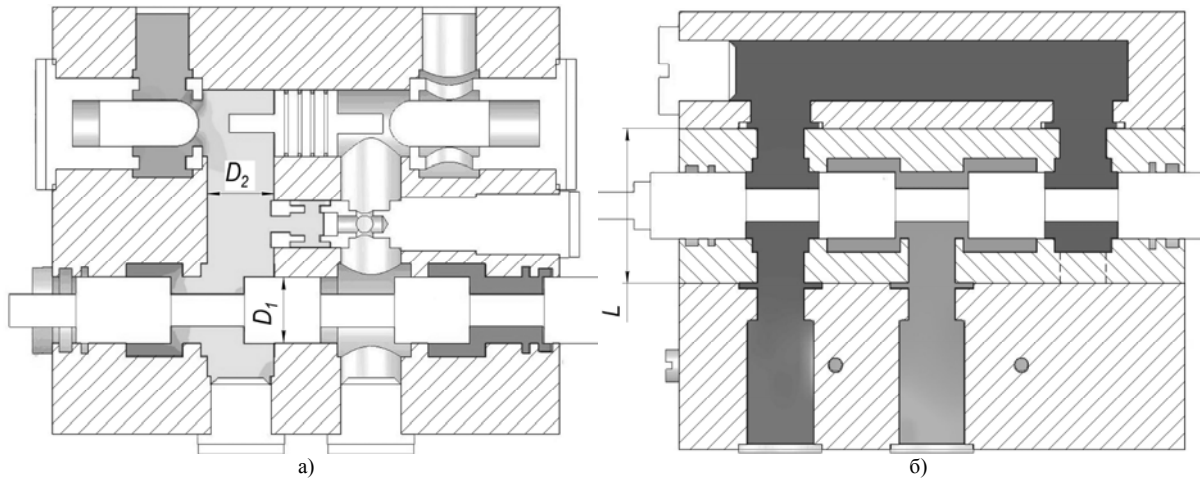


Рис. 2. Моделювання течії рідини під тиском у 3D-моделі гідророзподільника:
а – розріз робочої секції, б – повздовжній розріз гідророзподільника

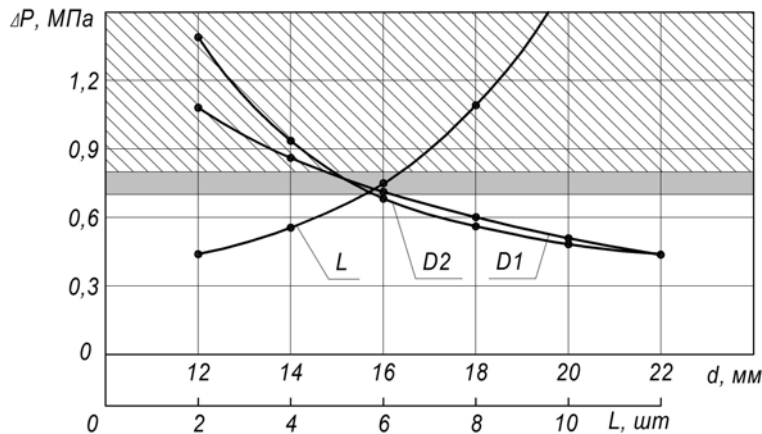


Рис. 3. Вплив геометричних параметрів D_1 та D_2 , а також кількості робочих секцій L на величину гідравлічних втрат тиску ΔP у гідророзподільнику

Враховуючи отримані графіки на рис. 3, задачі розробки багатосекційної компактної конструкції гідророзподільника та правило відповідності величини умовного діаметру D_y до величини потоку робочої рідини (для потоку 100 л/хв $D_y = 20..21 \cdot 10^{-3}$ м) необхідно обрати значення діаметра розподільного золотника $D_1 = 20 \cdot 10^{-3}$ м та діаметра камери, що з'єднує нагнітальну порожнину робочої секції із робочою лінією $D_2 = 20 \cdot 10^{-3}$ м, при яких гідравлічні втрати тиску складають $\Delta P = 0,49$ МПа. Кількість робочих секцій гідророзподільника при сказаних діаметрах D_1 та D_2 слід обрати до 6 секцій, тобто підключення такої самої кількості гідродвигунів, що означає значене розширення функціональних можливостей гідроприводу. При вказаних параметрах гідравлічні втрати тиску в гідророзподільнику не перевищують величину надлишкового перепаду тиску $0,7..0,8$ МПа.

Висновки. В результаті моделювання течії рідини під тиском у гідророзподільнику за допомогою програми COSMOS FloWorks та аналізу отриманих результатів визначено, що для забезпечення мінімізації гідравлічних втрат тиску необхідно обрати діаметр розподільного золотника $D_1 = 20 \cdot 10^{-3}$ м, діаметр камери, що з'єднує нагнітальну порожнину робочої секції із робочою лінією $D_2 = 20 \cdot 10^{-3}$ м та кількість робочих секцій – L гідророзподільника не більше шести.

Література

1. Козлов Л.Г. Вплив параметрів зворотного зв'язку на динамічні характеристики гідропривода з LS-регулюванням / Козлов Л.Г., Петров О.В // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 6. – Т. 2. – С. 90-95.
2. Козлов Л.Г. Вдосконалення систем керування гідроприводів з LS-регулюванням. – Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.03. – Вінниця, 2000. – 20 с.
3. Бондарь В.А. Принципы LS и LUDV в гидросистемах открытого контура // Вісник СумДУ, 2004. – № 12 (58). – С. 41-45.

4. Козлов Л.Г. Дослідження характеристик мультирежимного клапана розподільника для гідроприводів мобільних робочих машин / Козлов Л.Г., Гайдамак О.Л., Петров О.В // Промислова гідраліка і пневматика. – Вінниця: ВДАУ, 2008. – № 1. – С. 85-88.
5. Козлов Л.Г. Використання CAE/CAD комплексу на базі MATLAB-SIMULINK та Компас 3D для проектування гідроапаратури нового покоління / Козлов Л.Г., Петров О.В // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 2. – С. 101-105.
6. Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.: ил.
7. Directional control valves. DC008. Catalogue. Bondioli&Pavesi Dinoil. – P. 122.

Надійшла 24.9.2009 р.

УДК 621.22

Л.Г. КОЗЛОВ, Д.О. ЛОЗІНСЬКИЙ, С.М. ЛОЗОВСЬКИЙ
Вінницький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ CAD– CFD СИСТЕМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ КЕРУВАННЯ НА РЕГУЛЮЮЧОМУ ЕЛЕМЕНТІ ЗВОРОТНОГО КЛАПАНА ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА З ПРОПОРЦІЙНИМ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ КЕРУВАННЯМ

В роботі представлені дослідження сили керування регулюючого елемента зворотного клапана гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням, яка виникає внаслідок складного обтікання його потоком рідини. Дослідження виконані за допомогою програмного модуля COSMOSFloWorks, що входить в пакет SolidWorks.

Дослідження дозволили визначити вплив кута профілю робочої кромки регулюючого елемента та величини тиску на вході у зворотний клапан на значення сили керування. Обґрунтовано вибір значення кута профілю робочої кромки регулюючого елемента при проектуванні гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням.

Ключові слова: зворотний клапан гідророзподільника, дослідження сили керування, пакет SolidWorks.

Постановка проблеми. Аналітичні дослідження робочих процесів в гідророзподільнику з пропорційним електрогідралічним керуванням суттєво ускладнені нелінійним характером сил, які виникають на регулюючих елементах внаслідок взаємодії з потоком рідини та іншими елементами конструкції [1, 2]. Виконання подібних розрахунків займає багато часу, особливо під час багаторазової зміни вхідних даних [3]. Використання спеціалізованих пакетів прикладних програм для проведення подібних досліджень скорочує час виконання аналітичних розрахунків та значно підвищує їх точність [4].

Аналіз останніх досліджень. Значний вклад в теорію дослідження сил, що діють на елементи гідророзподільника за допомогою CAD– CFD систем, внесли д.т.н. Є.Г. Братуга та к.т.н. Р.Г. Акмен. Дослідженням сил керування за допомогою CFD– кодів займається О.В. Кудрявцев, А.П. Скібін та А.В. Шишов.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження сили керування, що діє на регулюючий елемент зворотного клапана від зміни кута профілю його робочої кромки та тиску на вході в зворотний клапан [5].

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити 3D-модель гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням для проведення досліджень.

2. Розрахувати залежності сили керування на регулюючому елементі зворотного клапана гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням від зміни кута профілю робочої кромки регулюючого елемента та тиску на вході в зворотний клапан.

Основні результати. На рис. 1 представлено 3D-модель гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням. Він складається з робочої секції 1 із системою керування 2, досліджуваного керуваного зворотного клапану 3 із регулюючим елементом 9, клапану керування 4, а також кришок 5 та 6.

Для визначення залежності сили керування від форми профілю робочої кромки регулюючого елемента потрібно проаналізувати рух потоку рідини в умовах складного обтікання, а також розподіл тисків всередині гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням.

Для розв'язання поставлених задач використовувався модуль COSMOSFloWorks, що входить у програмний пакет SolidWorks [4].

У порівнянні із іншими CFD пакетами COSMOSFloWorks має принципові переваги:

- задання вихідних даних і перегляд результатів безпосередньо у вікні графічного проектування;

- можливість використання інженером, а не CFD-фахівцем;

- мінімальний час на підготовку вихідних даних і перегляд результатів та ін.

В COSMOSFloWorks при виконанні моделювання враховуються параметри текучого середовища на вхідних і вихідних отворах моделі, масова або об'ємна витрата, профіль швидкості, температура, параметри турбулентності, кавітація, повний або статичний тиск та ін [6].

Рух та теплообмін текучого середовища в COSMOSFloWorks моделюються за допомогою рівнянь Нав'є-Стокса, що описують в нестационарній постановці закони збереження маси, імпульса і енергії цього середовища [6].

На рис. 2 представлена картина розподілу ліній потоку потоку рідини розрахованими в програмному продукті COSMOSFloWorks, що виникають в результаті його взаємодії з регулюючим елементом. Розрахунок ліній потоку дозволив визначити розподіл тиску робочої рідини на поверхні регулюючого елемента.

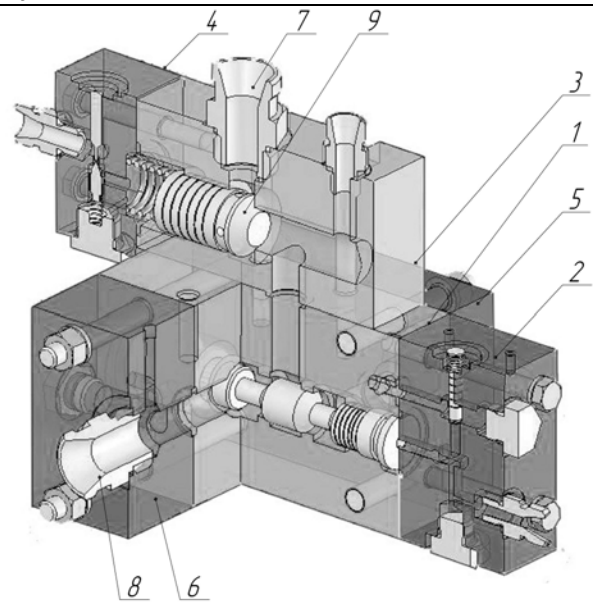


Рис. 1. 3D-модель гідророзподільника з електрогідравлічним пропорційним керуванням

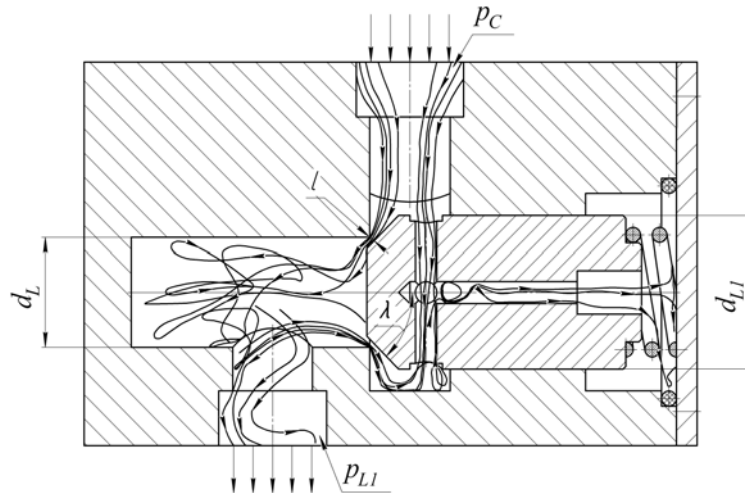


Рис. 2. Картина розподілу ліній потоку рідини, розрахованих в програмному продукті COSMOSFloWorks

Розрахунки виконано при таких значеннях вхідних даних:

Тиск на вході в зворотний клапан (тиск рідини, що поступає із штуцера 7, рис. 1) $p_c = 5$ МПа; тиск на виході зі зворотного клапана $p_{c1} = 0,1$ МПа; діаметр вхідного каналу зворотного клапана (штуцер 8, рис. 1) $d_L = 20 \cdot 10^{-3}$ м; діаметр золотника зворотного клапана $d_{L1} = 28 \cdot 10^{-3}$ м (рис. 3); густина робочої рідини $\rho = 900$ кг/м³; коефіцієнт витрати $\mu = 0,7$; величина зазором між сідлом та кромкою золотника клапана $l = 1 \cdot 10^{-3}$ м.

Сила взаємодії потоку рідини та регулюючого елемента F_Σ визначалась як сума сил діючих на поверхні регулюючого елемента, для цього кожна із поверхонь було умовно розділено на елементарні площини дій сил. (рис. 3)

$$F_\Sigma = \sum_{i=1}^n F_i, \quad (1)$$

де n – кількість поверхонь на які діє сила керування, $n = 2$; F_i – сила взаємодії потоку рідини та регулюючого елемента, що діє на i -ту поверхню регулюючого елемента (в даному випадку на торець та конусну частину регулюючого елемента (рис. 3)).

$$F_i = \sum_{j=1}^{K_i} P_j \cdot \frac{S_i}{K_i}, \quad (2)$$

де P_j – сума тисків, що діють на кожну уявну j -ту точку i -ої поверхні; S_i – площа i -ої поверхні; K_i – кількість j -точок i -ої поверхні, $K_{i_{\min}} = 300$. Кількість j -точок на i -ої поверхні визначалась з співвідношення:

$$\frac{S_i}{K_i} = const, \quad (3)$$

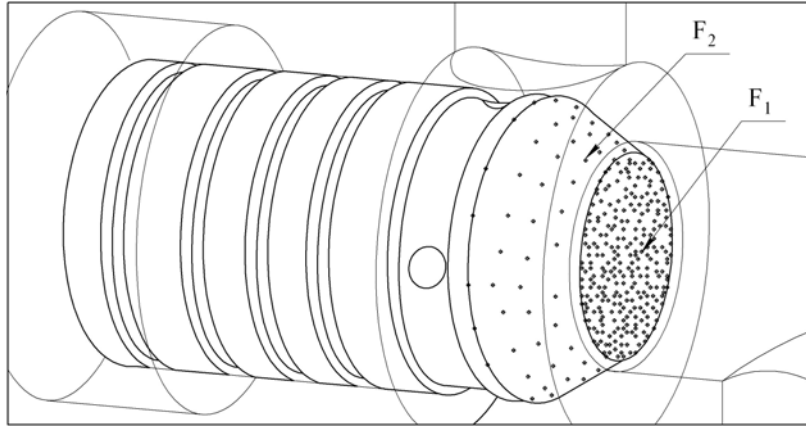


Рис. 3. Розподіл точок на поверхнях регулюючого елемента

На основі проведених досліджень визначено залежність сили керування від форми профіля робочої кромки зворотного клапану гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням та тиску на вході в зворотний клапан (таблиця 1), які дають змогу зробити висновок, що менші значення сили керування досягаються при куті профілю робочої кромки $\lambda = 60^\circ$, більші – при $\lambda = 30^\circ$ та вигнутому профілі робочої кромки.

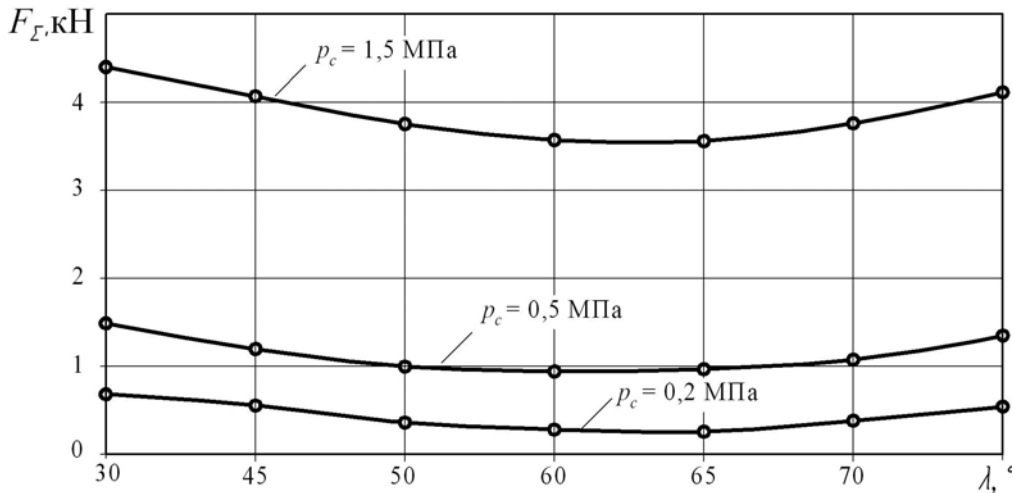


Рис. 4. Графік залежності сили взаємодії F_{Σ} від кута нахилу робочої кромки гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням

Таблиця 1

Залежність сили керування F_3 від форми кромки золотника зворотного клапана та тиску p_c .

Тип профілю кромки золотника	конусний				вигнутий	увігнутий	p_c , МПа
	30°	45°	50°	60°			
Сила керування F_3 , Н	0,8	0,9	0,7	0,65	0,69	0,8	0,2
	1,43	1,12	1,13	1,11	1,15	1,35	0,5
	4,4	4,0	3,65	3,3	3,6	4,1	1,5

На рис. 5 представлена залежність сили керування від кута профілю робочої кромки регулювального елемента гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням. На основі представлених залежностей можна визначити кут нахилу профілю робочої кромки регулюючого елемента, що відповідає мінімальним значенням сили взаємодії.

Висновки

На основі створеної 3D-моделі гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням в програмному модулі COSMOSFloWorks визначено характер руху потоків рідини та розподіл тисків в середині керованого зворотного клапану.

В результаті досліджень визначено силу взаємодії потоку рідини та регулюючого елемента, що діє на рухомі частини гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням, а також встановлено характер залежності сили керування від профілю робочої кромки регулюючого елемента та тиску на вході в зворотний клапан.

Проведені дослідження дозволяють змінювати силу керування, що діє на регулюючому елементі залежно від потреби споживача та режиму гідророзподільника з порпорційним електрогідравлічним керуванням.

Література

1. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода: Справочник. – К.: Техніка, 1977. – 320 с.
2. Данилов Ю.А., Кириловский Ю.Л., Колпаков Ю.Г. Аппаратура объёмных гидроприводов: Рабочие процессы и характеристики. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
3. Смирнов Е.М., Зайцев Д.К. Метод конечных объемов в приложении к задачам гидрогазодинамики и теплообмена в областях сложной геометрии // Научно технические ведомости. – 2004. – 2. – 22 с.
4. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 464 с.
5. Козлов Л.Г., Лозінський Д.О. Моделювання робочих процесів в гідроприводі із клапанно-золотниковим розподільником з пропорційним електрогідравлічним управлінням // Вісник донецького університету, Сер. А: Природничі науки. – 2008. – № 2. – С. 156-161.
6. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.: ил. (Серия «Проектирование»).

Надійшла 8.9.2009 р.

УДК 681.121.04

С.М. РУДАК

Науково-дослідний і проектний інститут ВАТ «Укрнафта»

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФОРМИ ТУРБУЛІЗАТОРА ВИХРОВОГО ВИТРАТОМІРА ГАЗУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНТРОПІЙНИХ ОЦІНОК ШУМІВ ПОТОКУ

Проаналізовано вплив форми та площі турбулізатора на ефективність вимірювання витрати газу шумовим ентропійним перетворювачем.

Influence of form and area of cretor of noises is analyzed on efficiency of measuring of gas expense by a noise entropy transformers.

Ключові слова: витратомір газу, турбулізатор.

Одним з перспективних напрямків вдосконалення витратомірів газу є вимірювання витрати за статистичними характеристиками шумів, зумовлених обтіканням турбулізатора, що дозволяє значно зменшити вплив сторонніх шумів на вимірювальний перетворювач і, як наслідок, підвищити точність пристрою. Проте, як виявилось в ході досліджень, внесення у вимірювальне середовище турбулізатора різних геометричних форм зумовлює зміну характеристик випадкових акустичних коливань не створених зміною витрати. Важливим питанням є вибір такої форми турбулізатора, що забезпечить ефективний розподіл ентропійних значень витрат по всьому діапазону вимірювання.

Для цього проведено ряд експериментальних досліджень, з використанням турбулізаторів різних геометричних форм: циліндричної, трапецієвидної та конусної. Взято пряму ділянку трубопроводу до ентропійного перетворювача 25D. Для максималізації неконтрольованих збурень обрано місцевий опір невизначеного типу, в склад якого увійшли коліна, заглушені трійники і крани. Доцільно зазначити, що місцевий опір складено таким чином, щоб було забезпечено зміну напрямку потоку газу в різних площинах під кутами 45° та 90°. Експериментальні дослідження проведено для витрат вимірювального середовища 1 м³/год, 2 м³/год, 4 м³/год, 6 м³/год, 8 м³/год та 10 м³/год для турбулізаторів циліндричної і конусної форм та 1 м³/год, 2 м³/год, 4 м³/год, 7 м³/год, 9 м³/год, 11 м³/год для турбулізатора трапецієвидної форми у лабораторних умовах на базі стаціонарної дзвонової установки ІВФ «Темпо» (м. Івано-Франківськ), границі основної відносної похибки якої ±0,13 %, в умовах стабілізованої температури вимірюваного середовища 20±0,5°C, робочого тиску 114,0 мм водяного стовпа, робочого середовища – повітря. Схему вимірювання

витрати газу з використанням турбулізатора трапецієвидної форми показано на рис. 1. Площа поперечного перерізу турбулізатора $S \approx 180 \text{ мм}^2$.

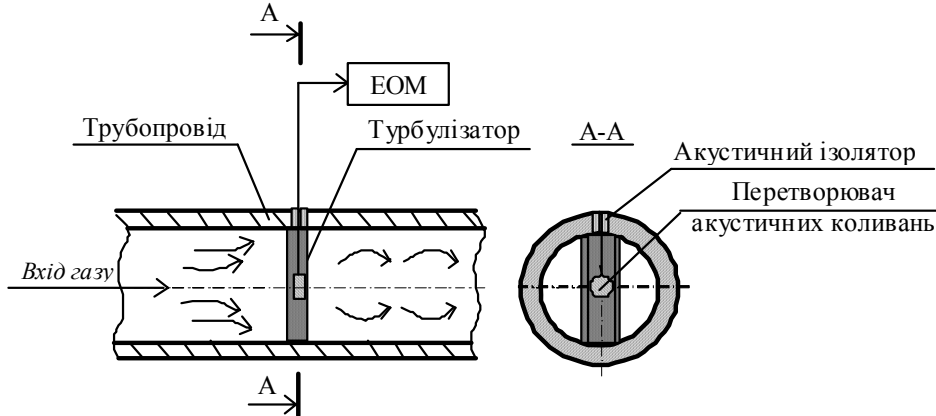


Рис. 1. Схема вимірювання витрати газу з використанням турбулізатора трапецієвидної форми

За схемою вимірювання витрати газу з використанням турбулізатора трапецієвидної форми турбулізатор монтується по всій вертикальній осі трубопроводу. Такий принцип монтажу турбулізатора застосовується у вихрових та вихроакустичних витратомірах [1], проте в даних приладах фіксують частоту пульсацій тиску, яка ідентична частоті вихроутворення і, в цьому випадку, служить мірою витрати газу для вихрових та рідин для вихроакустичних витратомірів.

Схему вимірювання витрати газу з використанням турбулізатора циліндричної форми показано на рис. 2. Площа поперечного перерізу турбулізатора $S \approx 51 \text{ мм}^2$

Схему вимірювання витрати газу з використанням турбулізатора конусної форми показано на рис. 3. Площа поперечного перерізу турбулізатора $S \approx 78,5 \text{ мм}^2$. Вибір форми пояснюється тим, що при контакті середовища з турбулізатором, вихрі (шуми), які утворюються, огинають бокову сторону конуса і максимально зосереджуються в центральній частині трубопроводу після тіла обтікання, де й фіксуються перетворювачем акустичних коливань.

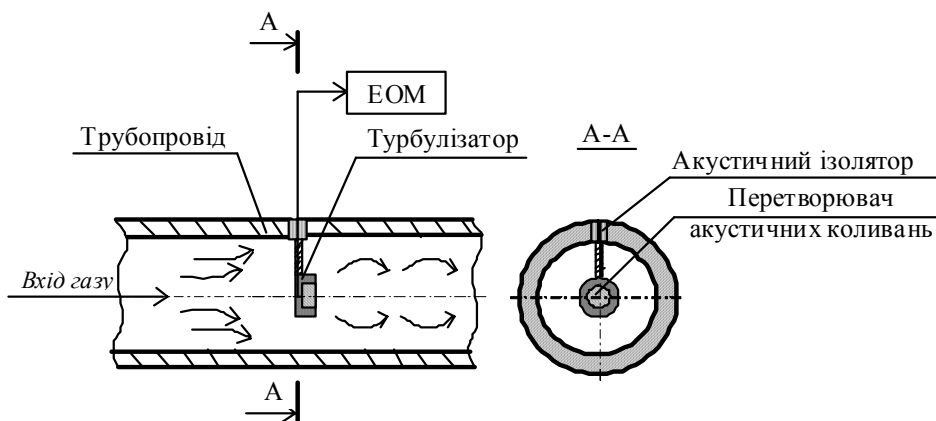


Рис. 2. Схема вимірювання витрати газу з використанням турбулізатора циліндричної форми

В результаті проведення досліджень встановлено, що при вимірюванні малих витрат середовища зі застосуванням турбулізаторів різних геометричних форм не виникає ніяких труднощів. Найбільш проблемною зоною, у відношенні рівномірності розподілу ентропійних характеристик, є зона великих витрат. При використанні турбулізатора циліндричної форми це область $6 - 10 \text{ м}^3/\text{год}$ (показано на рис. 4). Ентропійні криві $8 \text{ м}^3/\text{год}$ та $10 \text{ м}^3/\text{год}$ практично накладаються. Такий розподіл кривих є неприйнятним, так як важко встановити відповідність між витратою та відповідною ентропійною характеристикою. Очевидно, при циліндричній формі турбулізатора не всі завихрення (шуми) сприймаються перетворювачем акустичних коливань, оскільки кут огинання вихрів тіла обтікання є прямим, крім того відстань від бокової стінки до перетворювача надто велика.

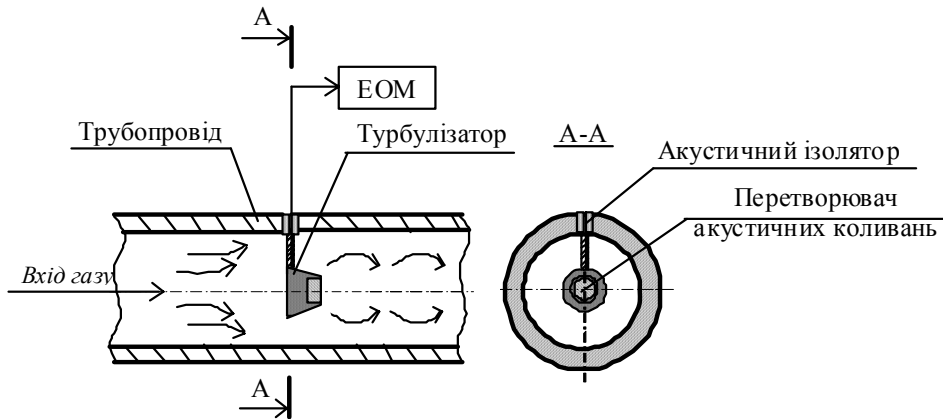


Рис. 3. Схема вимірювання витрати газу з використанням турбулізатора конусної форми

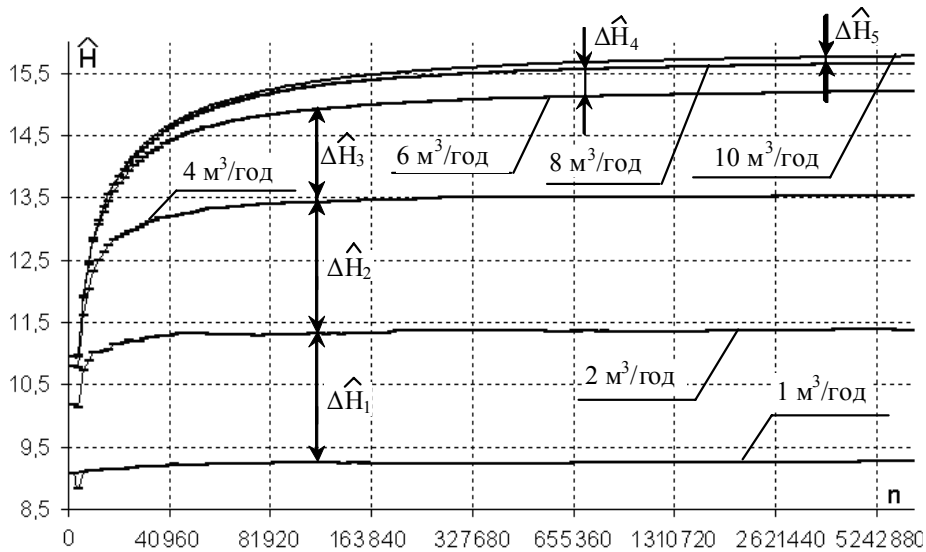


Рис. 4. Ентропійні характеристики \hat{H} шумового перетворювача з використанням турбулізатора циліндричної форми для різних витрат вимірювального середовища

Для уточнення значень різниці витрат доцільно представити дані в вигляді диференційної моделі, яка в даному випадку описується формулою

$$\Delta \hat{H}_i = \hat{H}_i - \hat{H}_{i-1} \quad (1)$$

де $\Delta \hat{H}_i$ – різниця значень ентропійних характеристик величини витрати газових середовищ;

\hat{H}_i – поточне значення ентропійних характеристик величини витрати газових середовищ;

\hat{H}_{i-1} – попереднє значення ентропійних характеристик величини витрати газових середовищ;

Даний вираз характеризує зміну поточного значення відносно попереднього і є різницею сусідніх дискретних відліків.

З врахуванням формули 1 проведено розрахунки різниці значень ентропійних характеристик для турбулізатора циліндричної форми та показано на рис. 5. Як видно з рисунку, зі зменшенням витрати середовища значення $\Delta \hat{H}_i$ зростають, відповідно для малих витрат вони є досить малими, особливо при зменшенні значеннях розмірів вибірок.

З використанням турбулізатора трапецевидної геометричної форми (показано на рис. 5) ентропійні характеристики для відповідних витрат [2] мають дещо кращу розподіленість, в порівнянні з турбулізатором циліндричної форми проте, як уже згадувалось, значні габаритні розміри та розташування по всій поперечній осі протічної частини давача створюють додатковий опір на шляху вимірювального середовища, що призводить до зменшення його швидкості.

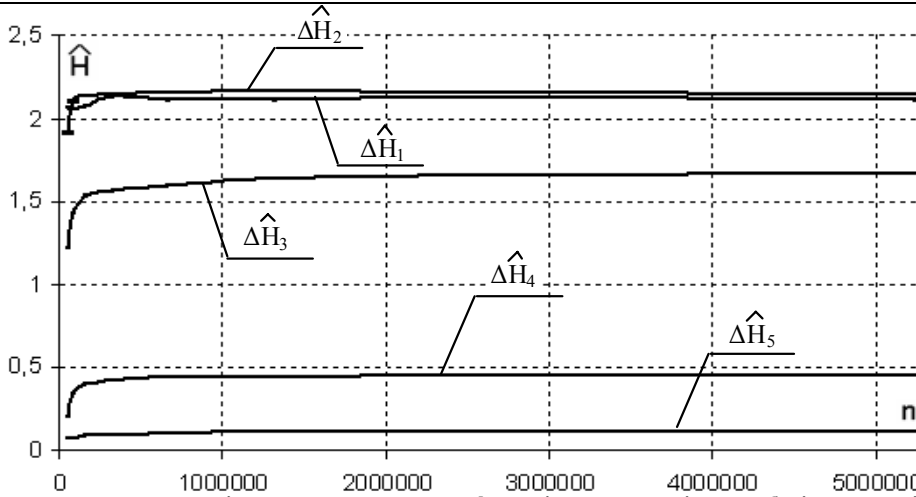


Рис. 5. Графічне представлення ентропійних характеристик у диференційному вигляді для турбулізатора циліндричної форми

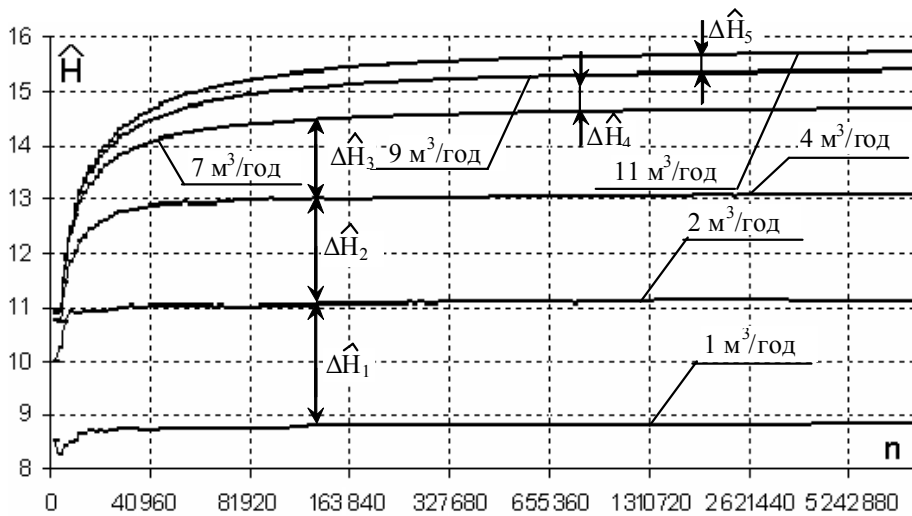


Рис. 6. Ентропійні характеристики \hat{H} шумового перетворювача з використанням турбулізатора трапецевидної форми для різних витрат вимірювального середовища

Графічне представлення ентропійних характеристик у диференційному вигляді показано на рис. 7. Значення $\Delta\hat{H}_5 \approx$ в три рази більшим ніж для турбулізатора циліндричної форми. Зі зростанням розміру вибірки значень $\Delta\hat{H}_n$ зростають і починаючи з 655360 відліків стабілізуються.

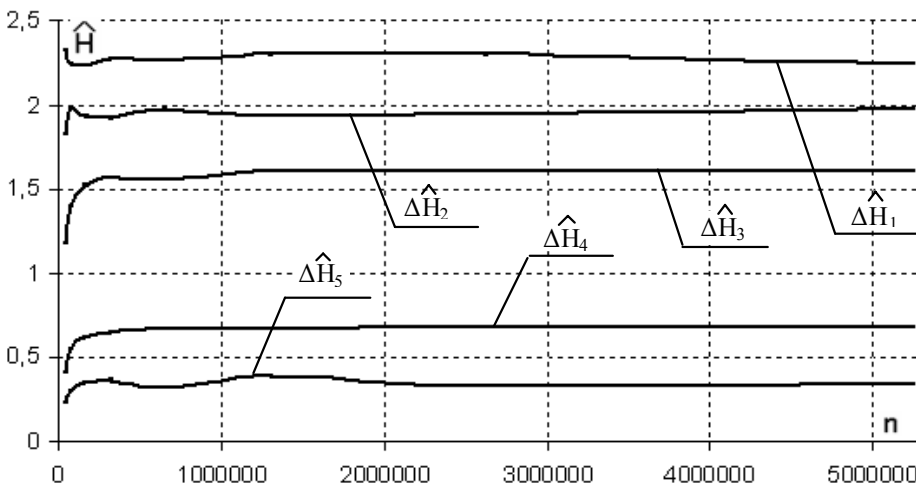


Рис. 7. Графічне представлення ентропійних характеристик у диференційному вигляді для турбулізатора циліндричної форми

Як показали результати проведених досліджень, найбільш прийнятним в даному відношенні є використання турбулізатора конусної форми. Про це свідчить розподіленість ентропійних значень (показано на рис. 6), особливо вирішується проблема чіткого вирізнення ентропійних характеристик для великих

витрат вимірювального середовища: 8 – 10 м³/год. Крім того, даний турбулізатор має відносно невелику площу поперечного перерізу, що не створює додаткового опору на шляху вимірювального середовища.

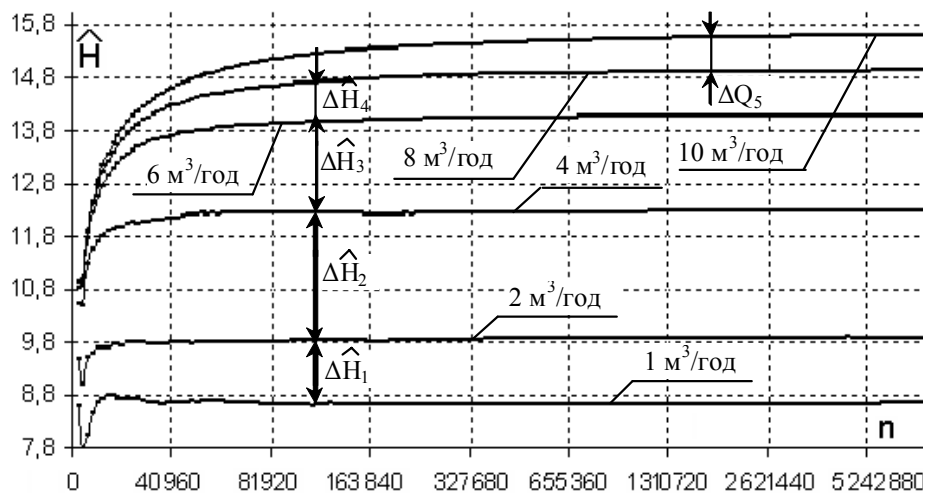


Рис. 8. Ентропійні характеристики \hat{H} шумового перетворювача з використанням турбулізатора конусної форми для різних витрат вимірювального середовища

Після представлення значень витрат у диференційному вигляді, уточнені результати розрахунків показано на рис. 9. Як підтвердили розрахунки, найменше значення різниці ентропійних значень витрат вимірювального середовища для розміру вибірки 40960 відліків становить 0,3311, а це найбільше значення в порівнянні з турбулізаторами інших геометричних розмірів.

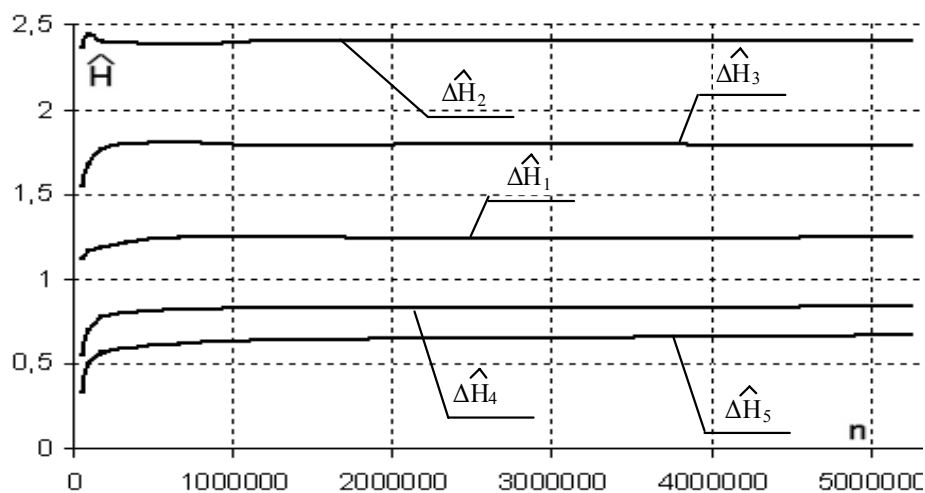


Рис. 9. Графічне представлення ентропійних характеристик у диференційному вигляді для турбулізатора: а) циліндричної форми, б) трапецевидної форми, в) конусної форми

Візуальна оцінка гістограм розподілу значень випадкового процесу утворення шумів (показано на рис. 10) вказує на те, що процес близький до нормального закону розподілу [3], максимумні величини ентропійних значень досягаються для малих витрат, проте зі зміною форми турбулізатора від циліндричної до конусної, відповідність нормальному закону розподілу зменшується. Для великих витрат вимірювального середовища візуальна оцінка гістограм наближується до рівномірного закону розподілу. Тому для підтвердження чи заперечення тверджень проведено точну оцінку відповідності даним законам розподілу за допомогою критерію χ^2 . Використання цього критерію ґрунтується на застосуванні такої міри (статистики) розходження між теоретичним і емпіричним розподілом, яка наближено відповідає закону розподілу χ^2 [3, 4, 5].

Число амплітудних інтервалів складає $J = 14$. Число ступенів свободи r в цьому випадку дорівнює J мінус число різних незалежних лінійних обмежень, що накладені на спостереження. Існує одне таке обмеження, пов'язане з тим, що частота в останньому інтервалі групування повністю визначається частотами всіх інших інтервалів. Крім того, для підбору теоретичної нормальної густини імовірності проведено оцінку двох параметрів: середнього квадратичного відхилення і дисперсії.

Отже, при числі ступенів свободи $n = J - 3 = 14 - 3 = 11$ і рівні значимості $P = 0,95$, $\alpha = 1 - P = 0,05$ значення $\chi^2(11; 0,05) = 4,575$.

Розрахункові значення χ^2 отримані для різних витрат та форм турбулізатора показано в табл. 1.

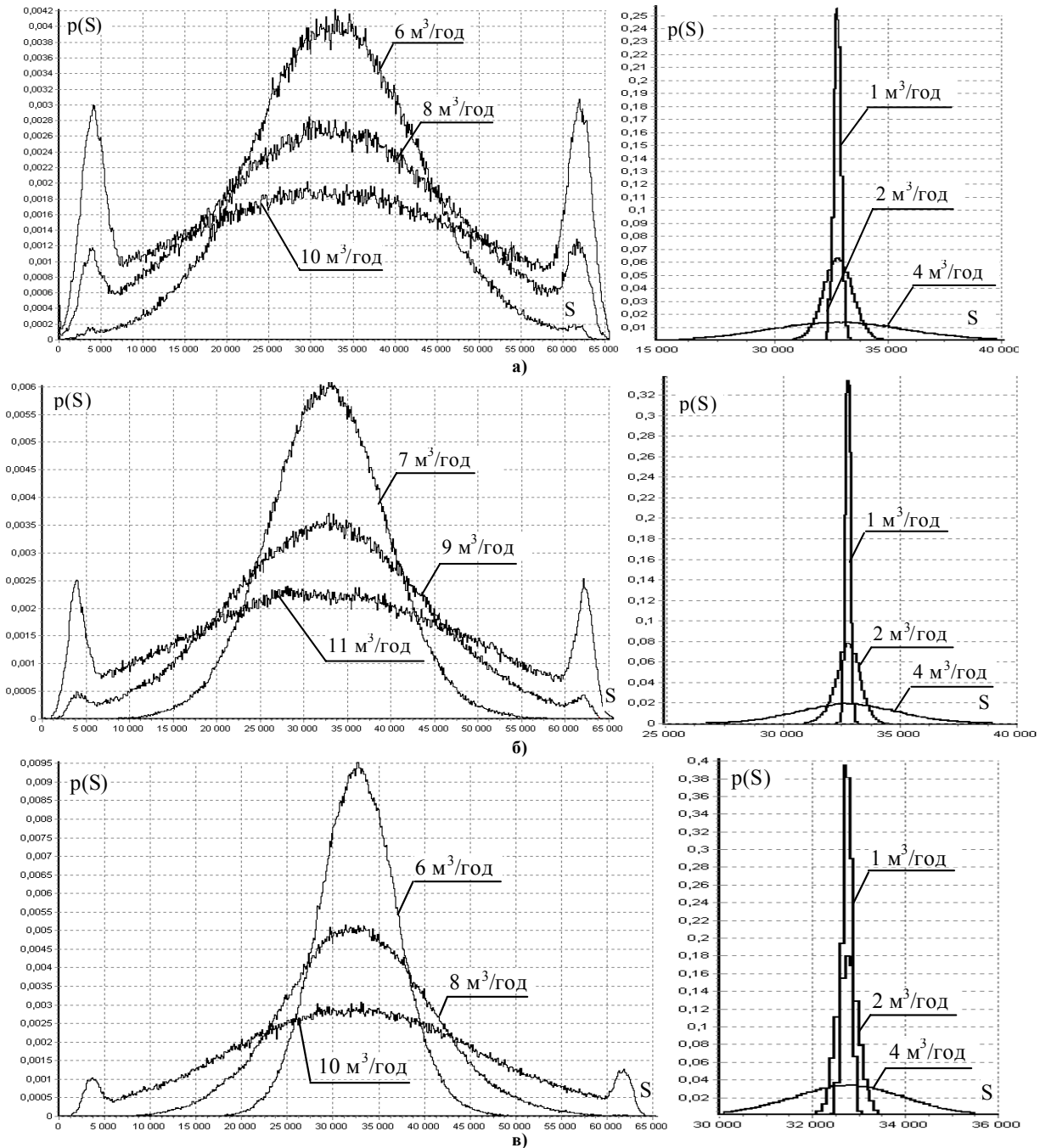


Рис. 10. Графіки функцій експериментальної густини імовірності інформаційного сигналу відповідних витрат для турбулізатора: а) циліндричної форми; б) трапецевидної форми; в) конусної форми

Таблиця 1

Розрахункові значення χ^2 відповідності нормальному закону розподілу для різних значень витрат та форм турбулізатора

Витрата Q, м ³ /год	Значення критерію χ^2
Турбулізатор циліндричної форми	
6	1,8712
8	3,7487
10	5,08
Турбулізатор трапецевидної форми	
7	0,1307
9	2,5294
11	4,3979
Турбулізатор конусної форми	
6	0,1307
8	0,1307
10	3,4268

Отримані значення $\chi^2 < \chi^2(11; 0,05)$, крім витрати 10 м³/год турбулізатора циліндричної форми. Гіпотеза про те, що інформаційний сигнал в досліджуваному діапазоні витрат для турбулізаторів трапецієвидної та конусної форм відповідає нормальному закону розподілу приймається з рівнем значимості 0,95. Для турбулізатора конусної форми значення критерію χ^2 є найменшими, особливо для 6, 8 м³/год, а це означає, що ймовірність одержати 0,1307 і більше складає 0,9879 (розходження між теоретичним та емпіричним розподілом надто мале), так як

$$P\{\chi^2_{11} \geq 0,1307\} = p = 0,9879 \quad (1)$$

Проведемо оцінку відповідності рівномірному закону розподілу за допомогою критерію χ^2 .

Розрахункові значення χ^2 отримані для різних витрат та форм турбулізатора показано в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахункові значення χ^2 відповідності рівномірному закону розподілу для різних значень витрат та форм турбулізатора

Витрата Q, м ³ /год	Значення критерію χ^2
Турбулізатор циліндричної форми	
6	5,04
8	5,46
10	6,2
Турбулізатор трапецієвидної форми	
7	5,02
9	5,1
11	5,7
Турбулізатор конусної форми	
6	5,02
8	5,02
10	5,33

Отримані значення $\chi^2 > \chi^2(11; 0,05)$, а це означає, що гіпотезу про рівномірність розподілу випадкових значень для даних витрат та різних форм турбулізаторів відхиляємо.

Як підтвердили результати досліджень, реалізація шумового ентропійного перетворювача витрати газу з використанням турбулізаторів різних геометричних форм суттєво впливає на точність вимірювання. Чітке розмежування ентропійних характеристик шумів відповідних витрат по всьому діапазоні вимірювання досягається турбулізатором конусної форми. Найменш ефективним серед розглянутих варіантів є турбулізатор циліндричної форми, недоліком турбулізатора у формі трапеції є створення додаткових перешкод на шляху потоку газу і неможливість оцінювання шумів у пристінній зоні. Крім того, процес вимірювання витрати газових середовищ з використанням турбулізатора конусної форми з найбільшою ймовірністю відповідає нормальному закону розподілу випадкових величин, відповідність якому виконано за допомогою критерію χ^2 , а це означає, що розходження між теоретичним та емпіричним розподілом практично не існує. Отримані результати досліджень мають практичне значення і є підґрунтям для подальших робіт в розглянутому напрямку.

Література

1. Кремльовський П. П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1989. – 361 с.
2. Рудак С.М. Дослідження впливу місцевих опорів та довжини прямих ділянок трубопроводів на метрологічні характеристики шумових витратомірів // Зб. тез доповідей 15 Міжнародної конференції з автоматичного управління. Доповнення 2. – Одеса.: ОНМА. – 2008. – С. 17-19.
3. Дубинин-Бараковский И. В., Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математической статистики в технике: – М: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 556 с.
4. Пашкевич О. П. Динамічне оцінювання статистичних характеристик шумів газового потоку для вимірювання витрати. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Львів, Державний університет “Львівська політехніка”, 2006.
5. Бурдун Г. Д., Марков Б. Н. Основы метрологии: – М: Издательство стандартов, 1975. – 335 с.

Надійшла 5.9.2009 р.

УДК 681.3+519.6

О.А. ПАСТУХ

Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя

КВАНТОВІ НЕЧІТКІ МНОЖИНИ ДРУГОГО РОДУ

Розглянуто уточнення означення поняття квантової нечіткої множини вперше введеного автором у його роботі [1], що розглядалося також в його роботах [2, 3] і уточнювалося автором в його роботі [4].

Вперше введено поняття: квантова нечітка множина другого роду, нормована квантова нечітка множина другого роду, дискретна квантова нечітка множина другого роду, континуальна квантова нечітка множина другого роду, дискретна нормована квантова нечітка множина другого роду, континуальна нормована квантова нечітка множина другого роду, квантова нечітка множина другого роду з дискретною областю значення, квантова нечітка множина другого роду з неперервною областю значення, квантова нечітка множина другого роду з дійсною нечітко-числовою областю значення, квантова нечітка множина другого роду з комплексною нечітко-числовою областю значення, квантова нечітка множина другого роду з дійсною нечіткою двійково-числовою областю значення.

Ключові слова: квантові нечіткі множини другого роду.

Вступ. Останнім часом все більшого поширення в прикладних застосуваннях набувають нечіткі інформаційні системи (f -системи), математичний формалізм функціонування яких ґрунтується на нечітких множинах другого (або загалом N -го) роду. До них належать, наприклад, інформаційно-пошукові системи, що опрацьовують лінгвістичні дані, експертні системи та ін. Основною і принциповою їх відмінністю від f -систем, математичний формалізм функціонування яких ґрунтується на нечітких множинах (нечітких множинах першого роду) є те, що нечіткі множини другого роду, які вони використовують можуть мати індикаторні функції, областю значень яких може бути множина значень тієї чи іншої лінгвістичної змінної, випадкові елементи (як узагальнення випадкової величини) та ін., тобто нечіткі множини першого роду. Перевага їх полягає в тому, що вони більш адаптовані до мислення людини, яка розмірковує словами при оцінюванні значень індикаторної функції, що спричиняє труднощі при представленні оцінки числом.

Основою математичного формалізму, який дає можливість економити обчислювальні ресурси при заміні функціонування f -систем функціонуванням квантових інформаційних систем (q -систем) є такий математичний об'єкт, як квантова нечітка множина, означення якої було вперше введено автором у його роботі [1], розглядалося ним також у його роботах [2, 3] і уточнювалося ним у роботі [4]. Однак, воно не може у повній мірі бути основою математичного формалізму при описі реалізації функціонування f -систем, що використовують нечіткі множини другого роду на базі q -систем. Очевидно, що в такому випадку є потреба вводити нові математичні об'єкти, а точніше розширювати поняття математичного об'єкта – квантова нечітка множина. І на цій основі збагачувати математичне забезпечення q -систем.

Огляд існуючих відомостей. Загалом математичному забезпеченню окремо роботи f -систем та q -систем присвячена велика кількість літературних джерел, наприклад [5-9], однак, зв'язку між математичними забезпеченнями f -систем та q -систем присвячено не так вже і багато робіт. В даному випадку слушно навести роботи автора [1-4], які ґрунтуються на вперше введеному автором понятті – квантовій нечіткій множині.

Мета. Розглянути основу математичного забезпечення, яке дає можливість замінити функціонування f -систем, що використовують у своїй роботі нечіткі множини другого роду, функціонуванням q -систем на базі розширення поняття квантової нечіткої множини.

Постановка завдання. Уточнити означення поняття квантової нечіткої множини і на цій основі розглянути її узагальнення у вигляді квантової нечіткої множини другого роду та часткових понять квантової нечіткої множини другого роду.

Основна частина. Основа математичного забезпечення f -систем ґрунтується на нечітких множинах. Основа математичного забезпечення f -систем, що використовують у своєму функціонуванні математичні моделі, які базуються на нечітких множинах з нечітко значними індикаторними функціями ґрунтується на розширенні поняття нечіткої множини, а саме на нечітких множинах другого роду.

Очевидною є логічна паралель. Якщо основа математичного забезпечення q -систем, які дають можливість реалізувати роботу f -систем на базі квантового процесора, ґрунтується на квантових нечітких множинах, то основа математичного забезпечення q -систем, які давали б можливість реалізувати роботу

f -систем, що опрацьовують нечіткі дані другого роду, на базі квантового процесора, повинна ґрунтуватися на розширенні поняття квантової нечіткої множини, а саме на квантових нечітких множинах другого роду.

Спершу розглянемо уточнення поняття квантової нечіткої множини, яке належить автору даної статті.

ОЗНАЧЕННЯ 1. Квантовою нечіткою множиною (*quantum fuzzy set*) $q_I fA = qfA$ універсуму U називається сукупність пар

$$\left\{ (u, I_{qfA}(u)): I_{qfA}(u) = |\psi_{qfA}(u)\rangle, u \in U, qfA \subset U \right\}, I_{qfA}(u) = |\psi_{qfA}(u)\rangle: U \rightarrow \mathbf{C} = \langle \tilde{C}, \Omega_{\tilde{C}} \rangle,$$

де $\mathbf{C} = \langle \tilde{C}, \Omega_{\tilde{C}} \rangle$ – комплексна мультиплікативна абелева (комутативна) група з нулем, $\tilde{C} = \{z: |z| \leq 1, z \in C\}$ – носій, C – множина комплексних чисел, $\Omega_{\tilde{C}} = \{\bullet, *\}$ – сигнатура, що містить бінарну операцію множення та унарну операцію комплексного спряження.

ОЗНАЧЕННЯ 2. Нормованою квантовою нечіткою множиною $q_I fA = qfA$ універсуму U називається сукупність пар

$$\left\{ (u, I_{qfA}(u)): I_{qfA}(u) = |\psi_{qfA}(u)\rangle, u \in U, qfA \subset U \right\}, I_{qfA}(u) = |\psi_{qfA}(u)\rangle: U \rightarrow \mathbf{C} = \langle \tilde{C}, \Omega_{\tilde{C}} \rangle,$$

де $\mathbf{C} = \langle \tilde{C}, \Omega_{\tilde{C}} \rangle$ – комплексна мультиплікативна абелева (комутативна) група з нулем, $\tilde{C} = \{z: |z| \leq 1, z \in C\}$ – носій, C – множина комплексних чисел, $\Omega_{\tilde{C}} = \{\bullet, *\}$ – сигнатура, що містить

бінарну операцію множення та унарну операцію комплексного спряження; $\| |I_{qfA}(u)| \|_{L_2(U)} = 1$.

Надалі під квантовою нечіткою множиною розуміється нормована квантова нечітка множина.

ОЗНАЧЕННЯ 3. Квантовою нечіткою множиною другого роду $q_{II} fA$ універсуму U називається сукупність пар

$$\left\{ (u, I_{q_{II} fA}(u)): u \in U, I_{q_{II} fA}(u): U \rightarrow \{I_{qfA}(v)\} = \{|\psi_{qfA}(v)\rangle\}, qfA \subset V, v \in V \right\},$$

де $\{I_{qfA}(v)\} = \{|\psi_{qfA}(v)\rangle\}$ – множина індикаторних функцій квантових нечітких множин qfA універсуму V .

Залежно від універсуму U можна ввести різновиди квантових нечітких множин другого роду.

ОЗНАЧЕННЯ 4. Квантова нечітка множина другого роду $q_{II} fA$ універсуму U називається дискретною квантовою нечіткою множиною другого роду, коли універсум U є скінченною, або зліченою множиною.

ОЗНАЧЕННЯ 5. Квантова нечітка множина другого роду $q_{II} fA$ універсуму U називається континуальною квантовою нечіткою множиною другого роду, коли універсум U є континуальною множиною.

Оскільки, практично у квантовому реєстрі q -процесора можуть реалізуватися лише нормовані квантові нечіткі множини, то враховуючи означення 3, можна прийти до введення нормованих квантових нечітких множин другого роду.

ОЗНАЧЕННЯ 6. Нормованою квантовою нечіткою множиною другого роду $q_{II} fA$ універсуму U називається сукупність пар

$$\left\{ (u, I_{q_{II} fA}(u)): u \in U, I_{q_{II} fA}(u): U \rightarrow \{I_{qfA}(v)\} = \{|\psi_{qfA}(v)\rangle\}, qfA \subset V, v \in V \right\},$$

де $\{I_{qfA}(v)\} = \{|\psi_{qfA}(v)\rangle\}$ – множина індикаторних функцій нормованих квантових нечітких множин qfA універсуму V , тобто $\forall qfA$ з універсуму V ;

$$\| |I_{qfA}(v)| \|_{L_2(V)} = 1.$$

Аналогічно до означень 4 та 5 можна ввести наступні математичні об'єкти.

ОЗНАЧЕННЯ 7. Нормована квантова нечітка множина другого роду $q_{II} fA$ універсуму U називається дискретною нормованою квантовою нечіткою множиною другого роду, коли універсум U є скінченною, або зліченою множиною.

ОЗНАЧЕННЯ 8. Нормована квантова нечітка множина другого роду $q_{II} fA$ універсуму U називається континуальною нормованою квантовою нечіткою множиною другого роду, коли універсум U є континуальною множиною.

Загалом, далі йтиме мова про нормовані квантові нечіткі множини другого роду.

Очевидним є інтерес розгляду випадку, коли у квантових нечітких множинах другого роду носій V області значення індикаторної функції є дискретним (чи зліченим), або неперервним. В такому разі можна прийти до розгляду частинного виду квантових нечітких множин другого роду, визначення яких наведено у означенні 3. А саме:

ОЗНАЧЕННЯ 9. Квантовою нечіткою множиною другого роду $q_{II}fA$ універсуму U з дискретною областю значення називається сукупність пар

$$\left\{ \left(u, I_{q_{II}fA}(u) \right): u \in U, I_{q_{II}fA}(u): U \xrightarrow{\text{def}} \{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}, qfA \subset V, v \in V \right\},$$

де $\{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}$ – множина індикаторних функцій дискретних квантових нечітких множин qfA дискретного або зліченного універсуму V .

ОЗНАЧЕННЯ 10. Квантовою нечіткою множиною другого роду $q_{II}fA$ універсуму U з неперервною областю значення називається сукупність пар

$$\left\{ \left(u, I_{q_{II}fA}(u) \right): u \in U, I_{q_{II}fA}(u): U \xrightarrow{\text{def}} \{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}, qfA \subset V, v \in V \right\},$$

де $\{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}$ – множина індикаторних функцій неперервних квантових нечітких множин qfA неперервного універсуму V .

Серед великої кількості можливих частинних видів квантових нечітких множин другого роду у даній роботі вводяться і розглядаються квантові нечіткі множини другого роду з дійсною нечітко-числовою областю значення.

ОЗНАЧЕННЯ 11. Квантовою нечіткою множиною другого роду $q_{II}fA$ універсуму U з дійсною нечітко-числовою областю значення називається сукупність пар

$$\left\{ \left(u, I_{q_{II}fA}(u) \right): u \in U, I_{q_{II}fA}(u): U \xrightarrow{\text{def}} \{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}, qfA \subset V \subseteq \mathbf{R}, v \in V \subseteq \mathbf{R} \right\},$$

де $\{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}$ – множина індикаторних функцій дійсних квантових нечітких чисел qfA універсуму $V \subseteq \mathbf{R}$.

Очевидно при розгляді дискретних та неперервних дійсних квантових нечітких чисел в означенні 11, як логічний наслідок з нього випливають частинні означення – це квантові нечіткі множини другого роду з дійсною дискретною нечітко-числовою областю значення та квантові нечіткі множини другого роду з дійсною неперервною нечітко-числовою областю значення, очевидність яких є простою для розуміння і тому не наводиться у роботі.

Як узагальнення до деякої міри квантових нечітких множин другого роду з дійсною нечітко-числовою областю значення є розгляд квантових нечітких множин другого роду з комплексною нечітко-числовою областю значення.

ОЗНАЧЕННЯ 12. Квантовою нечіткою множиною другого роду $q_{II}fA$ універсуму U з комплексною нечітко-числовою областю значення називається сукупність пар

$$\left\{ \left(u, I_{q_{II}fA}(u) \right): u \in U, I_{q_{II}fA}(u): U \xrightarrow{\text{def}} \{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}, qfA \subset V \subseteq \mathbf{C}, v \in V \subseteq \mathbf{C} \right\},$$

де $\{ I_{qfA}(v) \} = \{ |\psi_{qfA}(v)| \}$ – множина індикаторних функцій комплексних квантових нечітких чисел qfA універсуму $V \subseteq \mathbf{C}$.

Аналогічно, як випливають логічні означення з означення 11, при розгляді дискретних та неперервних комплексних квантових нечітких чисел в означенні 12, як логічний наслідок з нього випливають частинні означення – це квантові нечіткі множини другого роду з комплексною дискретною нечітко-числовою областю значення та квантові нечіткі множини другого роду з комплексною неперервною нечітко-числовою областю значення, очевидність яких є простою для розуміння і тому не наводиться у роботі.

Серед всієї сукупності різновидів наведених означень квантових нечітких множин другого роду прямій технічній реалізації підлягають квантові нечіткі множини другого роду з дійсною двійковою числовою областю значення.

ОЗНАЧЕННЯ 13. Квантовою нечіткою множиною другого роду з дійсною нечіткою двійково-числовою областю значення називається значення якої є нечіткі двійкові числа.

Висновки. 1) Уточнено означення поняття квантової нечіткої множини. 2) Введено поняття: квантова нечітка множина другого роду, нормована квантова нечітка множина другого роду, дискретна квантова нечітка множина другого роду, континуальна квантова нечітка множина другого роду, дискретна нормована квантова нечітка множина другого роду, континуальна нормована квантова нечітка множина другого роду, квантова нечітка множина другого роду з дискретною областю значення, квантова нечітка

множина другого роду з неперервною областю значення, квантова нечітка множина другого роду з дійсною нечітко-числовою областю значення, квантова нечітка множина другого роду з комплексною нечітко-числовою областю значення, квантова нечітка множина другого роду з дійсною нечіткою двійково-числовою областю значення.

Введені поняття формують основу математичного забезпечення, яка дає можливість замінити функціонування f -систем, що використовують у своїй роботі нечіткі множини другого роду, функціонуванням q -систем.

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.
5. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / Рыжов А.П. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 81 с.
6. Мациевский С.В. Нечеткие множества: Учебное пособие / Мациевский С.В. – Калининград: Изд-во КГУ, 2004. – 176 с.
7. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления / Ожигов Ю.И.: Учебно-методическое пособие. – М.: МГУ, 2003. – 104 с.
8. Китаев А. Классические и квантовые вычисления / Китаев А., Шень А., Вялый М. – М.: МПНМО, ЧеРо, 1999. – 192 с.
9. Нейман И. Математические основы квантовой механики / И.Нейман // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. – 2001. – Т.2. – № 1. – С. 38-42.

Надійшла 20.9.2009 р.

УДК 621.3

О.О. СЕМЕНОВА, А.О. СЕМЕНОВ, О.О. ВОЙЦЕХОВСЬКА
Вінницький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФАЗИ-ЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

У статті розроблені математичні моделі частотно-імпульсних, широтно-імпульсних і фазо-імпульсних елементів, які реалізують фазі-логічні операції доповнення, мінімуму, максимуму. Описано функціонування елементів фазі-логіки. Наведено часові діаграми роботи широтно-імпульсних елементів фазі-логіки.

In the article mathematical models of pulse-frequency, pulse-width, and pulse-phase elements, which implement fuzzy-logical operations of complement, minimum, and maximum. Operating of the fuzzy-logic elements is described. Time diagrams of pulse-width elements operation are illustrated.

Ключові слова: фазі-логічні елементи, математичні моделі.

Вступ

Застосування у системах автоматичного керування спеціалізованих пристроїв на основі фазі-логіки – фазі-контролерів – дозволяє підвищити точність, гнучкість та надійність керування. Складовою частиною таких пристроїв є елементи, які реалізують функції фазі-логіки. Важливим етапом синтезу елементів фазі-логіки є розроблення їх математичних моделей. Тому, для ефективного синтезу високоточних елементів фазі-логіки необхідно розробити математичні моделі елементів, які реалізують основні операції фазі-логіки.

Синтезу елементів фазі-логіки присвячені праці [1-4]. Математичні моделі елементів фазі-логіки розроблено у [3-5], але тут не враховується вид інформаційного сигналу.

У зв'язку з цим, метою даної роботи є підвищення ефективності проектування елементів фазі-логіки. Для досягнення мети необхідно розв'язати таку задачу – розробити математичні моделі елементів фазі-логіки з частотно-імпульсними, широтно-імпульсними та фазі-імпульсними інформаційними сигналами.

Імпульсне кодування фазі-величин

На попередньому етапі розробки елементів, які функціонують за правилами фазі-логіки, необхідно

спочатку визначити спосіб представлення фазі-величин за допомогою параметрів сигналів таких пристроїв. Оскільки надалі будуть розроблятися елементи, сигнали у яких є імпульсними, потрібно визначити спосіб кодування фазі-величин параметрами імпульсно-модульованих сигналів. У даному випадку імпульсними називаються частотно-, широтно- і фазо-імпульсні сигнали. Авторами розроблено методи імпульсного кодування фазі-величин μ . Їх наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Імпульсне кодування фазі-величин

Тип кодування	фазі-логічний нуль	фазі-логічна одиниці	допоміжна величина	додаткові умови	кодування фазі-величини
Частотно-імпульсне	f_α	f_β	f_γ	$f_\beta > f_\alpha$, $f_\gamma = f_\beta - f_\alpha$	$f_\mu = f_\alpha + \mu \cdot f_\gamma$
Широтно-імпульсне	t_α	t_β	t_β^n , t_α^n	$t_\beta > t_\alpha$, $t_\beta^n < t_\alpha^n$	$t_\mu = \mu \cdot t_\beta + (1 - \mu) \cdot t_\alpha$
Фазо-імпульсне	φ_α	φ_β	2π	$\varphi_\alpha = 0$, $\varphi_\beta = 2\pi$	$\varphi_\mu = \mu \cdot 2\pi$

При частотно-імпульсному кодуванні вхідні і вихідні сигнали пристроїв представляють собою імпульси, частота заповнення яких f_μ пропорційна значенню фазі-величини μ . У даному методі кодування нульовому значенню фазі-величини відповідає частота заповнення імпульсів f_α , а одиничному – f_β ; частотний діапазон, у якому знаходяться значення фазі-величини від 0 до 1, визначається за допомогою частоти заповнення імпульсів f_γ .

При широтно-імпульсному кодуванні значенню фазі-величини μ відповідає тривалість імпульсу t_μ . Тривалість імпульсу t_α відповідає нульовому значенню фазі-величини, а t_β – одиничному.

При фазо-імпульсному кодуванні значенню фазі-величини μ відповідає різниця фаз вхідного і опорного імпульсів φ_μ . Різниця фаз вхідного і опорного сигналів $\varphi_\alpha = 0$ відповідає нульовому значенню функції належності, а різниця фаз вхідного і опорного сигналів $\varphi_\beta = 2\pi$ – одиничному.

Базові елементи

Згідно з теорією нечітких множин і фазі-логіки [6-9], базові операції визначаються наступним чином.

1. Доповненням фазі-величини μ^x є фазі величина μ_{com}^y , значення якої визначається як різниця між фазі-логічною одиницею і значенням μ^x :

$$\mu_{com}^y = 1 - \mu^x. \quad (1)$$

2. Мінімумом називається фазі-величина μ_{min}^y , значення якої є мінімальним зі значень фазі-величин μ_i^x , $i = \overline{1, n}$:

$$\mu_{min}^y = \min[\mu_1^x, \mu_2^x, \dots, \mu_n^x]. \quad (2)$$

3. Максимумом називається фазі-величина μ_{max}^y , значення якої є максимальним зі значень фазі-величин μ_i^x , $i = \overline{1, n}$:

$$\mu_{max}^y = \max[\mu_1^x, \mu_2^x, \dots, \mu_n^x]. \quad (3)$$

На основі формул (1-3) та методів імпульсного кодування фазі-величин авторами були розроблені математичні моделі базових частотно-імпульсних, широтно-імпульсних і фазо-імпульсних елементів, які реалізують операції доповнення, мінімуму, максимуму. Розроблені формули наведені у табл. 2.

При реалізації операції доповнення (1) на вхід елемента поступає імпульсний сигнал x , на виході з'являється імпульсний сигнал y_{com} . У випадку частотно-імпульсного кодування сигнал x має частоту заповнення імпульсів f^x , а сигнал $y_{com} = f_{com}^y$. У випадку широтно-імпульсного кодування сигнал x має тривалість імпульсу t^x , а сигнал $y_{com} = t_{com}^y$. У випадку фазо-імпульсного кодування сигнал x має різницю фаз опорного і інформаційного імпульсів φ^x , а сигнал $y_{com} = \varphi_{com}^y$.

Математичні моделі базових елементів фазі-логіки

Логічний елемент	Частотно-імпульсні сигнали	Широтно-імпульсні сигнали	Фазо-імпульсні сигнали
доповнення	$f^x = f_\alpha + \mu^x \cdot f_\gamma,$ $f_{com}^y = f_\alpha + \mu_{com}^y \cdot f_\gamma =$ $= (f_\alpha + f_\beta) - f^x$	$t^x = \mu^x \cdot t_\beta + (1 - \mu^x) \cdot t_\alpha,$ $t_{com}^y = \mu_{com}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{com}^y) \cdot t_\alpha =$ $= (t_\beta + t_\alpha) - t^x$	$\varphi^x = \mu^x \cdot 2\pi,$ $\varphi_{com}^y = \mu_{com}^y \cdot 2\pi =$ $= 2\pi - \varphi^x$
мінімум	$f_i^x = f_\alpha + \mu_i^x \cdot f_\gamma,$ $f_{min}^y = f_\alpha + \mu_{min}^y \cdot f_\gamma =$ $= \min[f_1^x, f_2^x, \dots, f_n^x]$	$t_i^x = \mu_i^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_i^x) \cdot t_\alpha,$ $t_{min}^y = \mu_{min}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{min}^y) \cdot t_\alpha =$ $= \min[t_1^x, t_2^x, \dots, t_n^x]$	$\varphi_i^x = \mu_i^x \cdot 2\pi,$ $\varphi_{min}^y = \mu_{min}^y \cdot 2\pi =$ $= \min[\varphi_1^x, \varphi_2^x, \dots, \varphi_n^x]$
максимум	$f_i^x = f_\alpha + \mu_i^x \cdot f_\gamma,$ $f_{max}^y = f_\alpha + \mu_{max}^y \cdot f_\gamma =$ $= \max[f_1^x, f_2^x, \dots, f_n^x]$	$t_i^x = \mu_i^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_i^x) \cdot t_\alpha,$ $t_{max}^y = \mu_{max}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{max}^y) \cdot t_\alpha =$ $= \max[t_1^x, t_2^x, \dots, t_n^x]$	$\varphi_i^x = \mu_i^x \cdot 2\pi,$ $\varphi_{max}^y = \mu_{max}^y \cdot 2\pi =$ $= \max[\varphi_1^x, \varphi_2^x, \dots, \varphi_n^x]$

При реалізації операції мінімум (2) на вхід елемента поступають n імпульсних сигналів x_i , на виході з'являється імпульсний сигнал y_{min} . У випадку частотно-імпульсного кодування сигнали x_i мають частоти заповнення імпульсів f_i^x , а сигнал $y_{min} = f_{min}^y$. У випадку широтно-імпульсного кодування сигнали x_i мають тривалості імпульсів t_i^x , а сигнал $y_{min} = t_{min}^y$. У випадку фазо-імпульсного кодування сигнали x_i мають різниці фаз опорного і інформаційних імпульсів φ_i^x , а сигнал $y_{min} = \varphi_{min}^y$.

При реалізації операції максимум (3) на вхід елемента поступають n імпульсних сигналів x_i , на виході з'являється імпульсний сигнал y_{max} . У випадку частотно-імпульсного кодування сигнали x_i мають частоти заповнення імпульсів f_i^x , а сигнал $y_{max} = f_{max}^y$. У випадку широтно-імпульсного кодування сигнали x_i мають тривалості імпульсів t_i^x , а сигнал $y_{max} = t_{max}^y$. У випадку фазо-імпульсного кодування сигнали x_i мають різниці фаз опорного і інформаційних імпульсів φ_i^x , а сигнал $y_{max} = \varphi_{max}^y$.

Часові діаграми

У якості прикладу покажемо часові діаграми для базових широтно-імпульсних фазі-логічних елементів (рис. 1). У даному випадку $t_\alpha = 0,1 \text{ мкс}$ (рис. 1,а), $t_\beta = 1,1 \text{ мкс}$ (рис. 1,б), тоді

$$t_\alpha + t_\beta = 0,1 + 1,1 = 1,2 (\text{мкс}), \text{ (рис. 1,в).}$$

Нехай $\mu^x = 0,47$, тоді

$$t^x = \mu^x \cdot t_\beta + (1 - \mu^x) \cdot t_\alpha = 0,47 \cdot 1,1 + 0,53 \cdot 0,1 = 0,57 (\text{мкс}), \text{ (рис. 1,г).}$$

Згідно розробленої математичної моделі широтно-імпульсного фазі-логічного елемента доповнення:

$$t_{com}^y = (t_\beta + t_\alpha) - t^x = 1,1 + 0,1 - 0,57 = 0,63 (\text{мкс}), \text{ (рис. 1,д).}$$

Так як $t_{com}^y = \mu_{com}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{com}^y) \cdot t_\alpha$, то $\mu_{com}^y = 0,53$, тобто $\mu_{com}^y = 1 - \mu^x$.

Нехай $\mu_1^x = 0,33$ і $\mu_2^x = 0,62$. Тоді

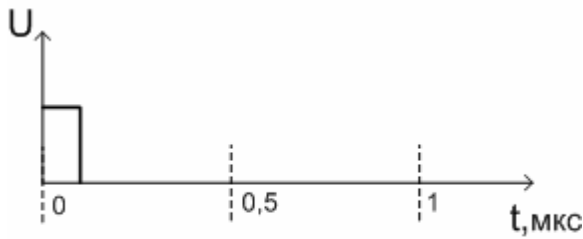
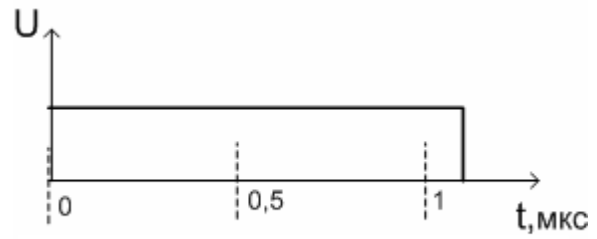
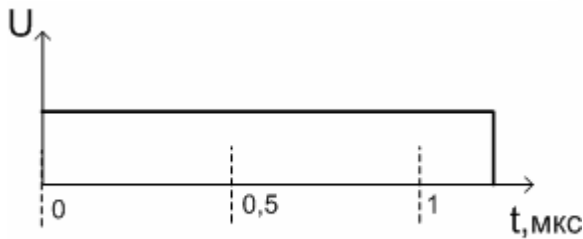
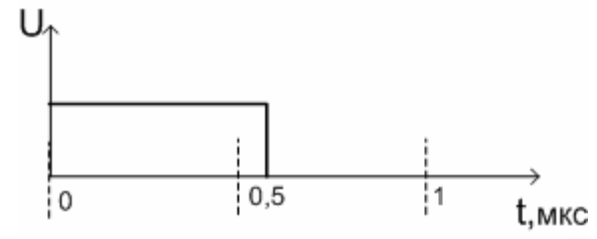
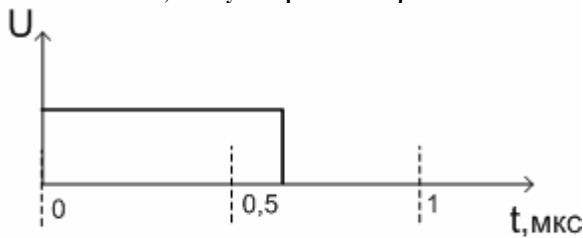
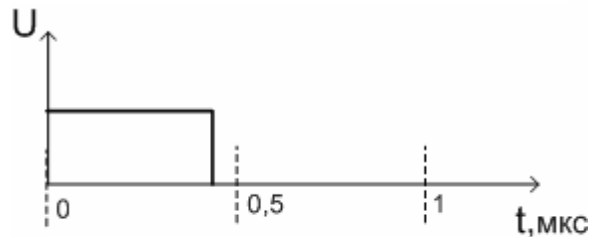
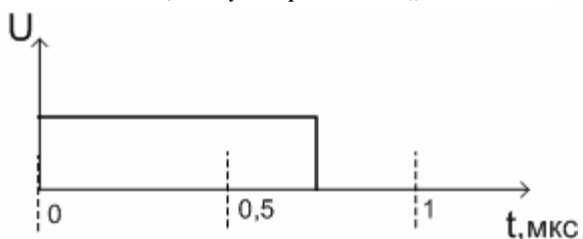
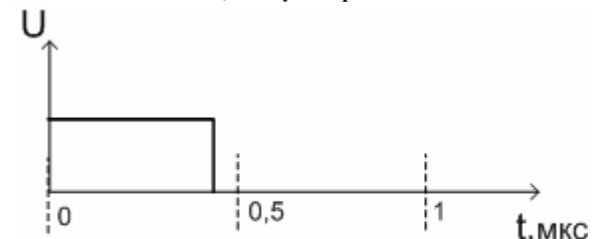
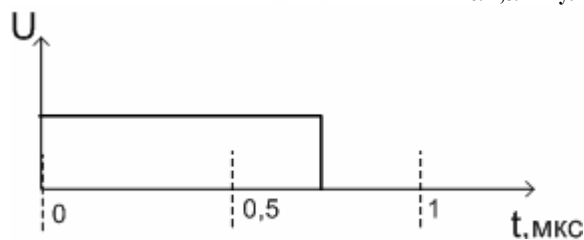
$$t_1^x = \mu_1^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_1^x) \cdot t_\alpha = 0,33 \cdot 1,1 + 0,67 \cdot 0,1 = 0,43 (\text{мкс}) \text{ (рис. 1,е),}$$

$$t_2^x = \mu_2^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_2^x) \cdot t_\alpha = 0,62 \cdot 1,1 + 0,38 \cdot 0,1 = 0,72 (\text{мкс}) \text{ (рис. 1,ж).}$$

Згідно з розробленою математичною моделлю широтно-імпульсного фазі-логічного елемента мінімуму $t_{min}^y = \min[t_1^x, t_2^x] = 0,43 (\text{мкс})$ (рис. 1,з.). Так як $t_{min}^y = \mu_{min}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{min}^y) \cdot t_\alpha$, то $\mu_{min}^y = 0,33$, тобто $\mu_{min}^y = \min[\mu_1^x, \mu_2^x]$.

Згідно з розробленою математичною моделлю широтно-імпульсного фазі-логічного елемента максимуму $t_{max}^y = \max[t_1^x, t_2^x] = 0,72 (\text{мкс})$ (рис. 1,и). Так як $t_{max}^y = \mu_{max}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{max}^y) \cdot t_\alpha$, то

$$\mu_{\max}^y = 0,62, \text{ тобто } \mu_{\max}^y = \max[\mu_1^x, \mu_2^x].$$

Рис. 1.а. Імпульс тривалістю t_a Рис. 1.б. Імпульс тривалістю t_b Рис. 1.в. Імпульс тривалістю t_b+t_a Рис. 1.г. Імпульс тривалістю t^c Рис. 1.д. Імпульс тривалістю t^c_{com} Рис. 1.е. Імпульс тривалістю t^c_1 Рис. 1.ж. Імпульс тривалістю t^c_2 Рис. 1.з. Імпульс тривалістю t^c_{\min} Рис. 1.і. Імпульс тривалістю t^c_{\max}

Висновки

У роботі наведені методи імпульсного кодування фазі-величин. Запропоновані математичні моделі елементів фазі-логіки з частотно-імпульсними, широтно-імпульсними і фазі-імпульсними інформаційними сигналами. Використання запропонованих математичних моделей дозволяє підвищити ефективність проектування елементів фазі-логіки. На основі розроблених математичних моделей визначено часові діаграми роботи широтно-імпульсних елементів фазі-логіки.

Література

1. Angel Rodriguez-Vázquez. A modular programmable CMOS analog fuzzy controller chip / Angel Rodriguez-Vázquez, Rafael Navas-González, Manuel Delgado-Restituto M., Fernando Vidal-Verdú // IEEE Transactions on Circuits and Systems. – 1999. – Vol. 46, № 3. – P. 251-265.
2. Vidal-Verdú F. Multiplexing architecture for mixed-signal CMOS fuzzy controllers / F. Vidal-Verdú, R. Navas-González, A. Rodríguez-Vázquez // Electronics Letters. – 1998. – Vol.34, № 14. – P. 1437-1438.
3. Ota Y. CMOS Implementation of a Voltage-Mode Fuzzy Min-Max Controller / Y. Ota, B. M.

Wilamowski // Journal of Circuits, Systems and Computers. – 1996. – Vol.6, № 2. – P. 171-184.

4. Ota Y. Current-Mode CMOS Implementation of a Fuzzy Min-Max Network / Y. Ota, B. M. Wilamowski // World Congress of Neural Networks. – Washington DC (USA). – 1995. – Vol.2. – P. 480-483.

5. Reyneri L.M. Unification of neural and wavelet networks and fuzzy systems / L.M. Reyneri // IEEE Trans. on Neural Networks. – 1998.

6. Митюшкин Ю.И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечёткими базами знаний: [мон....] / Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. – Винница: Універсум–Вінниця, 2002. – 145 с.

7. Robert Fullér. Fuzzy logic and neural nets in intelligent systems / Robert Fullér // Information Systems Day. – Turku Centre for Computer Science, Åbo, 1999. – Vol.17. – P. 74-94.

8. <http://www.gerhardmueller.de/docs/FuzzyLogic/node5.html>

9. <http://www.informit.com/content/imades/0135705991/samplechapter/0135705991.pdf>.

Надійшла 14.9.2009 р.

УДК 685.34

С.С. ГАРКАВЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайн

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ВИРОБІВ ЗІ ШКІРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ФІКТИВНИХ ЗМІННИХ

Робота присвячена вдосконаленню процесу формування асортименту виробів зі шкіри з урахуванням стохастичних чинників зовнішнього середовища з використанням фіктивних змінних.

The activity is dedicated to advancing of process of formation of assortments of articles from a skin with the registration stochastic of the factors of an environment with usage dummy changeable.

Ключові слова: вироби зі шкіри, математичне моделювання асортименту.

Постановка проблеми.

Техніко-технологічні та економічні складові процесу підготовки виробництва залежать від системи показників, частина з яких є квантифікованими, а частина – якісними. Враховуючи це, математична модель формування асортименту за видами взуття, як основа розробки виробничої програми, має враховувати стохастичні чинники.

Це необхідно також у зв'язку з тим, що планування сезонного асортименту здійснюється на незначний інтервал часу: зимовий сезон охоплює п'ять місяців: жовтень-лютий, а весняно-літній – березень-вересень місяці. Разом з тим, для отримання коректних прогнозних оцінок, період планування має перевищувати вхідні дані щодо зміни незалежної змінної в п'ять-шість разів, що не відповідає реальним умовам планування сезонного асортименту виробів зі шкіри та суттєво обмежує можливість використання класичних підходів до формалізації процедури планування асортименту.

Тому для кількісної оцінки зв'язку необхідно збільшити сукупність інформації за рахунок об'єднання груп просторової та часової інформації, оскільки масив може включати декілька різних груп даних. Така інформація, по суті, є лонгітудною. Математична модель зв'язку, отримана на основі лонгітудної інформації також передбачає використання фіктивних змінних.

Фіктивні змінні – це певним чином сконструйовані змінні, які описують якісні ознаки; відображають змінні в таких чинниках, як ефект зрушення в часі (сезонність) або змінюються в просторі; включаються як змінні, що замінюють інші пояснювальні змінні, які раніше в моделі не було включено [1, 2].

Виходячи із характеристики чинників зовнішнього середовища, більшість з яких є стохастичними, неконтрольованими підприємством, для вирішення завдань планування асортименту виробів зі шкіри доцільно використати математичні моделі з фіктивними змінними, що вимагає вдосконалення методології формування асортименту, викладеної у роботі [3].

На вирішення даної мети спрямовані дослідження, результати яких наведено в даній статті.

Формулювання цілей:

Об'єктом проведених досліджень є процес формування асортименту виробів, предметом дослідження – вдосконалення методології формування асортименту з урахуванням чинників зовнішнього середовища.

В даній роботі поставлено та розв'язано наступні задачі дослідження:

- проаналізувати стохастичні чинники, що впливають на попит споживачів;
- визначити типи та напрями використання моделей з фіктивними змінними, що можуть бути використані в процесі формування асортименту виробів зі шкіри;
- визначити загальний вигляд ANOVA та ANCOVA– моделей з урахуванням фіктивних та квантифікативних змінних, що враховують стохастичні чинники зовнішнього середовища.

Виклад основного матеріалу дослідження

До фіктивних змінних, що впливають на формування попиту на вироби зі шкіри можна віднести:

зміну уподобань споживачів під впливом нових трендів моди; міграцію населення з сільської місцевості; інфляційні очікування; наслідки економічної кризи; вплив різних складових соціуму, що суттєво впливають на поведінку споживачів різних категорій споживчих товарів, в тому числі, взуття та шкіргалантерейних виробів. Просторові зрушення можна спостерігати для різних регіонів вітчизняного та міжнародних ринків. В процесі оцінювання можуть також включатися такі соціально-демографічні характеристики, як стать, сімейний стан, приналежність до певних соціальних груп.

Залежно від переліку чинників, що впливають на попит, для формування асортименту на основі прогнозних оцінок попиту можуть бути використані три типи моделей з фіктивними змінними – ANOVA, ANCOVA, LPM– моделі (рис. 1).

ANOVA– моделі – це моделі дисперсійного аналізу, які містять у правій частині лише фіктивні змінні. При цьому, якщо між різними якісними ознаками існує зв'язок, фіктивні змінні, що їх представляють, в моделі також будуть мати взаємозв'язок.

ANCOVA– моделі – це моделі коваріаційного аналізу, в яких можуть бути застосовані як фіктивні, так і кількісні пояснювальні змінні.

LPM– модель – лінійна імовірнісна модель, в якій залежна змінна є фіктивною, а пояснювальні змінні можуть бути кількісними або якісними.



Рис. 1. Напрями використання ANCOVA та ANOVA– моделей в процесі формування структури асортименту взуття

Слід зазначити, що коли залежна змінна не вимірюється кількісно, а є якісним показником, що характеризує соціально-демографічні, психографічні, поведінкові ознаки або інші зовнішні стохастичні чинники, залежна змінна є фіктивною і може набувати лише двох значень 0 або 1.

Аналіз сутності ANOVA та ANCOVA– моделей дозволяє зробити висновок про доцільність використання цих математичних моделей з фіктивними змінними для вирішення завдань формування структури асортименту в умовах невизначеності зовнішніх чинників.

При цьому, ANCOVA– моделі можуть бути використані для формування асортименту на основі дослідження попиту з урахуванням сезонних коливань залежно від кількісних ознак – ціни, доходу тощо.

Використання ANOVA– моделі представляє особливий інтерес на ринку виробів зі шкіри, попит на які знаходиться під впливом стохастичних чинників, що за певних умов можуть бути представлені тільки як фіктивні змінні. ANOVA– моделі дозволяють сформуванню асортименту на основі аналізу попиту з урахуванням психографічних ознак – ставлення до моди, що передбачає виокремлення трьох сегментів споживачів – новаторів, помірних, консерваторів або більш глибоке сегментування за цією ознакою з виокремленням п'яти сегментів; соціально-демографічних – стать, соціальний статус.

Для побудови математичних моделей з фіктивними змінними в процесі передпроектних досліджень,

має бути визначено характеристики кожного сегмента споживачів, які розглядаються як цільовий ринок підприємства, та ідентифіковано змінні, що впливають на попит.

Якщо всі залежні змінні є фіктивними, має бути побудована ANOVA- моделі, загальний вигляд якої можна представити так:

$$Y = \sum_{\gamma}^h \beta_{\gamma} X_{\gamma} + u, \quad (1)$$

де Y – вектор попиту на взуття, пар; γ – індекс, що характеризує сегмент споживачів, $\gamma = (\overline{1, h})$; β_{γ} – параметри моделі при фіктивних змінних, що характеризують типологію споживачів; X_{γ} – фіктивні змінні, що враховують типологію споживачів в ANOVA- моделі; u – вектор стохастичної складової, що акумулює вплив випадкових чинників.

Якщо сегментування ринку за групами споживачів здійснено з використанням двох ознак – ставлення до моди та соціальний статус, при цьому за першою ознакою виокремлено три групи споживачів (новатори, помірні, консерватори), а за другою – дві групи, в результаті сегментування ринку має бути ідентифіковано шість сегментів, що визначають поведінку споживачів на ринку.

При цьому математична модель формування асортименту матиме такий вигляд:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_6 X_6 + u, \quad (2)$$

де $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$ – коефіцієнти, що коригують вільний член рівняння та враховують ефекти, зумовлені ставленням споживачів до моди та їх соціальним статусом; X_1, X_2, \dots, X_6 – фіктивні змінні, що враховують відмінність попиту різних сегментів споживачів.

Математичні сподівання попиту набиратимуть певного вигляду, залежно від різних співвідношень ознак, що стосуються ставлення до моди та соціального статусу:

$$M(Y/I, I) = \beta_1; \quad (3)$$

$$M(Y/I, II) = \beta_1 + \beta_4; \quad (4)$$

$$M(Y/II, I) = \beta_1 + \beta_2; \quad (5)$$

$$M(Y/II, II) = \beta_1 + \beta_2 + \beta_4 + \beta_5; \quad (6)$$

$$M(Y/III, I) = \beta_1 + \beta_3; \quad (7)$$

$$M(Y/III, II) = \beta_1 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_6, \quad (8)$$

де $M(Y/I, I)$, $M(Y/I, II)$ – математичне сподівання попиту в сегменті новаторів, відповідно, першої та другої соціальної групи; $M(Y/II, I)$, $M(Y/II, II)$ – математичне сподівання попиту в сегменті споживачів, що мають помірне ставлення до моди; $M(Y/III, I)$, $M(Y/III, II)$ – математичне сподівання попиту консерваторів, відповідно, першої та другої соціальної групи.

Наведена модель дає змогу врахувати взаємний вплив фіктивних змінних – різний ефект, зумовлений соціальним статусом. Для першого типу споживачів (новаторів), різний ефект вимірюється величиною β_4 , для другого типу (помірних) – $(\beta_4 + \beta_5)$, для третього (консерваторів) – $(\beta_4 + \beta_6)$. Відмінності між другим та третім типом вимірюється величиною β_2 , третім та першим – β_3 , а між третім та другим – величиною $(\beta_3 - \beta_2)$. Для представників іншої соціальної групи, ці відмінності можуть бути визначені так: $\beta_2 + \beta_5$, $\beta_3 + \beta_6$, $\beta_3 + \beta_6 - \beta_2 - \beta_5$.

ANCOVA- моделі, як зазначалося вище, дозволяють визначити попит на взуття з урахуванням не тільки фіктивних, але і квантифікативних змінних. При цьому можуть бути використані одна або декілька як фіктивних, так і пояснювальних змінних:

Математична модель прогнозування попиту на основі ANCOVA-моделі за умови використання декількох фіктивних та однієї пояснювальної змінної матиме загальний вигляд:

$$Y = a_0 + \sum_j^s b_j D_j + a_1 X + u, \quad (9)$$

де a_0 – вільний член рівняння; j – номер асортиментної групи, $j = (\overline{1, s})$; b_j – параметри моделі при фіктивній змінній; D_j – фіктивні змінні, що враховують структуру асортименту взуття; a_1 – коефіцієнт при пояснювальній змінній; X – вектор пояснювальної змінної.

Наведена модель може бути застосована для прогнозування попиту на різні асортиментні групи

взуття, залежно від ціни з урахуванням стохастичних чинників, що впливають на попит.

Структура асортименту може враховувати кількість видів взуття, на виробництві якого спеціалізується підприємство, а також стильові рішення по кожному з цих видів, з огляду на споживчі переваги цільового ринку. Ідентифікація асортиментних груп при цьому має бути здійснена виключно з урахуванням принципової для конструкторської та технологічної підготовки ознаки – фасону колодки, вибір якої безпосередньо залежить від попиту на взуття певного стилю і є найбільш витратною складовою конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Стильові рішення щодо дизайну, які визначаються конструкцією верху взуття під час формування структури асортименту на даному етапі не деталізуються, оскільки коригування асортименту на рівні базової моделі, з точки зору економічної складової, має менший ризик, ніж заміна колодки певного фасону.

Цей тип математичних моделей, на нашу думку, доцільно застосувати окремо для кожного сезону. Кількість періодів, за якими аналізується попит, дорівнює тривалості осінньо-зимового сезону. При цьому, доцільно отримати моделі для прогнозування попиту на взуття осінньо-зимового асортименту окремо за умови теплої та холодної зими.

Доцільність такого підходу визначається тим, що, з одного боку, обігові кошти підприємства формуються, переважно, в процесі реалізації взуття осінньо-зимового асортименту, а з іншого, попит на взуття сезонного асортименту значною мірою залежить від зовнішньої температури, визначаючи його коливання в напрямі збільшення продажу чобіт з утепленою підкладкою протягом холодного сезону, а черевиків – за умови вищих температур взимку.

Таким чином, виробнича програма підприємства має бути сформована на основі ANCOVA– моделі з урахуванням загального попиту на взуття певного виду з виокремленням вхідних даних за видом та стилем взуття. Математична модель, за умови, якщо пояснювальна змінна – одна (найчастіше – це ціна), а кількість асортиментних груп дорівнює шести, математична модель може бути представлена наступним чином:

$$Y = a_0 + b_1 D_1 + b_2 D_2 + b_3 D_3 + b_4 D_4 + b_5 D_5 + a_1 X + u \quad (10)$$

В наведеній моделі пояснювальна змінна X – вектор ціни на взуття. В разі, якщо за результатами дослідження визначено, що на попит впливає декілька пояснювальних змінних ANCOVA– моделі матиме вигляд:

$$Y = a_0 + \sum_j^s b_j D_j + \sum_k^n a_k X_k + u, \quad (11)$$

де k – номер пояснювальної змінної, $k = (\overline{1, n})$; a_k – параметри моделі при пояснювальній змінній; X_k – вектори кількісних показників, що застосовуються як пояснювальні змінні моделі.

Якщо на коливання попиту впливає декілька фіктивних та пояснювальних ознак, в ANCOVA– модель вводяться фіктивні змінні щодо кожної ознаки. При цьому, попит може бути спрогнозований окремо по кожному періоду (сезону, місяцю тощо) з урахуванням особливостей різних сегментів споживачів. У загальному вигляді математична модель може бути представлена так:

$$Y = a_0 + \sum_i^n \alpha_i Q_i + \sum_\gamma^h \beta_\gamma S_\gamma + \sum_k^n a_k X_k + u, \quad (12)$$

де α_i – параметри моделі при фіктивних змінних, що характеризують коливання попиту залежно від сезону; Q_i – фіктивні змінні, що відображають сезонні коливання; S_γ – фіктивні змінні в ANCOVA– моделі, що характеризують коливання попиту для різних типів споживачів.

ANCOVA– модель прогнозування попиту з n пояснювальними змінними, окремо по кожному з чотирьох кварталів, з урахуванням особливостей трьох сегментів, визначених на основі типології споживачів, у загальному вигляді може бути подана так:

$$Y = a_0 + \alpha_2 Q_2 + \alpha_3 Q_3 + \alpha_4 Q_4 + \beta_2 S_2 + \beta_3 S_3 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n + u, \quad (13)$$

де β_2, β_3 – коефіцієнти, що відображають різницю в моделюванні споживання для кожного з двох сегментів споживачів порівняно з першим сегментом; Q_2, Q_3, Q_4 – коефіцієнти, що визначають різницю у попиті у кожному наступному кварталі, порівняно з першим кварталом.

Якщо спостереження стосується місяця сезону $i, i = 2, 3, 4$, $Q_i = 1$; в інших випадках $Q_i = 0$. Якщо спостереження стосується сегмента споживачів $\gamma, \gamma = 2, 3$; $S_\gamma = 1$; в інших випадках $S_\gamma = 0$.

Для оцінювання вільного члена моделі необхідно включити по одній фіктивній змінній з кожної групи. Цього можна досягти за рахунок іншої інтерпретації коефіцієнтів α та β . Якщо спостереження стосуються попиту представників першого сегмента у першому місяці сезону, то всі фіктивні змінні дорівнюють нулю і вільний член дорівнює α_1 . Для того ж сегмента споживачів, але для другого місяця

сезону вільний член дорівнює $(\alpha_1 + \alpha_2)$, а для третього сегмента і третього кварталу він складає $(\alpha_1 + \alpha_2 + \beta_3)$ і т.д.

Відмінності для другого і четвертого місяцю сезону характеризує різниця $(\alpha_4 - \alpha_2)$, а відмінності для різних сегментів споживачів, наприклад третього та другого – різниця $(\beta_3 - \beta_2)$.

Використання зазначених моделей дозволяє, на основі відповідних фактичних даних спрогнозувати попит на різні асортиментні групи з врахуванням чинників зовнішнього середовища.

Висновки:

В результаті проведених досліджень проаналізовано стохастичні чинники, що впливають на попит споживачів; визначено типи та напрями застосування моделей з фіктивними змінними, що можуть бути використані в процесі формування асортименту виробів зі шкіри; визначено загальний вигляд ANOVA та ANCOVA– моделей з урахуванням фіктивних та квантифікативних змінних, що враховують стохастичні чинники зовнішнього середовища.

Подальші дослідження в формуванні асортименту виробів зі шкіри вимагають досягнення наступних цілей:

- перевірити 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;
- перевірити на основі F-критеріїв можливість використання моделей, розрахованих на основі окремих асортиментних груп з фіктивними 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, спричинений погодними умовами.

Література

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. – [вид. 3-тє, 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 20.9.2009 р.

УДК 519.832.3

В.В. РОМАНЮК

Хмельницький національний університет

АДАПТАЦІЯ МЕТОДУ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ У МАТРИЧНІЙ ГРІ З ПОРОЖНЬОЮ МНОЖИНОЮ СИТУАЦІЙ РІВНОВАГИ З ВІДОМОЮ НАПЕРЕД КІЛЬКІСТЮ РАУНДІВ ГРИ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

Представлено сконструйовану у MATLAB програмну функцію, яка дозволяє практично реалізовувати оптимальні змішані стратегії у матричній грі з відомою наперед кількістю раундів гри. Маніпуляції з шістьма аргументами цієї функції дозволяють контролювати інформацію про поточний номер ігрового раунду та номери обраних чистих стратегій, що виводиться у командне вікно MATLAB.

There has been represented the constructed program function within MATLAB, which allows to practically realize the optimal mixed strategies in the matrix game with the beforehand known quantity of the game rounds. Manipulations with the six arguments of this function allow to control the information about the current game round number and the pure strategies numbers, that is displayed in the MATLAB command window.

Ключові слова: програмне середовище MATLAB, матрична гра.

Актуальність проблеми дослідження та його мета

Сучасна прикладна математика все більше використовує програмне забезпечення відомих корпорацій, які пропонують пакети алгоритмів розв'язування математичних задач, для моделювання і прогнозування довготривалих соціально-економічних та екологічних процесів. Найбільш відомим брендом

тут є MATLAB, потужне програмне середовище якого дозволяє також, окрім звичних операцій виконання процедур чисельних розрахунків, конструювати власні програмні модулі (функції), які легко запускаються з одного рядка командного вікна MATLAB. Організація моделювання конфліктних процесів у MATLAB можлива тільки за наявності алгоритмів і програмних модулів, за допомогою яких можна знаходити сідлові точки та проводити практичну адаптацію оптимальних змішаних стратегій. Частково це питання розглядалось у роботах [1, 2], де було запропоновано метод практичної реалізації оптимальних змішаних стратегій у матричній грі з порожньою множиною ситуацій рівноваги у чистих стратегіях з відомою наперед кількістю раундів (повторень) гри. Проте на теперішній час немає програмного забезпечення з вільним доступом, яке реалізує цей метод. Тому, зважаючи на актуальність проблеми дослідження конфліктних процесів, які моделюються у формі матричних ігор, метою даної роботи є програмна адаптація представленого у статті [1] методу практичної реалізації оптимальних змішаних стратегій у матричній грі з порожньою множиною ситуацій рівноваги у чистих стратегіях з відомою наперед кількістю раундів гри.

Конструювання програмних процедур у MATLAB для виконання методу реалізації оптимальних змішаних стратегій у формі програмного модуля (функції)

Розглядається матрична $M \times N$ -гра з порожньою множиною ситуацій рівноваги у чистих стратегіях.

Матрицю цієї гри позначимо через $W = (w_{ij})_{M \times N}$. Якщо ця матриця має сідлові точки, то програмний модуль (функція) "opr2" зі шістьма аргументами, що буде виконувати реалізацію оптимальних змішаних стратегій для відомої кількості раундів гри $G \in \mathbb{N}$, повертає повідомлення про те, що гра розв'язується у чистих стратегіях (рис. 1). Уже тут використовується програмний субмодуль (підфункція) "sp" (рис. 1, 10-й рядок) для розв'язування матричних ігор [3, 4].

```

E:\MATLAB7p0p1\work\opr2.m
File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
[Icons] Stack: Ba...
1 function [Payoff_1] = opr2(PayoffMatrix, G, Soft_Correction, g_Display, g_pause, PureStrategy_Display)
2 if nargin==3
3     g_Display=0;
4     g_pause=0;
5     PureStrategy_Display=0;
6 end
7 if g_Display==0
8     g_pause=0;
9 end
10 [S1opt, S2opt, Vlow1, Vup1, OMS] = sp(PayoffMatrix);
11 if OMS==0
12     disp(' This matrix game is solved in pure strategies. ')
13     return
14 end
opr2 Ln 25 Col 5 OVR

```

Рис. 1

Якщо перший гравець володіє множиною $X = \{x_i\}_{i=1}^M$ чистих стратегій, а другий – множиною $Y = \{y_j\}_{j=1}^N$ чистих стратегій, то використання оптимальних змішаних стратегій гравців

$$\tilde{X} = [\tilde{p}_1 \quad \tilde{p}_2 \quad \dots \quad \tilde{p}_{M-1} \quad \tilde{p}_M] \in \mathbb{R}^M \quad (1)$$

та

$$\tilde{Y} = [\tilde{q}_1 \quad \tilde{q}_2 \quad \dots \quad \tilde{q}_{N-1} \quad \tilde{q}_N] \in \mathbb{R}^N \quad (2)$$

дає першому гравцю виграш, математичне сподівання якого дорівнює значенню гри

$$V_{\text{opt}} = \tilde{X}W(\tilde{Y})^T = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N w_{ij} \tilde{p}_i \tilde{q}_j. \quad (3)$$

Спектри стратегій (1) і (2) можна і не знаходити, оскільки, як показують дослідження, на швидкість обчислень це практично не впливає [5, 6]. Тому для вибору чистих стратегій гравці розігрують по одній рівномірно розподіленій на напівсегменті $[0; 1)$ випадковій величині: перший гравець розігрує випадкову величину Θ зі значенням θ , а другий гравець – випадкову величину Ξ зі значенням ξ , де при

$$\theta \in \left[\sum_{i=1}^{u-1} \tilde{p}_i; \sum_{i=1}^u \tilde{p}_i \right) \quad (4)$$

для $u \in \{1, M\}$ перший гравець обирає чисту стратегію x_u , а якщо

$$\xi \in \left[\sum_{j=1}^{v-1} \tilde{q}_j; \sum_{j=1}^v \tilde{q}_j \right] \quad (5)$$

для $v \in \{1, \overline{N}\}$, то другий гравець має обирати чисту стратегію y_v .

Нехай перший гравець у першому раунді гри, використовуючи програмний субмодуль (підфункцію) “org1p1” [5], обирає чисту стратегію x_r , $r \in \{i\}_{i=1}^M$. Тоді його очікуваний вигрaш у першому раунді гри

$$\tilde{V}(x_r, 1) = \sum_{j=1}^N w_{rj} \tilde{q}_j \quad (6)$$

має бути не меншим за деяке наперед вказане число $V_{\text{opt}} - \delta_1(1)$, де

$$\delta_1(g) = \frac{1}{g \beta_1 g^{a_1}} = \frac{V_{\text{opt}} - V_{\text{low}}}{g \cdot g^{a_1}} = \frac{V_{\text{opt}} - \max_{i=1, M} \min_{j=1, N} w_{ij}}{g^{1+\frac{1}{a_1}}} \quad (7)$$

є своєрідним допуском втрати першого гравця у g -му раунді гри [1], $g = \overline{1, G}$, причому можна покласти $a_1 = 1$ (рис. 2, 25-й рядок). Отже, у першому раунді гри перший гравець при виборі чистої стратегії x_r керується формальною вимогою

$$\tilde{V}(x_r, 1) = \sum_{j=1}^N w_{rj} \tilde{q}_j \geq V_{\text{opt}} - \delta_1(1), \quad (8)$$

але якщо при виборі деякої чистої стратегії x_t має місце строга нерівність

$$\tilde{V}(x_t, 1) = \sum_{j=1}^N w_{tj} \tilde{q}_j < V_{\text{opt}} - \delta_1(1), \quad (9)$$

де $t \in \{i\}_{i=1}^M$, то перший гравець розіграє випадкову величину Θ зі значенням θ до того моменту (рис. 2, рядки 31 – 34), доки для деякої чистої стратегії x_r не буде виконано нерівність (8).

Реальний вигрaш першого гравця у g -му раунді гри позначено $V(g)$, де $g = \overline{1, G}$. Отримавши вигрaш $V(1)$, перший гравець по елементам зі значенням $V(1)$ матриці \mathbf{W} визначає, якою саме чистою стратегією користувався другий гравець. Якщо це була стратегія y_s , де $s \in \{j\}_{j=1}^N$, то у другому раунді гри імовірність обирання цієї стратегії буде меншою, і перший гравець це враховує наступним чином [1]. На початку гри кожна імовірність у векторі (2) представляється у виді дробу зі знаменником, що дорівнює кількості G майбутніх раундів гри (рис. 3, 35-й рядок):

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{Y}}_0 = \tilde{\mathbf{Y}} &= [\tilde{q}_1 \quad \tilde{q}_2 \quad \dots \quad \tilde{q}_{N-1} \quad \tilde{q}_N] = [q_1(1) \quad q_2(1) \quad \dots \quad q_{N-1}(1) \quad q_N(1)] = \\ &= \left[\frac{c_1(1)}{G} \quad \frac{c_2(1)}{G} \quad \dots \quad \frac{c_{N-1}(1)}{G} \quad \frac{c_N(1)}{G} \right], \end{aligned} \quad (10)$$

де $c_j(1) = G \tilde{q}_j \quad \forall j = \overline{1, N}$. У g -му раунді гри, де $g = \overline{2, G}$, перший гравець після вибору другим гравцем у попередньому $(g-1)$ -му раунді чистої стратегії y_s , $s \in \{j\}_{j=1}^N$, обчислює імовірність

$$\begin{aligned} q_s(g) &= \frac{c_s(g-1) - 1}{G} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_s(g-1) - 1]}{2} = \frac{c_s(g)}{G} = \\ &= q_s(g-1) \cdot \frac{c_s(g-1) - 1}{c_s(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_s(g-1) - 1]}{2} \end{aligned} \quad (11)$$

обирання цієї стратегії у g -му раунді гри, а також імовірності

$$q_l(g) = q_l(g-1) \cdot \frac{1 - q_s(g-1) \frac{c_s(g-1) - 1}{c_s(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[c_s(g-1) - 1]}{2}}{1 - q_s(g-1)} = \frac{c_l(g)}{G}, \quad l \in \{\overline{1, N}\} \setminus \{s\}, \quad (12)$$

обирання решти чистих стратегій.

```

E:\MATLAB7p0p1\work\opr2.m
File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Ba...
15 - Vopt=S1opt*PayoffMatrix*S2opt'; format long
16
17 % g=1 the first player behavior
18 if g_Display==1
19     disp([' Now is the ' num2str(1) ' play'])
20     if g_pause==1
21         pause
22     end
23 end
24 beta1=1/(Vopt-Vlow1);
25 a1=1;
26 for g=1:G
27     delta1(g)=1/(g*beta1*g^(1/(a1)));
28 end
29 First_Player_Pure_Strategy_Number(1)=opr1p1(S1opt); % Initially selecting the pure strategy
30 V1(1)=sum(PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(1), :).*S2opt);
31 while V1(1) < Vopt-delta1(1)
32     First_Player_Pure_Strategy_Number(1)=opr1p1(S1opt);
33     V1(1)=sum(PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(1), :).*S2opt);
34 end
opr2 Ln 36 Col 14 OVR
    
```

Рис. 2

```

E:\MATLAB7p0p1\work\opr2.m
File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Ba...
35 - Y0(1, :)=S2opt; % Definition for S2opt probabilities recalculation
36 if PureStrategy_Display==1
37     disp([' Now the first player has selected the pure strategy x' num2str(First_Player_Pure_Strategy_Nu
38 end
39
40 % g=1 the second player behavior
41 beta2=1/(Vup1-Vopt);
42 a2=1;
43 for g=1:G
44     delta2(g)=1/(g*beta2*g^(1/(a2)));
45 end
46 Second_Player_Pure_Strategy_Number(1)=opr1p1(S2opt); % Initially selecting the pure strategy
47 V2(1)=sum(PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(1), :).*S2opt);
48 while V2(1) > Vopt+delta2(1)
49     Second_Player_Pure_Strategy_Number(1)=opr1p1(S2opt);
50     V2(1)=sum(PayoffMatrix(:, Second_Player_Pure_Strategy_Number(1)).*S1opt');
51 end
52 X0(1, :)=S1opt; % Definition for S1opt probabilities recalculation
53 if PureStrategy_Display==1
54     disp([' Now the second player has selected the pure strategy y' num2str(Second_Player_Pure_Strategy_
55 end
opr2 Ln 63 Col 9 OVR
    
```

Рис. 3

Аналогічно другий гравець у першому раунді гри при виборі чистої стратегії y_s , де $s \in \{j\}_{j=1}^N$, керується формальною вимогою

$$\tilde{V}(y_s, 1) = \sum_{i=1}^M w_{is} \hat{p}_i \leq V_{opt} + \delta_2(1), \tag{13}$$

де число

$$\delta_2(g) = \frac{1}{g\beta_2 g^{a_2}} = \frac{V_{up} - V_{opt}}{g \cdot g^{a_2}} = \frac{\min_{j=1, N} \max_{i=1, M} w_{ij} - V_{opt}}{g^{1+\frac{1}{a_2}}} \tag{14}$$

є своєрідним допуском втрати другого гравця у g -му раунді гри [1], $g = \overline{1, G}$, причому можна покласти $a_2 = 1$ (рис. 3, 42-й рядок). Отже, якщо при виборі деякої чистої стратегії y_h має місце

$$\tilde{V}(y_h, 1) = \sum_{i=1}^M w_{ih} \hat{p}_i > V_{opt} + \delta_2(1), \tag{15}$$

де $h \in \{j\}_{j=1}^N$, то другий гравець розіграє випадкову величину Ξ зі значенням ξ до того моменту (рис. 3, рядки 48 – 51), доки для деякої чистої стратегії y_s не буде виконано нерівність (13).

Отримавши програш $V(g-1)$ у $(g-1)$ -му раунді гри, другий гравець перед g -м раундом, де $g = \overline{2, G}$, по елементам зі значенням $V(g-1)$ матриці \mathbf{W} визначає, яку саме чисту стратегією шойно використав перший гравець. Якщо це була стратегія x_r , де $r \in \{i\}_{i=1}^M$, то у g -му раунді гри імовірність обирання цієї стратегії буде меншою. Другий гравець враховує це за допомогою початкового представлення кожної імовірності у векторі (1) у виді дробу зі знаменником, що дорівнює кількості G майбутніх раундів гри (рис. 3, 52-й рядок):

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{X}}_0 = \bar{\mathbf{X}} &= [\bar{p}_1 \quad \bar{p}_2 \quad \dots \quad \bar{p}_{M-1} \quad \bar{p}_M] = [p_1(1) \quad p_2(1) \quad \dots \quad p_{M-1}(1) \quad p_M(1)] = \\ &= \left[\frac{d_1(1)}{G} \quad \frac{d_2(1)}{G} \quad \dots \quad \frac{d_{M-1}(1)}{G} \quad \frac{d_M(1)}{G} \right], \end{aligned} \quad (16)$$

де $d_i(1) = G\bar{p}_i \quad \forall i = \overline{1, M}$. У g -му раунді гри, де $g = \overline{2, G}$, другий гравець після вибору першим гравцем у попередньому $(g-1)$ -му раунді гри чистої стратегії x_r , де $r \in \{i\}_{i=1}^M$, обчислює імовірність

$$\begin{aligned} p_r(g) &= \frac{d_r(g-1) - 1}{G} \cdot \frac{1 + \text{sign}[d_r(g-1) - 1]}{2} = \frac{d_r(g)}{G} = \\ &= p_r(g-1) \frac{d_r(g-1) - 1}{d_r(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[d_r(g-1) - 1]}{2} \end{aligned} \quad (17)$$

обирання цієї стратегії у g -му раунді гри, а також інші $M-1$ імовірності

$$p_k(g) = p_k(g-1) \cdot \frac{1 - p_r(g-1) \frac{d_r(g-1) - 1}{d_r(g-1)} \cdot \frac{1 + \text{sign}[d_r(g-1) - 1]}{2}}{1 - p_r(g-1)} = \frac{d_k(g)}{G}, \quad k \in \{\overline{1, M}\} \setminus \{r\}, \quad (18)$$

обирання решти чистих стратегій.

```

56
57 % g=2:G the first player behavior
58 for g=2:G
59     if g_Display==1
60         disp([' Now is the ' num2str(g) ' play'])
61         if g_pause==1
62             pause
63         end
64     end
65     Payoff_1(g-1)=PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(g-1), Second_Player_Pure_Strategy_Numb
66     if PureStrategy_Display==1
67         disp([' Now the first player real payoff is ' num2str(Payoff_1(g-1))])
68     end
69     lin=find(PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(g-1), :) == Payoff_1(g-1)); % For determinin
70     YO(g, lin(1))=(YO(g-1, lin(1))*G-1)/G*(YO(g-1, lin(1))*G>1); % lin(1) will be substituted with lin
71     alpha1=(1-YO(g, lin(1)))/(1-YO(g-1, lin(1)));
72     YO(g, [1:lin(1)-1 lin(1)+1:length(S2opt)])=YO(g-1, [1:lin(1)-1 lin(1)+1:length(S2opt)])*alpha1; % Pr
73     First_Player_Pure_Strategy_Number(g)=opr1p1(S1opt); % Initially selecting the pure strategy
74     V1(g)=sum(PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(g), :).*YO(g, :)); % The expected payoff
75     if (sum(Payoff_1(1:g-1))+V1(g))/g < Vopt-delta1(g)
76         for P1PS=1:length(S1opt) % Finding the missfit inequalities
77             V1_trial(g)=sum(PayoffMatrix(P1PS, :).*YO(g, :));
78             Missfit_P1(P1PS)=(sum(Payoff_1(1:g-1))+V1_trial(g))/g < Vopt-delta1(g);
79         end
80     if Soft_Correction==1
81         while sum((S1opt>0).*abs(Missfit_P1-1))==0 % Soft correction of delta1(g)
82             beta1=beta1-0.01*beta1;
83             for g0=g:G
84                 delta1(g0)=1/(g0*beta1*g0^(1/(a1)));
85             end
86             for P1PS=1:length(S1opt) % Re-finding the missfit inequalities
87                 V1_trial(g)=sum(PayoffMatrix(P1PS, :).*YO(g, :));
88                 Missfit_P1(P1PS)=(sum(Payoff_1(1:g-1))+V1_trial(g))/g < Vopt-delta1(g);
89             end
90         end
91         while (sum(Payoff_1(1:g-1))+V1(g))/g < Vopt-delta1(g) % For corrected delta1(g), finding the p
92             First_Player_Pure_Strategy_Number(g)=opr1p1(S1opt);
93             V1(g)=sum(PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(g), :).*YO(g, :)); % The expected
94         end

```

Рис. 4

Таким чином, повертаючись до першого гравця, якщо при виборі деякої чистої стратегії x_r має

місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_t, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{j=1}^N w_{tj} q_j(g)}{g} < V_{opt} - \delta_1(g), \quad (19)$$

де $t \in \{i\}_{i=1}^M$, то перший гравець розіграє випадкову величину Θ зі значенням θ до того моменту (рис. 4, рядки 91 – 94), доки для деякої чистої стратегії x_t не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(x_r, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{j=1}^N w_{rj} q_j(g)}{g} \geq V_{opt} - \delta_1(g), \quad (20)$$

де $r \in \{i\}_{i=1}^M$ і $0 < \delta_1(g) < \delta_1(g-1) \quad \forall g = \overline{2, G}$, а перерахунок імовірностей (11) і (12) відбувається у рядках 69 – 72 програмного модуля “opr2” (рис. 4).

Для того, щоб не порушити умови монотонного спадання функції допусків втрат $\delta_1(g)$ у деякій точці $g_0 \in \{2, G\}$, де нерівність (20) неможлива, виконується м’яке коригування (рис. 4, рядки 81 – 90), згідно з яким функція $\delta_1(g) \quad \forall g = \overline{g_0, G}$ штучно (82-й рядок на рис. 4) збільшується так, щоб нерівність (20) виконувалась хоча б для однієї чистої стратегії x_r . Якщо опція м’якого коригування не була обрана при запуску функції “opr2”, то виконується жорстке коригування функції $\delta_1(g) \quad \forall g = \overline{g_0, G}$ так (рис. 5, рядки 96 – 105), щоб нерівність (20) виконувалась для усіх чистих стратегій $\{x_i\}_{i=1}^M$.

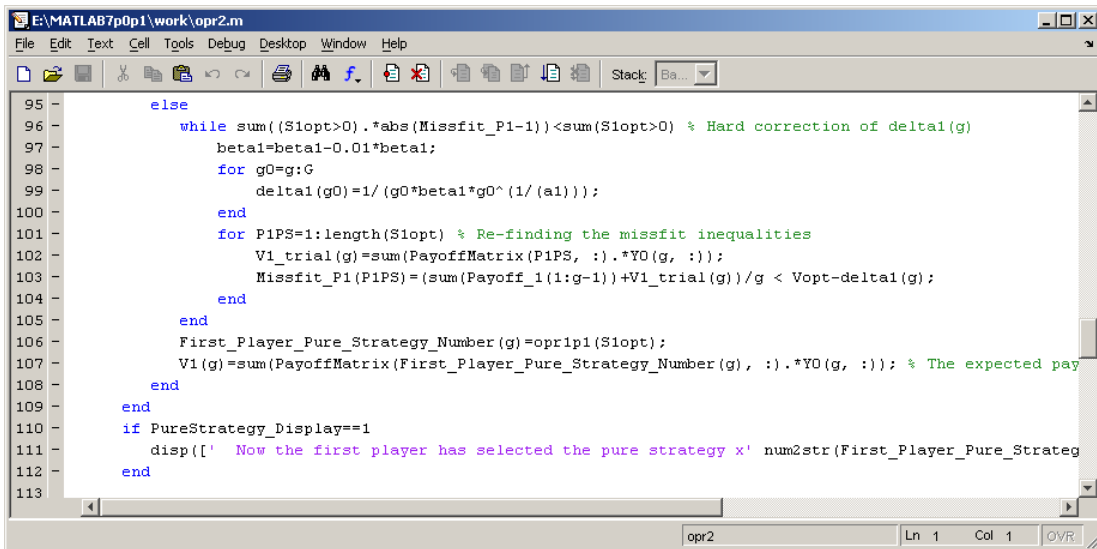


Рис. 5

Перерахунок імовірностей (17) і (18) відбувається у рядках 116 – 119 програмного модуля “opr2” (рис. 6), після якого якщо при виборі деякої чистої стратегії y_h має місце

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_h, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{i=1}^M w_{hi} p_i(g)}{g} > V_{opt} + \delta_2(g), \quad (21)$$

де $h \in \{j\}_{j=1}^N$, то другий гравець розіграє випадкову величину Ξ зі значенням ξ до того моменту (рис. 7, рядки 138 – 141), доки для деякої чистої стратегії y_s не буде виконано нерівність

$$\frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \tilde{V}(y_s, g)}{g} = \frac{\sum_{m=1}^{g-1} V(m) + \sum_{i=1}^M w_{si} p_i(g)}{g} \leq V_{opt} + \delta_2(g), \quad (22)$$

де $s \in \{j\}_{j=1}^N$ і $0 < \delta_2(g) < \delta_2(g-1) \quad \forall g = \overline{2, G}$. У рядках 128 – 137 на рис. 7 функція допуску втрат $\delta_2(g)$ другого гравця піддається м’якому коригуванню у процесі повторення гри, а жорстке при потребі здійснюється у рядках 143 – 152.

```

114 % g=2:G the second player behavior
115 Payoff_2(g-1)=PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(g-1), Second_Player_Pure_Strategy_Numb
116 col=find(PayoffMatrix(:, Second_Player_Pure_Strategy_Number(g-1))==Payoff_2(g-1)); % For determining
117 XO(g, col(1))=((XO(g-1, col(1))*G-1)/G)*(XO(g-1, col(1))*G>1); % col(1) will be substituted with col
118 alpha2=(1-XO(g, col(1)))/(1-XO(g-1, col(1)));
119 XO(g, [1:col(1)-1 col(1)+1:length(S1opt)])=XO(g-1, [1:col(1)-1 col(1)+1:length(S1opt)])*alpha2; % Pr

```

Рис. 6

```

120 Second_Player_Pure_Strategy_Number(g)=opr1p1(S2opt); % Initially selecting the pure strategy
121 V2(g)=sum(PayoffMatrix(:, Second_Player_Pure_Strategy_Number(g)).*XO(g, :)); % The expected payoff
122 if (sum(Payoff_2(1:g-1))+V2(g))/g > Vopt+delta2(g)
123 for P2PS=1:length(S2opt) % Finding the missfit inequalities
124 V2_trial(g)=sum(PayoffMatrix(:, P2PS).*XO(g, :));
125 Missfit_P2(P2PS)=(sum(Payoff_2(1:g-1))+V2_trial(g))/g > Vopt+delta2(g);
126 end
127 if Soft_Correction==1
128 while sum(S2opt>0).*abs(Missfit_P2-1)==0 % Soft correction of delta2(g)
129 beta2=beta2-0.01*beta2;
130 for g0=g:G
131 delta2(g0)=1/(g0*beta2*g0^(1/(a2)));
132 end
133 for P2PS=1:length(S2opt) % Re-finding the missfit inequalities
134 V2_trial(g)=sum(PayoffMatrix(:, P2PS).*XO(g, :));
135 Missfit_P2(P2PS)=(sum(Payoff_2(1:g-1))+V2_trial(g))/g > Vopt+delta2(g);
136 end
137 end
138 while (sum(Payoff_2(1:g-1))+V2(g))/g > Vopt+delta2(g) % For corrected delta2(g), finding the p
139 Second_Player_Pure_Strategy_Number(g)=opr1p1(S2opt);
140 V2(g)=sum(PayoffMatrix(:, Second_Player_Pure_Strategy_Number(g)).*XO(g, :)); % The expect
141 end
142 else
143 while sum(S2opt>0).*abs(Missfit_P2-1)<sum(S2opt>0) % Hard correction of delta2(g)
144 beta2=beta2-0.01*beta2;
145 for g0=g:G
146 delta2(g0)=1/(g0*beta2*g0^(1/(a2)));
147 end
148 for P2PS=1:length(S2opt) % Re-finding the missfit inequalities
149 V2_trial(g)=sum(PayoffMatrix(:, P2PS).*XO(g, :));
150 Missfit_P2(P2PS)=(sum(Payoff_2(1:g-1))+V2_trial(g))/g > Vopt+delta2(g);
151 end
152 end
153 Second_Player_Pure_Strategy_Number(g)=opr1p1(S2opt); % Initially selecting the pure strategy
154 V2(g)=sum(PayoffMatrix(:, Second_Player_Pure_Strategy_Number(g)).*XO(g, :)); % The expected p
155 end
156 end
157 if PureStrategy_Display==1
158 disp([' Now the second player has selected the pure strategy y' num2str(Second_Player_Pure_Strat
159 end
160
161 end

```

Рис. 7

Результатом виконання програмного модуля “opr2” є повідомлення про відносне відхилення усередненого виграшу першого гравця (останній, 167-й рядок на рис. 8)

$$\xi(G) = \frac{\frac{1}{G} \sum_{g=1}^G V(g) - V_{opt}}{|V_{opt}|} \quad (23)$$

за G раундів гри. При цьому модуль “opr2” повертає у командне вікно MATLAB (і, взагалі, у поточну пам'ять Workspace) реальний виграш першого гравця у кожному з G раундів гри.

```

162 Payoff_1(g)=PayoffMatrix(First_Player_Pure_Strategy_Number(g), Second_Player_Pure_Strategy_Number(g));
163 if PureStrategy_Display==1
164 disp([' At last, the first player real payoff is ' num2str(Payoff_1(G))]
165 end
166
167 disp([' The relative deviation of the averaged payoff of the first player is ' num2str((sum(Payoff_1)/

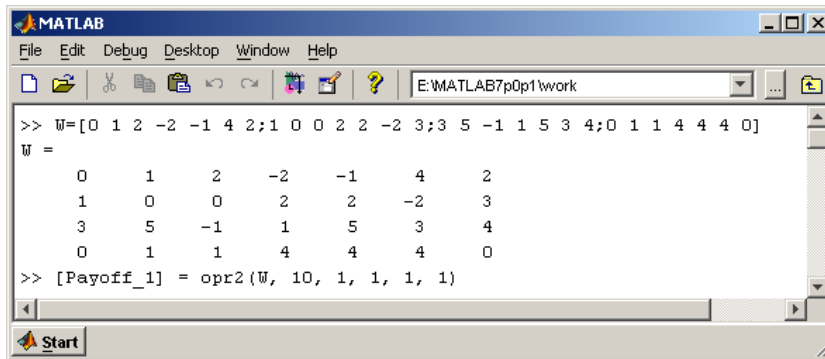
```

Рис. 8

На рис. 9 показано приклад запуску функції "opr2" з командного вікна MATLAB для матричної гри з матрицею виграшів

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 & -1 & 4 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 & 2 & -2 & 3 \\ 3 & 5 & -1 & 1 & 5 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 1 & 4 & 4 & 4 & 0 \end{pmatrix} \quad (24)$$

для $G=10$ раундів гри. У дужках після назви цієї функції послідовно вводяться шість її аргументів: матриця (24), кількість раундів гри $G=10$, опція м'якого коригування, опція відображення номеру поточного раунду гри, опція зупинки перед повторенням кожного раунду, опція відображення номерів чистих стратегій, які були обрані гравцями. Останні чотири аргументи відзначаються покладанням одиниці у рядок аргументів (покладання нуля означає відключення даної опції), причому четвертий, п'ятий і шостий аргументи вказувати необов'язково, оскільки якщо відзначено тільки перші три аргументи (рис. 1, рядки 2 – 9), то останні три за умовчанням покладаються у нуль (відображення номеру поточного раунду гри, зупинка перед повторенням кожного раунду, а також відображення номерів чистих стратегій, які були обрані гравцями, будуть деактивовані).



```

MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
E:\MATLAB7\p0p1\work
>> W=[0 1 2 -2 -1 4 2;1 0 0 2 2 -2 3;3 5 -1 1 5 3 4;0 1 1 4 4 4 0]
W =
    0     1     2    -2    -1     4     2
    1     0     0     2     2    -2     3
    3     5    -1     1     5     3     4
    0     1     1     4     4     4     0
>> [Payoff_1] = opr2(W, 10, 1, 1, 1, 1)

```

Рис. 9

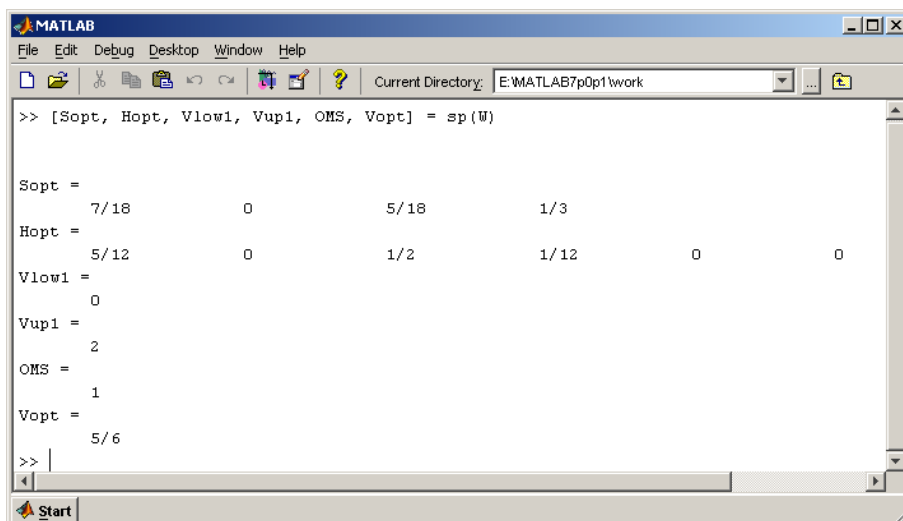
Гра з матрицею (24) не має сідлової точки у чистих стратегіях, а кожен з гравців володіє оптимальною змішаною стратегією з триточковим спектром (рис. 10):

$$\tilde{X} = \left[\frac{7}{18} \quad 0 \quad \frac{5}{18} \quad \frac{1}{3} \right] \in \mathbb{R}^4, \quad (25)$$

$$\tilde{Y} = \left[\frac{5}{12} \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{12} \quad 0 \quad 0 \right] \in \mathbb{R}^6, \quad (26)$$

причому $V_{\text{opt}} = \frac{5}{6}$. Результати запуску функції "opr2" з аргументами й опціями, зображеними на рис. 9, показані на рис. 11. Тут значення $\xi(10) = 0.2$ є досить великим, але легко побачити, що

$$\lim_{G \rightarrow \infty} \xi(G) = \lim_{G \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{G} \sum_{g=1}^G V(g) - V_{\text{opt}}}{|V_{\text{opt}}|} = 0. \quad (27)$$



```

MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
Current Directory: E:\MATLAB7\p0p1\work
>> [Sopt, Hopt, Vlow1, Vup1, OMS, Vopt] = sp(W)
Sopt =
    7/18     0     5/18     1/3
Hopt =
    5/12     0     1/2     1/12     0     0
Vlow1 =
    0
Vup1 =
    2
OMS =
    1
Vopt =
    5/6
>>

```

Рис. 10


```

MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
Current Directory: E:\MATLAB7\p0p1\work

>> [Payoff_1] = opr2(W, 10, 1, 1, 1, 1)

Now is the 1 play
Now the first player has selected the pure strategy x3
Now the second player has selected the pure strategy y3
Now is the 2 play
Now the first player real payoff is -1
Now the first player has selected the pure strategy x3
Now the second player has selected the pure strategy y1
Now is the 3 play
Now the first player real payoff is 3
Now the first player has selected the pure strategy x1
Now the second player has selected the pure strategy y1
Now is the 4 play
Now the first player real payoff is 0
Now the first player has selected the pure strategy x4
Now the second player has selected the pure strategy y1
Now is the 5 play
Now the first player real payoff is 0
Now the first player has selected the pure strategy x4
Now the second player has selected the pure strategy y1
Now is the 6 play
Now the first player real payoff is 0
Now the first player has selected the pure strategy x4
Now the second player has selected the pure strategy y3
Now is the 7 play
Now the first player real payoff is 1
Now the first player has selected the pure strategy x4
Now the second player has selected the pure strategy y3
Now is the 8 play
Now the first player real payoff is 1
Now the first player has selected the pure strategy x4
Now the second player has selected the pure strategy y1
Now is the 9 play
Now the first player real payoff is 0
Now the first player has selected the pure strategy x4
Now the second player has selected the pure strategy y4
Now is the 10 play
Now the first player real payoff is 4
Now the first player has selected the pure strategy x1
Now the second player has selected the pure strategy y3
At last, the first player real payoff is 2
The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.2
Payoff_1 =
    -1     3     0     0     0     1     1     0     4     2

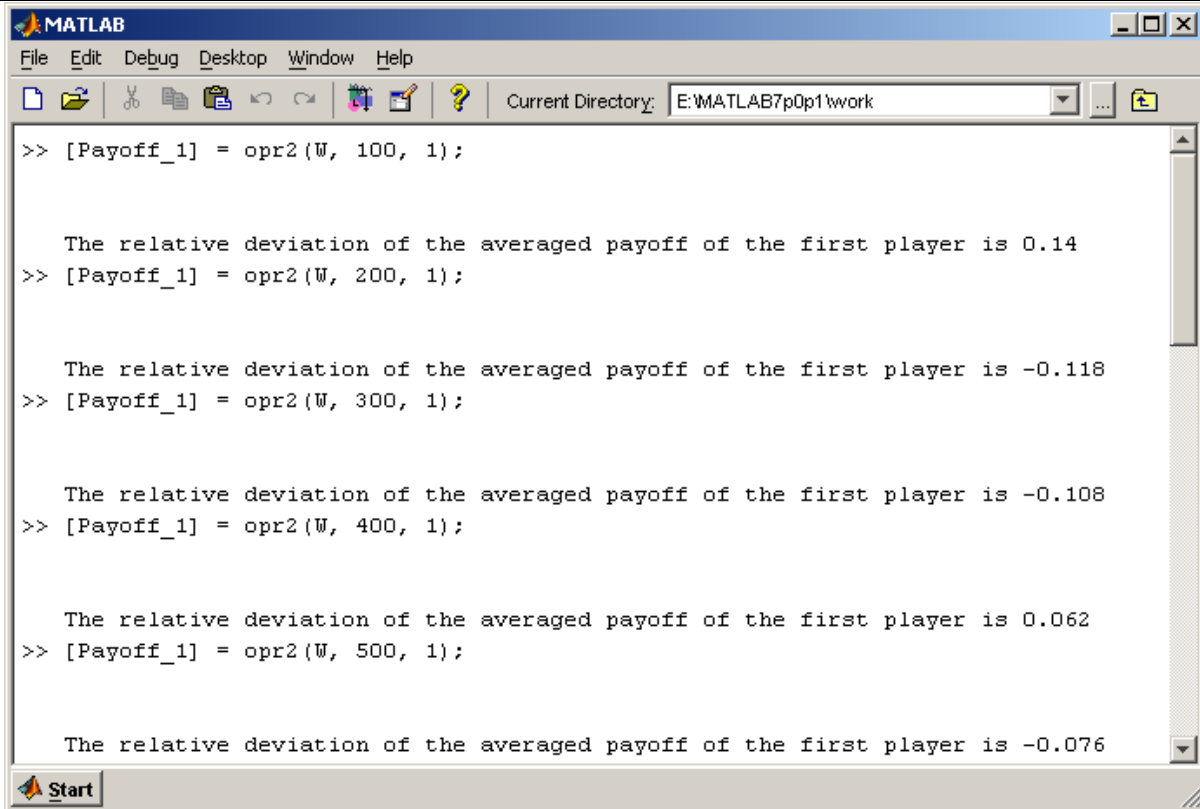
```

Рис. 11

Результати застосування функції “opr2” для більших кількостей повторень гри наведені на рис. 12 – 14. Тут вже

$$G \in \{100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10^4, 2 \cdot 10^4, 3 \cdot 10^4, 4 \cdot 10^4, 5 \cdot 10^4\} \quad (28)$$

і дійсно, значення (23) повільно, хоча й, зрозуміло, немонотонно, прямує до нуля [7].



```
MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
Current Directory: E:\MATLAB7p0p1\work

>> [Payoff_1] = opr2(W, 100, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.14
>> [Payoff_1] = opr2(W, 200, 1);

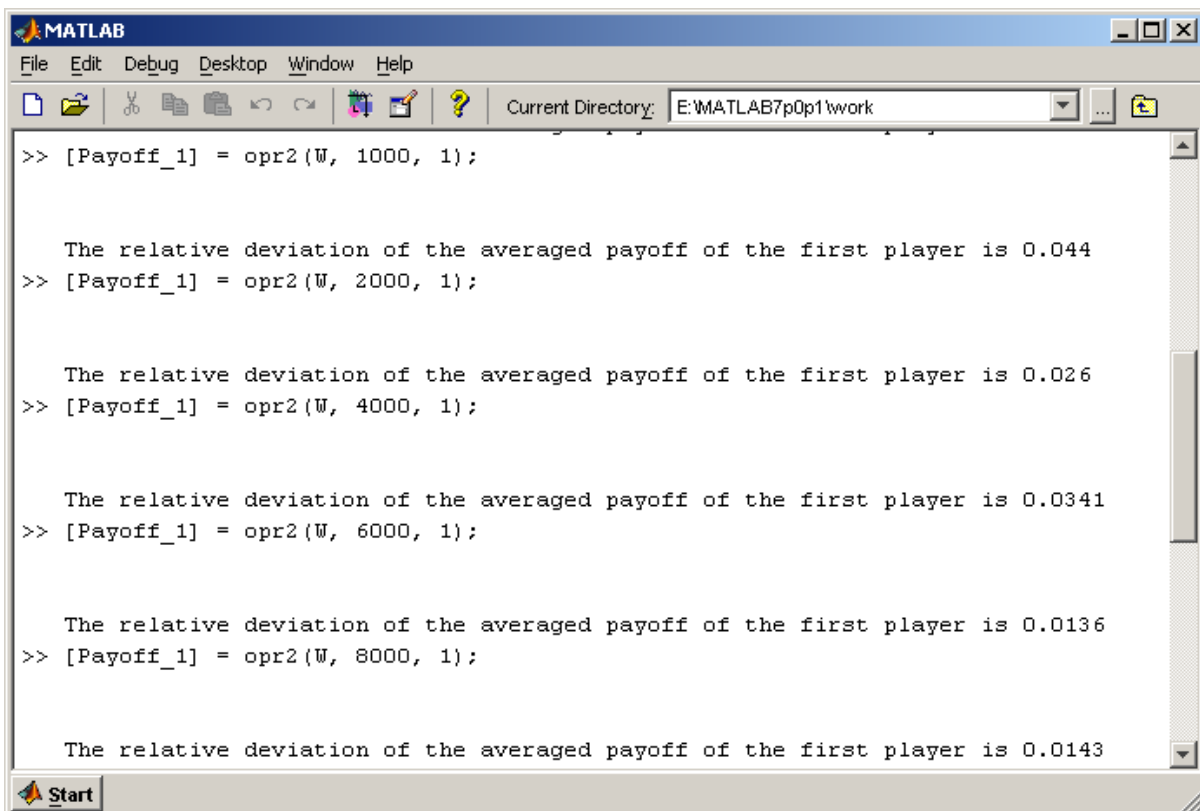
The relative deviation of the averaged payoff of the first player is -0.118
>> [Payoff_1] = opr2(W, 300, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is -0.108
>> [Payoff_1] = opr2(W, 400, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.062
>> [Payoff_1] = opr2(W, 500, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is -0.076
```

Рис. 12



```
MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
Current Directory: E:\MATLAB7p0p1\work

>> [Payoff_1] = opr2(W, 1000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.044
>> [Payoff_1] = opr2(W, 2000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.026
>> [Payoff_1] = opr2(W, 4000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.0341
>> [Payoff_1] = opr2(W, 6000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.0136
>> [Payoff_1] = opr2(W, 8000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.0143
```

Рис. 13

```

MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
Current Directory: E:\MATLAB7p0p1\work

>> [Payoff_1] = opr2(W, 10000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is -0.0262
>> [Payoff_1] = opr2(W, 20000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is 0.00404
>> [Payoff_1] = opr2(W, 30000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is -0.00668
>> [Payoff_1] = opr2(W, 40000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is -0.00787
>> [Payoff_1] = opr2(W, 50000, 1);

The relative deviation of the averaged payoff of the first player is -0.003856

```

Рис. 14

Висновок

Сконструйований програмний модуль “opr2” реалізує метод практичного використання оптимальних змішаних стратегій у матричній грі з порожньою множиною ситуацій рівноваги у чистих стратегіях з відомою наперед кількістю раундів гри, де інформація про те, яку чисту стратегію обирати гравцю у поточному повторенні гри, виводиться у командне вікно MATLAB при включеній опції відображення номерів чистих стратегій, що обираються (шостий аргумент функції “opr2” повинен дорівнювати одиниці). Використовувати модуль “opr2” можна як для моделювання конфліктних процесів, так і при участі у реальних антагоністичних явищах.

Література

1. Романюк В.В. Метод реалізації оптимальних змішаних стратегій у матричній грі з порожньою множиною сідлових точок у чистих стратегіях з відомою кількістю партій гри // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2009. – № 2. – С. 45-52.
2. Romanuke V.V. Method of practicing the optimal mixed strategy with innumerable set in its spectrum by unknown number of plays // Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – 2008. – № 2. – P. 196-203.
3. Romanuke V.V. Determination of the optimal pure strategies subset as the latent predominance set in some matrix games // Scientific Papers of Donetsk National Technical University. “Informatics, Cybernetics and Computer Science”. – 2009. – Vol. 10 (153). – P.46-53.
4. Романюк В.В. Разрешение системы преследователь-добыча для экспоненциальной вероятности поражения добычи преследователем // Вестник НТУ “ХПИ”. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2009. – № 13. – С. 138-149.
5. Романюк В. В. Метод реалізації оптимальних змішаних стратегій у матричній грі з пустою множиною сідлових точок у чистих стратегіях з невідомою кількістю партій гри // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 2. – С. 224-229.
6. Романюк В.В. Метод реалізації принципу оптимальності у матричній грі без сідлової точки // Вісник НТУ “ХПИ”. Тематичний выпуск: Информатика та моделювання. – Харків: НТУ “ХПИ”, 2008. – № 49. – С. 146-154.
7. Романюк В.В. Формулювання одного з принципів оптимальності в елементарній антагоністичній грі без сідлової точки при неповній реалізації оптимальних змішаних стратегій // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2007. – № 2. – Т. 2. – С. 218-222.

Надійшла 29.9.2009 р.

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ЛІНІЙ КІКУЧІ

Розроблено алгоритми та комплекс програм (*Image_Compare*, *Image_Profile*, *Fit_Kikuchi*) для аналізу характерних зображень дифракції електронів (лінії Кікучі). За допомогою методу допустимих перетворень, реалізованого в програмі *Image_Compare*, мінімізується різниця зображень зразка й еталону за масштабом, яскравістю та іншими характеристиками. Зчитування та усереднення профілів розподілу інтенсивності зображень виконуються програмою *Image_Profile*. Аналіз профілів розподілу інтенсивності та визначення відстані між екстремумами профілів реалізовано в програмі *Fit_Kikuchi*. Отримані геометричні параметри зображень лінії Кікучі використовуються для діагностики структурних характеристик кристалів.

The algorithms and complex of the programs (Image_Compare, Image_Profile, Fit_Kikuchi) for the analysis of the characteristic maps of electron diffraction (lines of Kikuchi) are designed. With the help of a method of allowed transformations realised in the program Image_Compare, the difference of the maps of a sample and measurement standard behind a scale, brightness and other characteristics is minimized. Reading and average of structures of distribution of intensity of the maps are executed (designed) by the program Image_Profile. The analysis of structures (profiles) of distribution of intensity and definition of spacing interval between extremum of structures are realised in the program Fit_Kikuchi. The obtained geometrical parameters of the maps of lines Kikuchi will be used for diagnostic of the structural characteristics of chips.

Ключові слова: дифракції електронів (лінії Кікучі), алгоритми для аналізу характерних зображень.

Вступ

В результаті структурної діагностики кристалів за допомогою дифракції Х-променів та електронів отримуються складні за формою розподіли інтенсивності на експериментальних зображеннях. Метод Кікучі (дифракція електронів) відноситься до перспективних дифракційних методів [1]. На картинах Кікучі, які реєструються сучасними детекторами, спостерігається характерна система дифракційних ліній та їх перетинів (вузлів) у вигляді світлих і темних смуг (рис. 1). Зміна координат перетинів ліній Кікучі та їх профілю розподілу інтенсивності містять інформацію про структурні характеристики кристалів: значення параметру ґратки, структурну однорідність та ін. Така інформація про кристали важлива, наприклад, для розробки цілеспрямованих технологій синтезу алмазу [2, 3].

Експериментальні зображення ліній на картинах Кікучі є часто розмитими і нечіткими, а локальні зміни структури кристалів можуть призводити до змін в зображеннях лише в діапазоні кількох пікселів. Крім того, картини Кікучі, отримані від різних областей кристалу, можуть відрізнитися за масштабом. Аналіз зображень ліній Кікучі в ручному режимі є досить трудомістким і не забезпечує максимальної точності [2-3], тому виникла потреба у створенні спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу дифракційних зображень.

Розроблений програмний комплекс містить три програми: *Image_Compare*, *Image_Profile*, *Fit_Kikuchi*. Програма порівняння зображень *Image_Compare*, яка використовує метод допустимих перетворень, нормалізує картини Кікучі однієї серії, максимально наближуючи зображення-зразок до еталону за масштабом, яскравістю, контрастом та іншими характеристиками. Програма *Image_Profile* зчитує із зображення усереднені профілі інтенсивності вздовж вибраних напрямів. Програма *Fit_Kikuchi* виконує аналіз профілів розподілу інтенсивності, наприклад, визначає відстань між мінімумом і максимумом профілю. Всі програми реалізовані в середовищі *Delphi* [4].

1. Програма порівняння зображень *Image_Compare*

В якості початкових даних використано експериментальні зображення ліній Кікучі. Тестові картини Кікучі отримані для серії зразків синтезованих кристалів алмазу (№ 1, № 2) за допомогою скануючого растрового електронного мікроскопу фірми „Zeiss” EVO-50 з використанням CCD – детектора (рис. 1) [3].

Для видалення високочастотного шуму зображення картин Кікучі оброблялися за допомогою програми, створеної в системі MatLab з використанням функцій пакету Image Processing Toolbox [5]. Використано фільтрацію зображень в частотній і просторовій області, зокрема низькочастотні фільтри Гауса (GLPF, Gaussian LowPass Filter) і Баттєрворта (BLPF, Butterworth LowPass Filter).

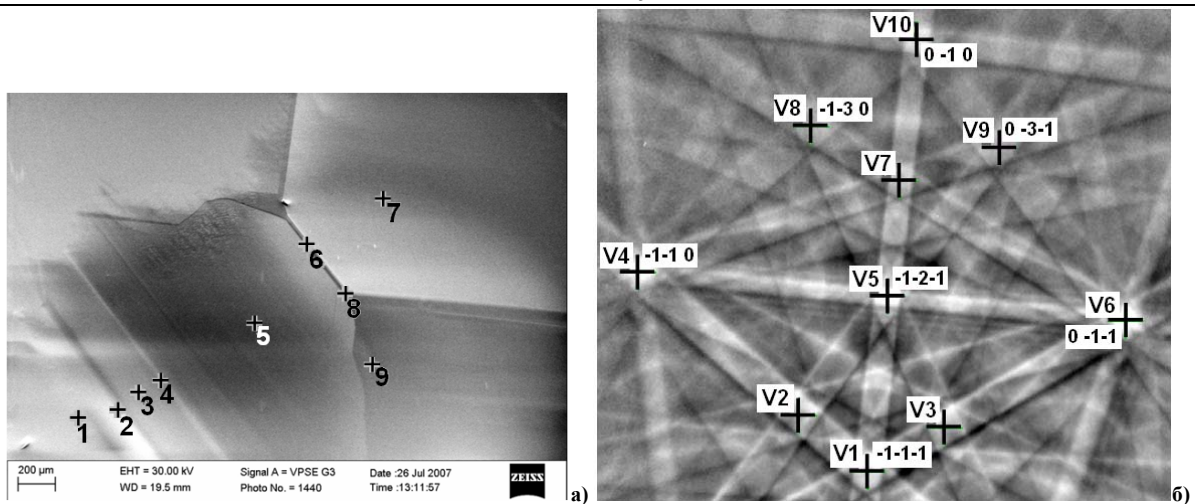


Рис. 1. Кристал штучного алмазу № 1: а) зображення фрагмента (3,0 × 2,0 мм) поверхні, отримане за допомогою растрового електронного мікроскопу; цифрами вказані області № 1 – 9, в яких отримані картини Кікучі; б) картина Кікучі, отримана від області № 1; маркерами «+» відмічені вузли V1 – V10 перетину ліній Кікучі [3].

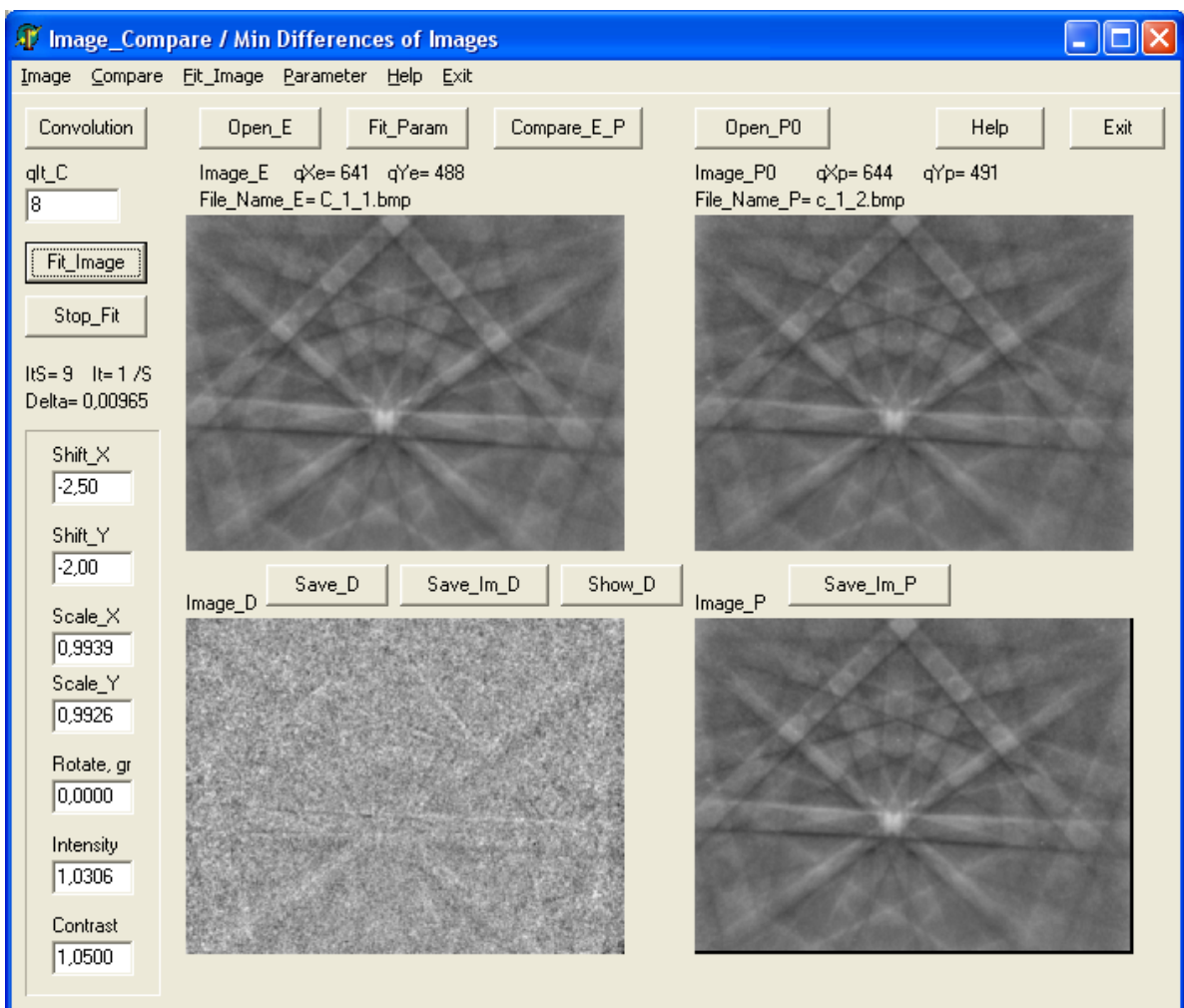


Рис. 2. Інтерфейс програми Image_Compare; обробка картин Кікучі, отриманих від областей № 1 і № 2 кристалу алмазу № 2: Image_E – зображення еталона (область № 1), Image_P0 – початкове зображення зразка (область № 2), Image_P – трансформоване зображення зразка з врахуванням умов експерименту, Image_D – зображення невідповідності між картинами Кікучі еталона і зразка. Параметри трансформації зображення зразка: Shift_X – зсув за шириною, Shift_Y – зсув за висотою, Scale_X – масштаб за шириною, Scale_Y – масштаб за висотою, Intensity – зміна середньої інтенсивності, Rotate – кут повороту, Contrast – зміна контрасту

Проблема аналізу картин Кікучі полягає в тому, що координати перетинів ліній Кікучі (вузлів) залежать не тільки від структурних параметрів досліджуваного кристалу, але й від умов експерименту. Залежно від експериментальних умов (кут падіння електронів на зразок, відстань від зразка до детектора електронів та ін.) можливе зміщення вузла за шириною і висотою, стиснення або розтяг зображення вздовж різних напрямів, поворот, зміна середньої яскравості й інші спотворення. Тому основна задача розробленої

програми полягає в компенсації різниці експериментальних умов для серії картин Кікучі, враховуючи можливі спотворення зображень і використовуючи метод допустимих перетворень [5]. В цілому задача полягає у мінімізації невідповідності (різниці) між зображенням-зразком ліній Кікучі та зображенням-еталоном, отриманим від іншої області кристалу (рис. 2).

Алгоритм роботи програми *Image_Compare* наступний (рис. 3). Після зчитування зображення еталону і зразка ітераційно змінюються параметри трансформації зображень (зсув, масштабування та ін.) таким чином, щоб середня різниця яскравості $\Delta^{e,p}$ відповідних пікселів зображень була мінімальною

$$\Delta^{e,p} = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M \frac{|I_{i,j}^e - I_{i,j}^p|}{\max}, \quad (1)$$

де $I_{i,j}^e, I_{i,j}^p$ – яскравості пікселів зображення еталона і зразка відповідно; N, M – ширина і висота зображення еталона в пікселях, $\max = 255$ – максимальне значення яскравості пікселів зображення.

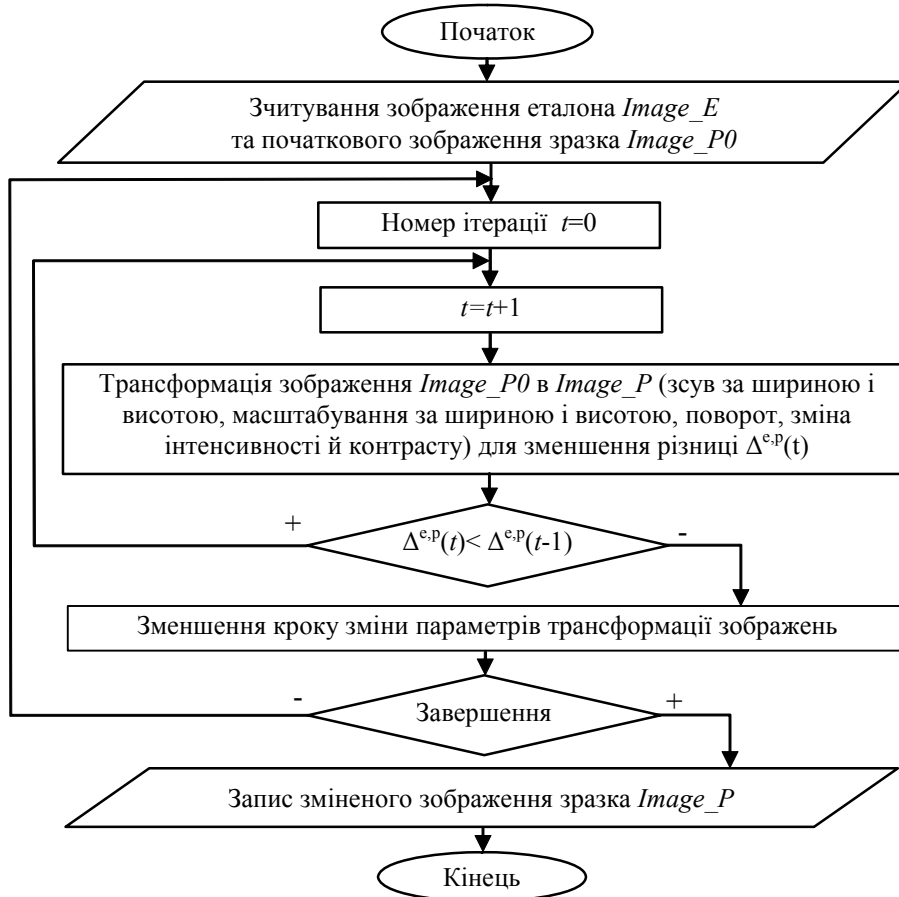


Рис. 3. Спрощений алгоритм програми *Image_Compare*

Середня різниця яскравості $\Delta^{e,p}$ пов'язана з кореляцією K між зображеннями: максимальному значенню $K=1$ відповідає $\Delta^{e,p}=0$, а мінімальному значенню K – максимальне значення $\Delta^{e,p}$. Параметри трансформації змінюються спочатку з великим кроком, а в процесі наближення зображень крок зменшується до встановленого мінімуму [6]. Умовою завершення програми є мінімальне значення для кроку зміни параметрів або дії користувача (рис. 3). Після програмної обробки розподіл інтенсивності картин Кікучі практично не залежить від умов експерименту, а визначається структурними параметрами дослідженої області кристалу.

2. Програма зчитування профілю розподілу інтенсивності *Image_Profile*

Профілі розподілу інтенсивності, перпендикулярні певній лінії Кікучі, визначаються за допомогою розробленого алгоритму і програми *Image_Profile* (рис. 4). Програма *Image_Profile* дозволяє зчитувати окремі профілі, а також усереднювати серії профілів вздовж певного напрямку. За рахунок такого усереднення значно ослаблюється випадкова складова інтенсивності (шум).

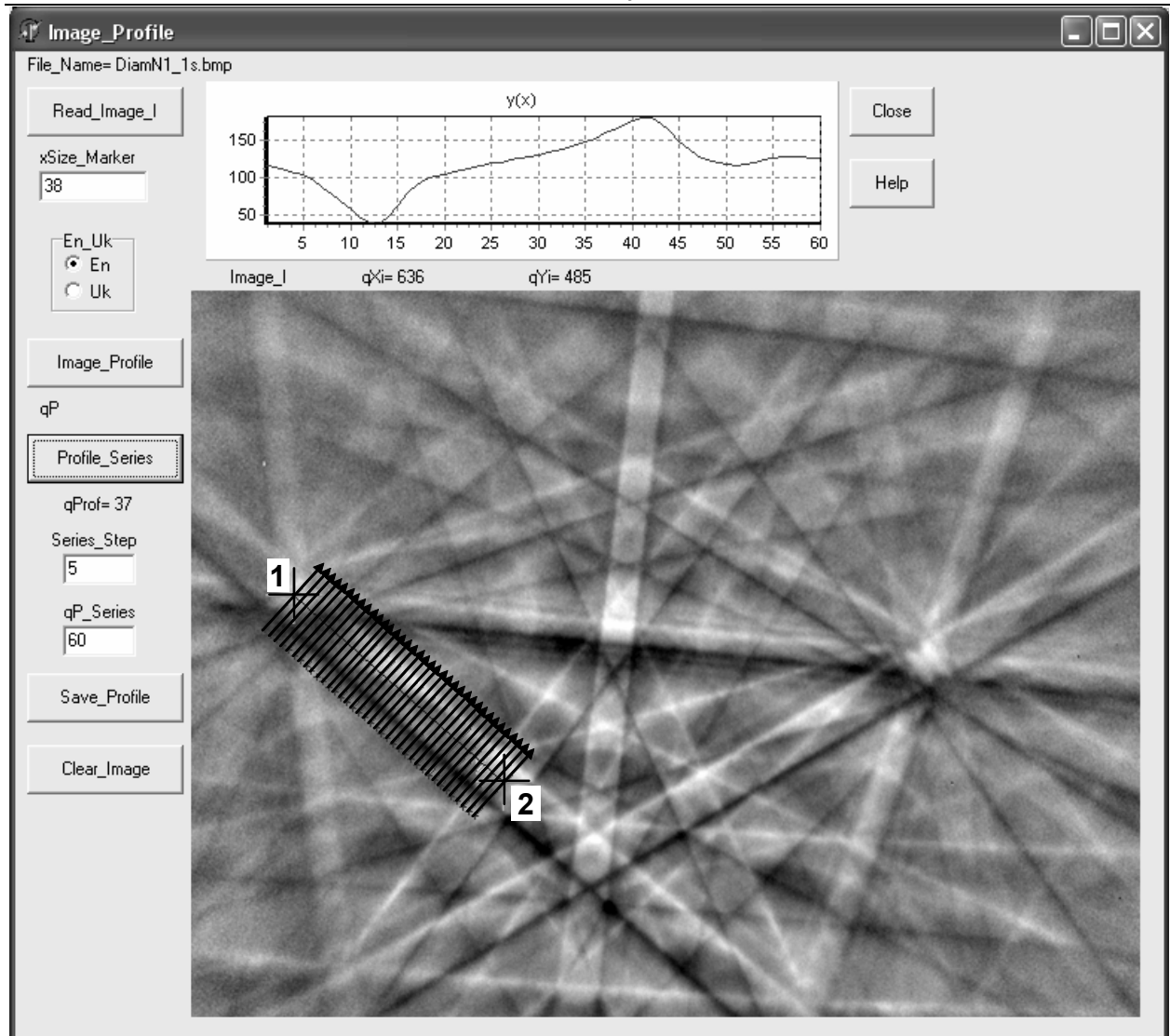


Рис. 4. Інтерфейс програми Image_Profile: зчитування усередненого профілю $y(x)$, перпендикулярного напрямку ліній Кікучі між вузлами V2 і V4 (кристал алмаза № 1, область № 1)

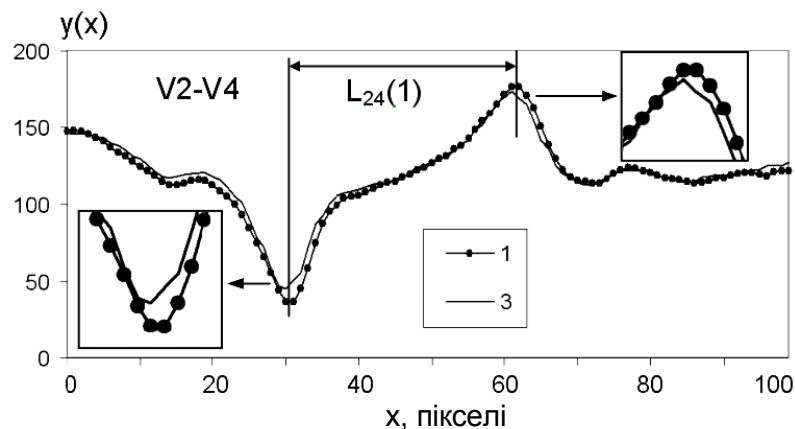


Рис. 5. Профілі розподілу інтенсивності для ліній Кікучі (кристал алмаза № 1, рис. 4) та їх окремих фрагментів (в області піків): 1 (крива з точками) – область № 1, 3 (суцільна лінія) – № 3; ширина лінії між вузлами V2-V4 для області № 1 дорівнює $L_{24}(1) = 30,59$ пікселя, а для області № 3 – $L_{24}(3) = 30,43$ пікселя

3. Програма аналізу профілю Fit_Kikuchi

Для точного визначення такого важливого геометричного параметра ліній Кікучі, як відстань між екстремумами ліній (мінімумом і максимумом, темною і світлою смугою), створено спеціалізовану програму Fit_Kikuchi (рис. 6). Алгоритм роботи програми наступний (рис. 7). Початковий профіль $y(x)$ (один мінімум й один максимум) зчитується з файла і перетворюється в профіль $y_2(x)$ (два максимуми). Перетворення $y(x)$ в $y_2(x)$ відбувається симетричним поворотом лівої частини профілю $y(x)$ відносно середнього значення інтенсивності профілю. Максимуми профілю $y_2(x)$ апроксимуються двома розподілами

Гауса $G_1(x)$ і $G_2(x)$ (2) з координатами центрів x_{c1} , x_{c2} й середньоквадратичними відхиленнями σ_1 , σ_2 відповідно. В якості апроксимуючої функції вибрано розподіл Гауса (нормальний розподіл) тому, що він точно описує форму більшості піків профілю.

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-x_c)^2}{2\sigma^2}\right). \quad (2)$$

Сукупність розподілів Гауса описується профілем $y_f(x) = G_1(x) + G_2(x)$. В процесі наближення $y_f(x)$ до $y_2(x)$ координати центрів x_c й середньоквадратичні відхилення σ розподілів Гауса ітераційно змінюються шляхом мінімізації значення середньоквадратичної різниці

$$C_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_2(x) - y_f(x))^2}, \quad (3)$$

де n – кількість точок профілю.

Різниця профілів C_r розраховується тільки в діапазоні $(x_c - \sigma, x_c + \sigma)$ відносно центру x_c кожного розподілу Гауса, що дозволяє більш точно визначати координати піків (рис. 6). Умовою завершення програми є мінімальне значення для кроку зміни параметрів x_c та σ або дії користувача (рис. 7).

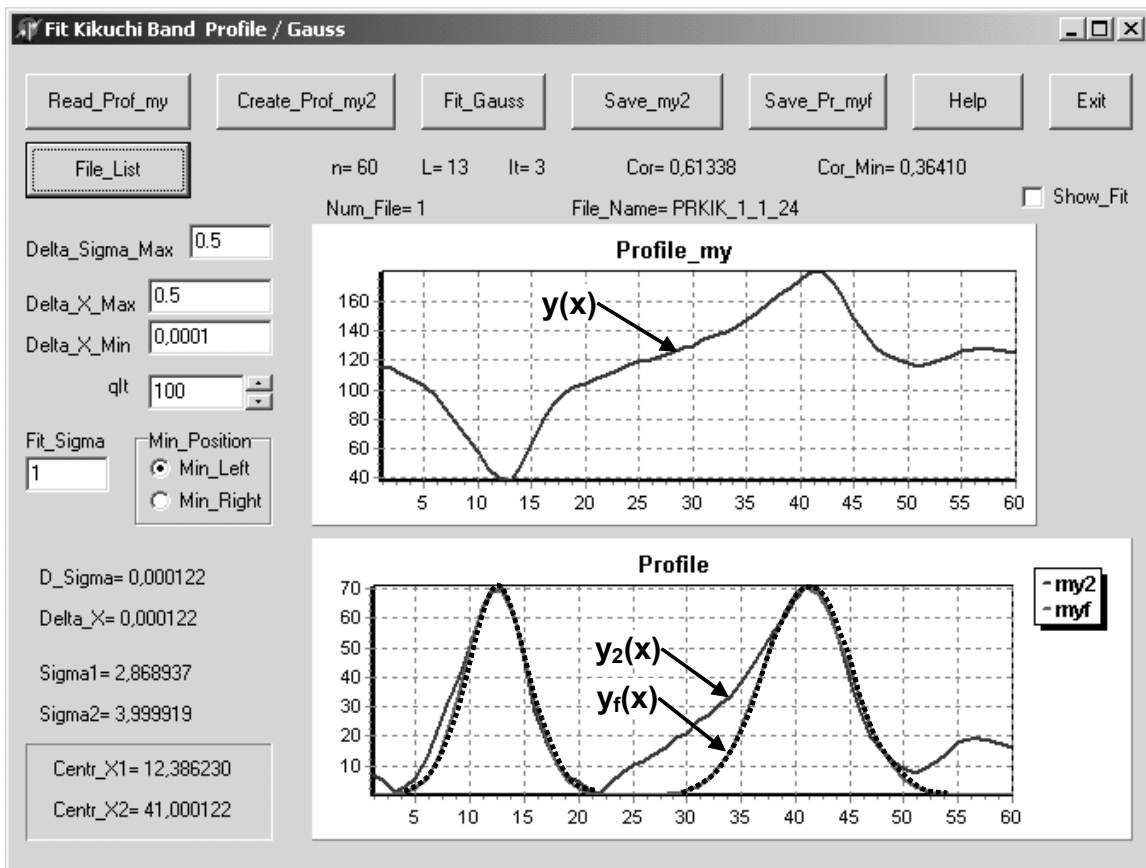


Рис. 6. Інтерфейс програми Fit_Kikuchi: визначення відстані між екстремумами профілю лінії Кікучі (кристал алмаза № 1, область № 1, лінія між вузлами 1/2 и 1/4)

Висновки

1. Створено алгоритм і програму порівняння зображень, що дозволяє нормувати масштаб та інші геометричні характеристики серії картин Кікучі. Завдяки програмній обробці розподіл інтенсивності картин Кікучі залежить тільки від структурних параметрів кристалів, а не від геометричних умов експерименту.

2. Розроблено програмне забезпечення для усереднення профілів розподілу інтенсивності ліній Кікучі вздовж певних напрямів, що значно ослаблює випадкову складову інтенсивності (шум) і підвищує інформативність методу ліній Кікучі.

3. Виконано апроксимацію профілів розподілу інтенсивності ліній Кікучі функціями Гауса за допомогою розробленого алгоритму і програми, завдяки чому підвищено точність визначення ширини ліній, а відповідно і структурних параметрів кристалу.

Таким чином, використання розроблених алгоритмів та програмного комплексу автоматизує процес аналізу зображень ліній Кікучі, мінімізуючи суб'єктивні фактори. В результаті можливе визначення локальних змін структурних властивостей кристалів на основі геометричних параметрів картин Кікучі.

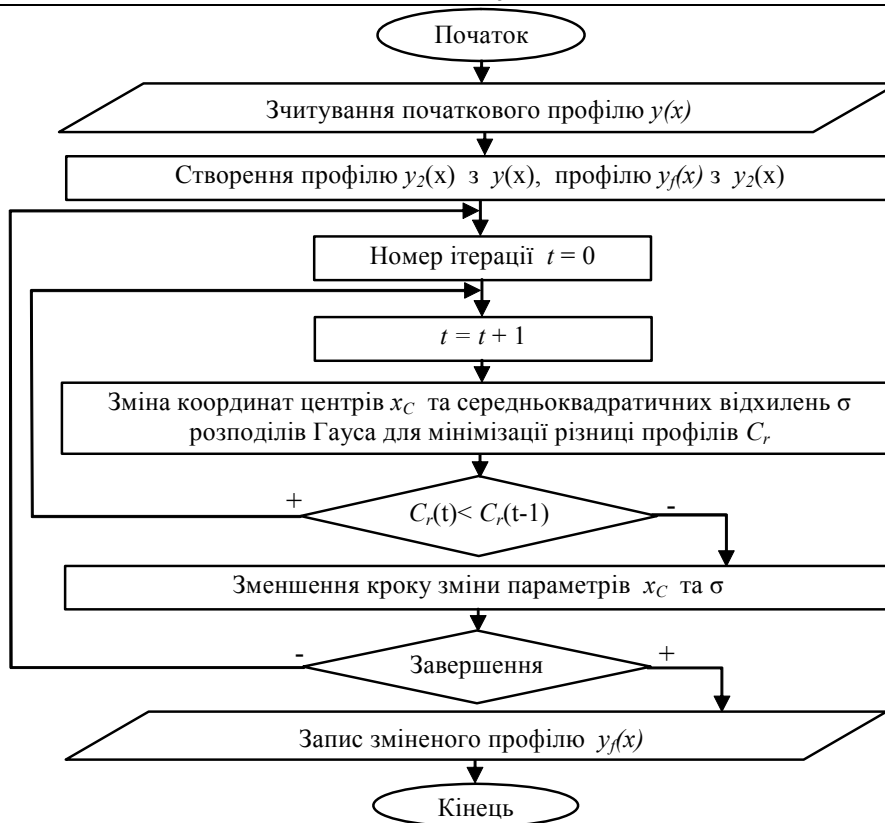


Рис. 7. Спрощений алгоритм програми Fit_Kikuchi

Література

1. Bubert H., Jenett H. Surface and Thin Film Analysis. – Wiley-VCH Verlag, 2002. – 352 p.
2. Chalker P.R., Johnston C., Werner M. Physical properties of diamond for thermistors and pressure transducers // Semiconductor Science and Technology. – 2003. – V.18. – P.113-116.
3. Ткач С.В., Кузьменко Е.Ф., Ткач В.Н., Гонтарь А.Г., Шульженко А.А. Возможности цифровой растровой микроскопии высокого разрешения при исследовании структуры режущей двухслойной пластины // Сверхтвердые материалы. – 2003. – № 5. – С. 24-30.
4. Архангельский А.Я. Программирование в Delphi 7. – М.: БИНОМ, 2004. – 1152с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MatLab. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
6. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 509 с.

Надійшла 19.9.2009 р.

УДК 678.08

М.Є. СКИБА, Ю.Б. МИХАЙЛОВСЬКИЙ, Г.С. ГОЛОВКО

Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ПОЛІМЕРІВ У МОЛОТКОВОМУ ПОДРІБНЮВАЧІ

Розглянуто вплив основних факторів на процес подрібнення полімерів у молотковому обладнанні. Проведено моделювання процесу подрібнення за допомогою програмного комплексу Impact і визначено ступінь впливу окремих факторів.

Influence of major factors on process of crushing polymers in hammer a grinder the equipment is considered. Modeling process of crushing by means of program complex Impact is lead and the degree of influence of separate factors is certain.

Ключові слова: подрібнення полімерів, моделювання процесу.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями

В умовах постійно зростаючої конкуренції будь-яка інженерна розробка повинна задовольняти визначені критерії та не поступатися вже існуючим, а навпаки, мати істотні переваги над ними.

Відповідність цим критеріям можлива тільки при комплексній оцінці впливу геометричних параметрів, властивостей використовуваних матеріалів і умов роботи виробу.

Проведення такого аналізу з урахуванням усе зростаючої складності інженерних розрахунків можливе лише із застосуванням найефективніших сучасних комп'ютерних технологій [1].

Для розв'язання таких задач використовуються чисельні методи. Серед чисельних методів найбільш розповсюдженим є метод кінцевих елементів (МКЕ), тому що він є найзручнішим для реалізації на ЕОМ і дозволяє провести комплексну оцінку ступеня впливу всіх факторів на будь-який об'єкт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Широке використання методу скінчених елементів для розв'язання комбінованих нелінійних задач динаміки [2, 3] є наслідком його численних переваг, які були згадані вище.

В наш час найбільшого поширення отримують реалізації метода скінчених елементів для розв'язання комбінованих нелінійних задач динаміки [2, 3]. Це пов'язано з розвитком комп'ютерної техніки, що дозволяє досить швидко і точно розв'язувати задачі динаміки. Також застосування динамічного аналізу дозволяє найбільш точно враховувати фактори впливу на процес, що досліджується.

Розроблена раніше конструкція молоткового подрібнювача [4] передбачає подрібнення полімерів за рахунок сили удару шарнірно закріплених молотків з загостреними ріжучими кромками. Конструкція пристрою та процес подрібнення є достатньо складні і для ефективного проектування такого обладнання необхідно знати ступінь впливу всіх факторів.

Чисельні методи розрахунку дозволяють отримувати практично такі ж самі результати, як і при аналітичному розрахунку, при цьому похибка складає тисячні долі відсотка, що не є суттєвим. Слід також зауважити, що точність чисельного розрахунку, в першу чергу, залежить від того на скільки коректно була сформульована постановка задачі, підібрана належна кількість факторів, зроблена точність і якість розбивки. Безумовно, враховується і точність апроксимації геометрії кінцевими елементами, а також фізичною моделлю, яка закладається в кінцевому елементі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Для ефективного проектування молоткового подрібнювача полімерів необхідно знати ступінь впливу всіх факторів і враховувати це при розробці обладнання та технологічного процесу. Отже метою моделювання процесу подрібнення полімерів за допомогою молоткового обладнання є визначення найбільш впливових факторів на процес подрібнення.

Виклад основного матеріалу досліджень

Конструкція молоткового подрібнювача з шарнірно закріпленими молотками [4] описана математичною моделлю, що складається з двох взаємопов'язаних частин: взаємодія робочого органу з матеріалом; визначення основних конструктивно-технологічних параметрів пристрою [5]. Ця модель враховує наступні основні фактори.

Геометричні параметри інструменту

- кут загострення;
- форма ножа;
- товщина молотка;
- радіус затуплення ножа.

Технологічний фактор: швидкість взаємодії інструменту з матеріалом.

Для оцінки ступеню їх впливу були розроблені моделі взаємодії матеріалу з інструментом, що дозволяли враховувати ці фактори.

Дослідження впливу кута загострення ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні проводилося при наступних початкових значеннях: товщина молотка $t = 2$ мм; швидкість робочого органу $U = 62,5$ м/с; тип матеріалу, що подрібнюється – гума. Дана модель дозволяє моделювати як звичайне так і посковзне різання. Моделювання проводилося для різних кутів загострення молотка (рис. 1).

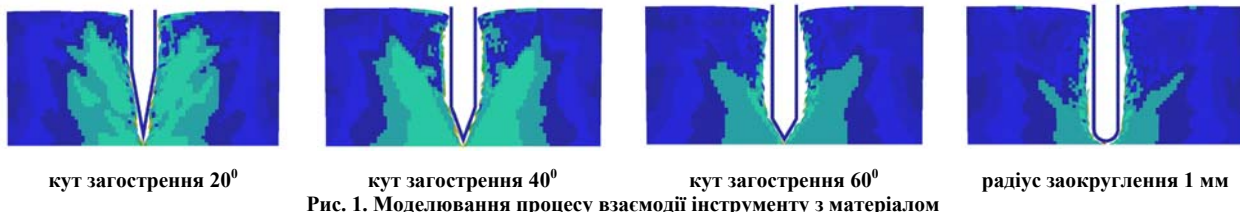


Рис. 1. Моделювання процесу взаємодії інструменту з матеріалом

Проаналізувавши результати розрахунків (рис. 1), були визначені питомі енергії утворення одиниці вільної поверхні, враховуючи усі вище перераховані фактори (рис. 2). В ході моделювання досліджувалось звичайне і посковзне різання. Це дозволило нам визначити, що різниця між ними незначна і не перевищує 0,1 %. Це пов'язано з тим, що складова ковзання ножа по матеріалу на декілька порядків нижча, ніж швидкість руху ножа в матеріалі в напрямку різання.

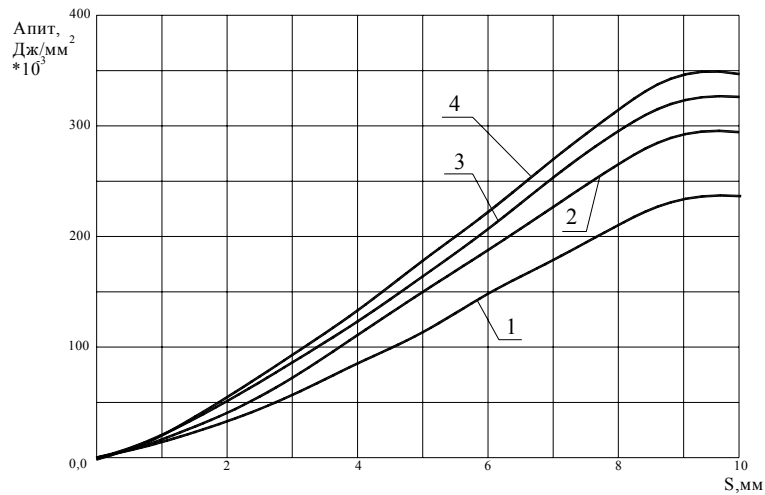


Рис. 2. Питому енергія утворення одиниці вільної поверхні:

- 1 – кут загострення ножа 20° ,
 2 – кут загострення ножа 40° ,
 3 – кут загострення ножа 60° ,
 4 – радіус закруглення 1 мм

Проаналізувавши отримані графічні залежності (рис. 2), була отримана залежність, що описує вплив кута загострення на питому енергію (рис. 3). При збільшенні кута загострення ножа α спостерігається збільшення витрат енергії, яке при досягненні певного значення α зростає повільніше. З рис. 3. також видно, що на ділянці збільшення кута загострення від 10° до 50° спостерігається різкий зріст питомої енергії. В той же час на ділянці від 50° до 60° відбуваються вже незначні зміни її величини. Це зумовлено тим, що кут загострення ріжучого інструменту наближується до різаків з заокругленим кінцем, адже різка матеріалу інструментом з затупленим лезом відбувається з витратами більшої кількості роботи.

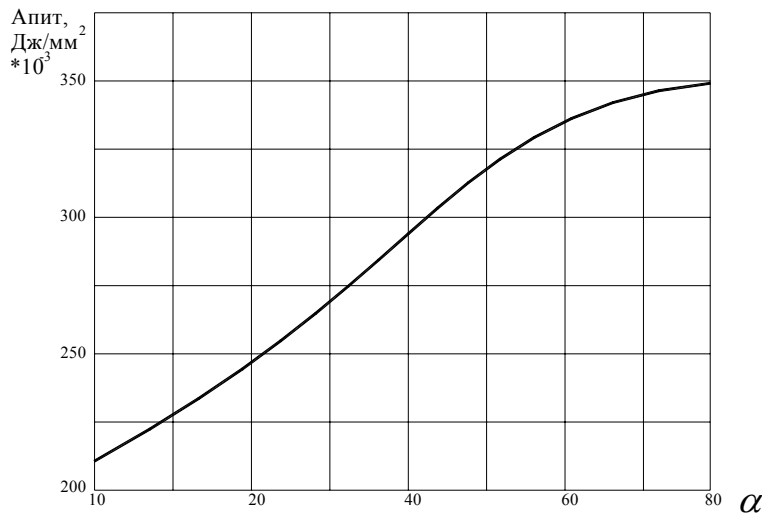


Рис. 3. Залежність питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні від кута загострення молотків

Дослідження впливу форми ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні необхідно проводити для основних типів ріжучих кромки. В даний момент для процесів рубки і різання матеріалів використовуються наступні основні типи ріжучих кромки (рис. 4).

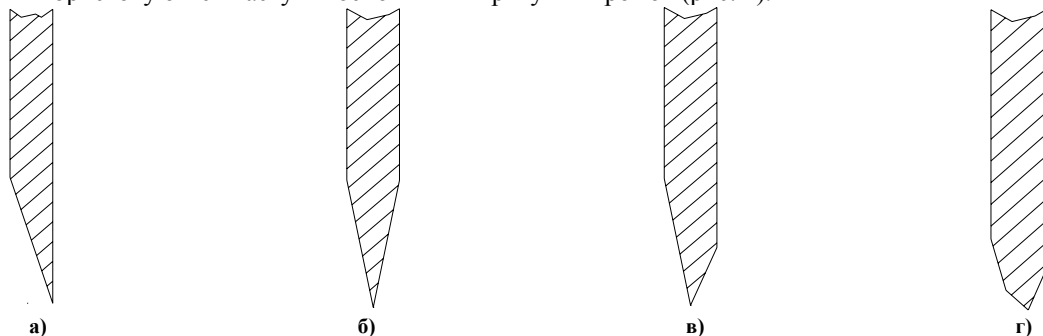


Рис. 4. Основні типи ріжучих кромки різаків: а – з одностороннім загостренням, б – з двостороннім симетричним загостренням, в – з двостороннім асиметричним загостренням, г – зі зміцнюючою кромкою

Для створення попередньої моделі (рис. 1) було взято за основу варіант рис. 4, б, тобто лезо з двостороннім симетричним загостренням, як найбільш розповсюджений тип ріжучої кромки. Для визначення впливу виду ріжучої кромки була створена модель для різача типу рис. 4, а. Усі умови і режими були прийняті з попередньої моделі з ціллю дослідити лише вплив форми ножа на величину питомої енергії.

Для дослідження впливу форми ножа на величину питомої енергії була розроблена модель. За даною моделлю було проведене моделювання, покрокові результати якого представлені на рис. 5.

Для аналізу проведених розрахунків моделі з одностороннім загостренням леза, необхідно порівняти результати з попереднім розрахунком, що проводився для двосторонньо загостреного леза.

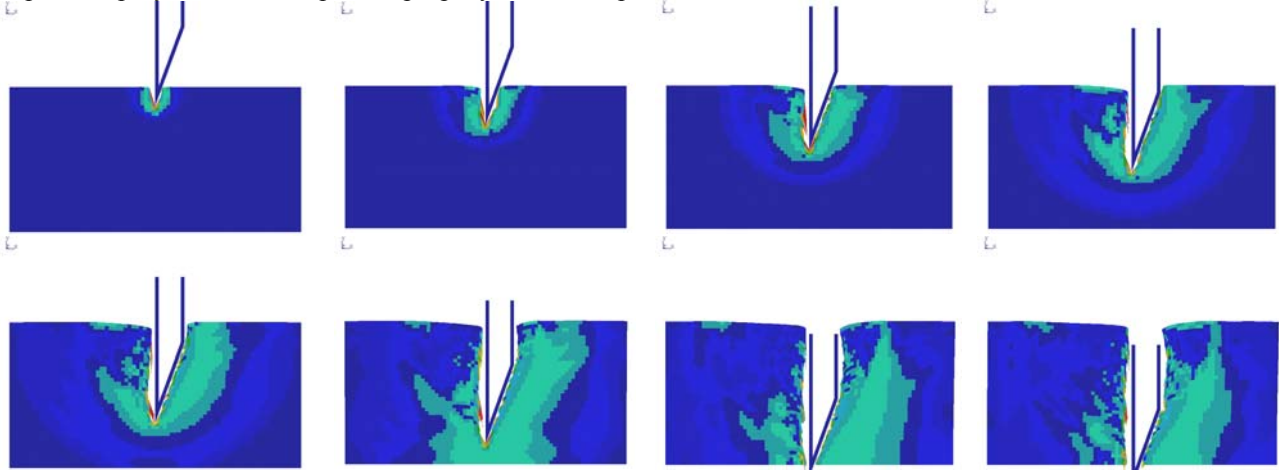


Рис. 5. Покрокова взаємодія молотка з матеріалом

У випадку рівномірно загостреного з обох сторін клина величина деформації з обох сторін леза однакова. А для одностороннього загострення клина величина деформації залишається незмінною, але вона переважно розташовується з однієї сторони, в той час як з іншої сторони відбувається деформація поверхні переважно від сил тертя. З аналізу математичної моделі, що наведена в роботі [5], відомо, що вплив на величину питомої енергії пружної деформації мають нормальні напруження і зсувні деформації $dA_{np}^{num} = \sigma d\varepsilon + \tau dy$. Робота згідно з математичною моделлю [5] на утворення одиниць вільної поверхні, а також робота на стискання і тертя матеріалу буде більшою, ніж при рівномірному загостренні клину, оскільки відбувається стискання більшого об'єму матеріалу, що викликано впливом додаткової деформації матеріалу. Графічні залежності (рис. 6) підтверджують це різким збільшенням величини питомої енергії (пунктирна лінія), що витрачається при односторонньому загостренні ріжучого інструменту відносно величини питомої енергії при рівномірно загостреному лезі (суцільна лінія). Аналогічне збільшення величини питомої енергії відбувається і для інших типів ріжучих. Самі собою впливають висновки, що найоптимальніше використовувати клин з рівномірним загостренням.

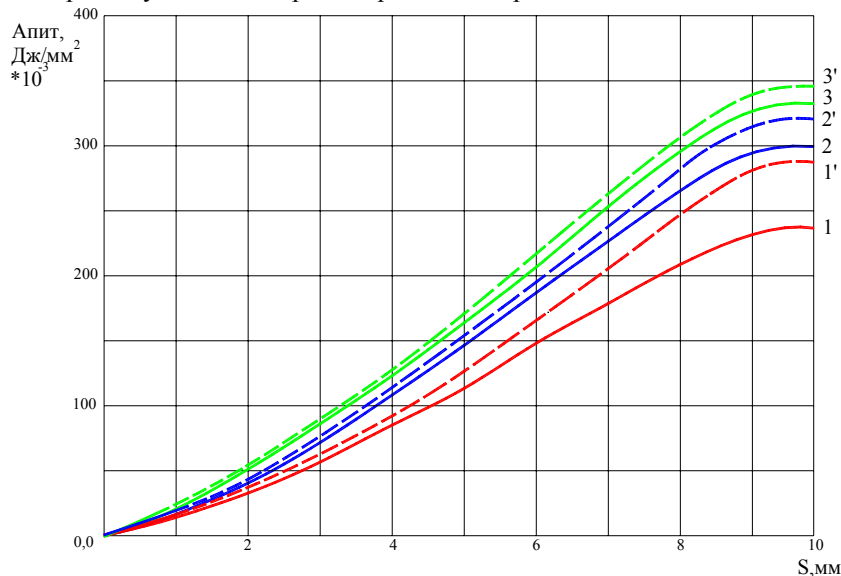


Рис. 6. Питома енергія утворення одиниці вільної поверхні для різних способів загострення ножа:

- 1, 1' – кут загострення ножа 20° ,
- 2, 2' – кут загострення ножа 40° ,
- 3, 3' – кут загострення ножа 60° ,
- 4, 4' – радіус закруглення 1 мм

поверхні (рис. 7). З попередніх досліджень відомо, що робота залежить від степеня і кількості деформації матеріалу. При збільшенні товщини ножа відбувається взаємодія з більшим об'ємом матеріалу, що, в свою чергу, призводить до збільшення питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні.

Розглядаючи вплив товщини ножа на процес подрібнення, було проведено моделювання процесу різання для ножів з товщиною 1 мм, 1.5 мм, 2 мм, 2.5 мм, 3 мм. Таке моделювання дозволило отримати графічні залежності зміни величини питомої енергії від глибини проникнення ножа в матеріал (рис. 7).

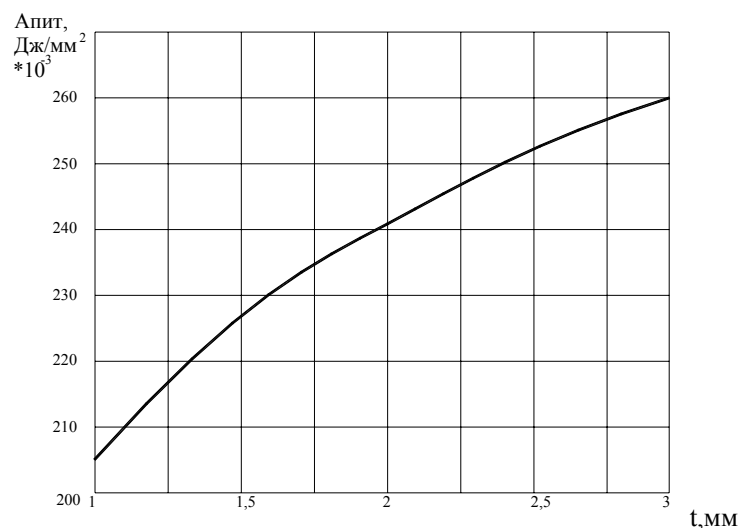


Рис. 7. Вплив товщини ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні

В процесі моделювання впливу товщини ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні було визначено, що при збільшенні товщини ножа збільшуються витрати питомої енергії.

Зі збільшенням товщини ножа збільшується його маса, що в свою чергу, призводить до збільшення кінетичної енергії ріжучого інструменту. Таким чином робота руйнування, яку виконує молоток, збільшується прямо пропорційно зі збільшенням маси молотка.

Для дослідження впливу радіуса заокруглення ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні були розроблені моделі ріжучих молотків з радіусами заокруглення в межах від 0.05 до 0.5 мм. Моделювання проводилось при тих самих режимах, що і в попередніх дослідженнях.

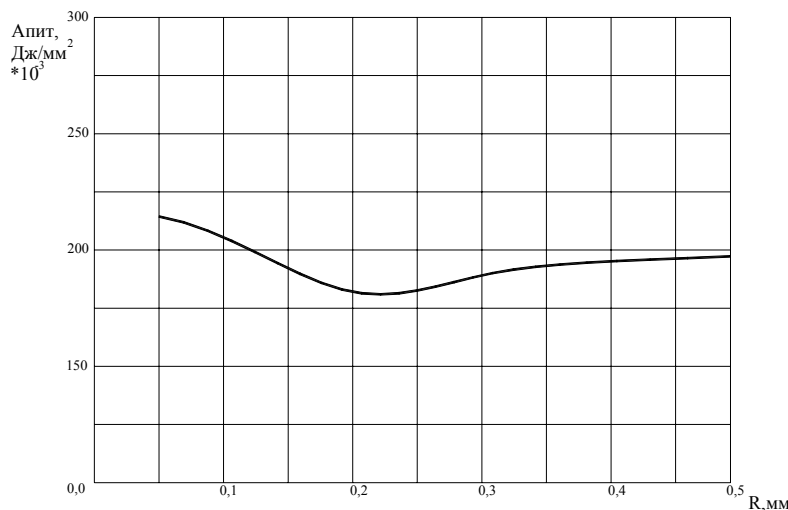


Рис. 8. Вплив радіуса заокруглення ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні

Моделювання впливу величини радіуса заокруглення на величину питомої енергії показало, що при збільшенні радіуса заокруглення величина питомої енергії поступово зменшується, а при радіусі заокруглення в межах 0,15...0,25 мм відбувається різке її зменшення (рис. 8). Це пояснюється тим, що при певному радіусі заокруглення відбувається більш плавне розподілення напруження на кінці леза, що обумовлює зменшення питомої енергії. В цей же час при подальшому моделюванні і збільшенні радіуса заокруглення величина питомої енергії плавно зростає і в подальшому практично не змінюється.

Дослідження впливу швидкості взаємодії ножа з матеріалом на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні проводилося на моделях, в яких змінювалися швидкості молотка в межах від 31.25 м/с до 125 м/с. Це є найбільш розповсюджені режими, при яких працює переробне обладнання. Такий широкий діапазон швидкостей був прийнятий з ціллю якомога точніше дослідити і описати взаємодію

ріжучого органу з матеріалом.

В результаті проведених досліджень були отримані результати, які вказують на те, що при збільшенні швидкості ріжучого інструменту відбувається зменшення витрат питомої енергії. Це пояснюється тим, що при великих швидкостях ріжучого інструменту зона взаємодії ножа з матеріалом не встигає розвинути вглиб матеріалу (рис. 9). Аналізуючи отримані графічні залежності, визначено, що при збільшенні швидкості більше, ніж 62.5 м/с, питома енергія утворення одиниці вільної поверхні зменшується несуттєво. Тобто можна зробити висновки, що збільшення швидкості робочого органу не дає суттєвого зменшення роботи. З цього виходить, що можна зупинитися на значенні швидкості в межах 62.5 м/с.

Дослідження впливу коефіцієнту тертя на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні дозволило підтвердити логічні припущення про те, що зі збільшенням коефіцієнту тертя матеріалу відбувається різке збільшення величини витрат питомої енергії (рис. 10). Це пояснюється тим, що від коефіцієнту тертя залежать зсувні деформації, що виникають по поверхні контакту інструмента з матеріалом. Для зменшення дії коефіцієнту тертя пропонується в процесі подрібнення додавати в робочу зону емульгатор.

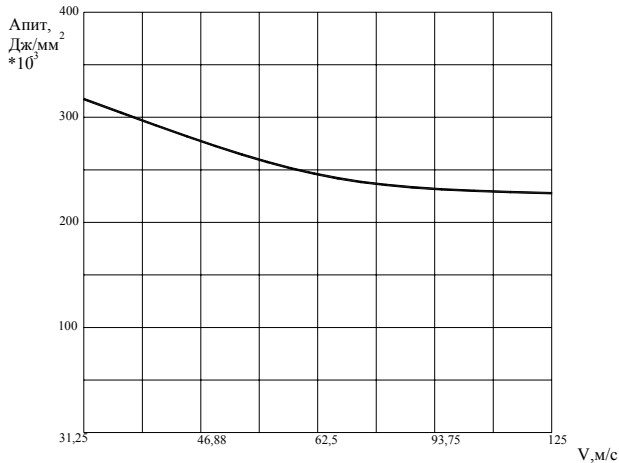


Рис. 9. Вплив швидкості ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні

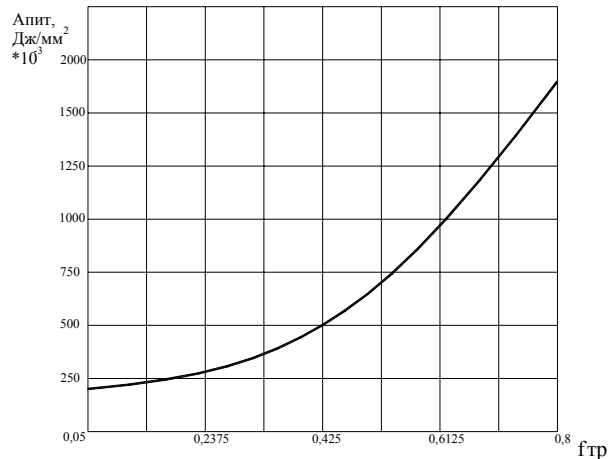


Рис. 10. Вплив коефіцієнта тертя на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні

Висновки

Підсумовуючи проведену роботу, можна зробити висновки про те, що для ефективного проектування молоткового подрібнювача полімерів та технологічного процесу необхідно враховувати наступні пропозиції по проектуванню:

- збільшення кута загострення ножа веде до значного збільшення витрат енергії і обирати його бажано в межах від 10^0 до 30^0 ;
- найоптимальніший тип ріжучої кромки – клин з рівномірним загостренням;
- вплив товщини ножа на величину питомої енергії утворення одиниці вільної поверхні незначний, а зі збільшенням товщини ножа збільшується його маса, що в свою чергу, призводить до збільшення кінетичної енергії ріжучого інструменту і відповідно таким чином робота руйнування, яку виконує молоток, збільшується прямо пропорційно зі збільшенням його маси;
- радіус заокруглення ножа бажано обирати в межах від 0,15 мм до 0,25 мм;
- при збільшенні швидкості руху ножа більше ніж 62.5 м/с питома енергія утворення одиниці вільної поверхні зменшується несуттєво і можна зупинитися на значенні швидкості в межах 62.5 м/с;
- для зменшення дії тертя пропонується в процесі подрібнення додавати в робочу зону емульгатор.

Література

1. Скиба М.Є., Михайловський Ю.Б., Головка Г. С. Impact – програмний комплекс для нелінійного динамічного аналізу // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 1. – С. 70-76.
2. Concepts And Applications Of Finite Element Analysis, Third edition – Robert D. Cook, David S. Malkus, Michael E. Plesha, ISBN 0-471-84788-7
3. The Finite Element Method – Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis – Thomas J. R. Hughes, ISBN 0-484-41181-8
4. Скиба М. Є., Михайловський Ю. Б., Головка Г. С. Проектування молоткового подрібнювача для переробки гуми в високоеластичному стані // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 4. – С. 183-186.
5. Головка Г. С. Розробка наукових основ створення ресурсозберігаючих технологій для проектування високопродуктивного молоткового обладнання // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – Т. 2. – № 2. – С. 63-68.

Надійшла 10.9.2009 р.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА НАСЫЩЕНИЯ РАСТВОРОМ ПОРИСТОГО ИСКУССТВЕННОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Представлено модель нестационарного процесса насыщения раствором пористого искусственного заполнителя легких бетонов. В среде Mathematica 7.0 реализован алгоритм численного решения соответствующей нестационарной задачи.

There has been represented a model of non-stationary process of saturating with blend the porous artificial filler for the light concretes. Within the environment Mathematica 7.0 there has been realized the algorithm of the numerical solution of the corresponding non-stationary problem.

Ключові слова: моделювання, виготовлення легких бетонів.

Одной из главных задач описания и изучения закономерностей процессов приготовления лёгких бетонов на основе искусственных пористых заполнителей является нестационарная задача процесса насыщения водно-цементным раствором элемента пористого керамзитового заполнителя. В работах авторов [1] – [4] получены основные математические модели процессов приготовления и укладки крупнопористого керамзитобетона (КПКБ), заполнителем которого являются зерна в виде твёрдых керамзитовых пористых шаров с заданным предельным отклонением δR от стандартного размера радиуса R , и дана их технологическая интерпретация. Установлено [4], что оценкой относительной глубины насыщения по нормативным требованиям [6] минимальной прочности КПКБ для распространённых видов марок цемента и керамзита служит $0,02 \leq \frac{dR}{R} \leq 0,1$.

В настоящей работе рассматривается задача численного решения одномерного уравнения вынужденной диффузии водно-цементного раствора, заполняющего пространство между зёрнами ПЭ, внутри шара в радиальном направлении в сферической системе координат [1]:

$$\alpha E_k \cdot \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{D}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{k}{\eta} \frac{\partial u}{\partial r} \frac{\partial P}{\partial r} + f(u), \quad (1)$$

где $u = u(r, t)$ – степень насыщения раствором, t – время, r – приведенная радиальная координата. Граничные и начальные условия определяются физическим смыслом моделируемых задач [1], E_k – удельная эффективная пористость зерна, D – коэффициент диффузии раствора в зерне, k – проницаемость керамзита, η – вязкость раствора, P – внутрижидкостное давление. Вид функции $f(u)$ определяется, как правило, физико-химическими, механическими и др. процессами, протекающими в описываемой системе. Например, для рассматриваемых далее задач это – экспоненциальные, логарифмические зависимости или их комбинации; α – выравнивающий размерность временной коэффициент.

Сложность решения подобных задач состоит в нелинейности функции $f(u)$, поэтому общеизвестные методы решения, как правило, неработоспособны, а для каждого её вида необходим особый подход, учитывающий физическое содержание процесса, и разработки специальных алгоритмов и программ.

Решение данной задачи производилось следующим образом. Выбирался постоянный шаг по времени $\tau = \Delta t$, частную производную $\frac{\partial u}{\partial t}$ приближали конечной разностью второго порядка точности по

времени $\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{u^{k+1} - u^k}{\tau/2}$ [5]. Заменой $u = \frac{V}{r}$ конечно-разностный аналог задачи (1) представляется в следующем виде:

$$D \cdot \frac{d^2 V^{k+1/2}}{dr^2} - W \frac{dV^{k+1/2}}{dr} - \frac{1}{r} \left(W + \frac{dW}{dr} \right) \cdot V^{k+1/2} + r \cdot f \left(\frac{V^{k+1/2}}{r} \right) - \alpha E_k \cdot \frac{2}{\tau} \cdot V^{k+1/2} + \alpha E_k \cdot \frac{2}{\tau} \cdot V^k = 0, \quad (2)$$

где $V^{k+\frac{1}{2}} = \frac{V^{k+1} + V^k}{2}$ некоторое промежуточное значение искомой функции между $k+1$ и k -м временными слоями, $W = \gamma \cdot e^{-\mu \cdot r}$ или $W = \gamma \cdot r + \mu$, $\mu = W(0, x) = \mu_0$, γ – линейная скорость потока раствора под вынужденной диффузией от внешних механических воздействий и химических превращений. Начальное условие $V^0_1(r, 0) = r \cdot u^0 = r \cdot u(r, 0)$. Граничные условия:

$$\left[\alpha_1 \cdot \frac{dV^{k+\frac{1}{2}}}{dr} + \left(\beta_1 - \frac{\alpha_1}{r} \right) \cdot V^{k+\frac{1}{2}} \right]_{r=1} = \beta_1 \cdot V^{k+1}, \quad (3)$$

$$\left[\frac{dV^{k+\frac{1}{2}}}{dr} \right]_{r=\delta} = 0, \quad (4)$$

где $\delta = 1 - \frac{dR}{R}$, $0 \leq \delta < 1$, а для рассматриваемой задачи: $0,9 \leq \delta \leq 0,98$.

На каждом временном слое решалось обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка (2) с граничными условиями (3)- (4). Численное решение этого уравнения находилось в среде *Mathematica 7.0* [7], исходя из литературных рекомендаций и сравнений её работоспособности с ППП *MathCAD* и *MatLab* для решения подобных задач.

Пересчет значений при переходе на очередной, $k+1$ временной слой, осуществлялся по формуле $V_i^{k+1} = 2 \cdot V_i^{k+\frac{1}{2}} - V_i^k$, где $i = 1, \dots, n$ – номера узлов по координате r , а искомое решение $u_i^{k+1} = \frac{V_i^{k+1}}{r_i}$.

Входные параметры задаются при запуске программы *Mathematica*.

Реализовывается сравнительное решение математической модели по трем параметрам:

1. С различными значениями скорости γ : $1-\gamma_1=0,8$ (верхний), $2-\gamma_2=1$ (средний), $3-\gamma_3=1,3$ (нижний). Задаваемыми параметрами являются: коэффициент диффузии D и эффективная пористость зерна E_k .
2. С различными значениями E_k : $E_{k1}=0,4$; $E_{k2}=0,5$; $E_{k3}=0,55$. Задаваемыми параметрами являются: D и γ .
3. С различными значениями коэффициента D : $D_1=0,2$; $D_2=0,25$; $D_3=0,35$. Задаваемыми параметрами являются: γ , E_k и m – количество временных слоев.

На рис. 1-3 приведены характерные значения расчетов u^k на 4, 7, 10 временных слоях для различных модельных скоростей u^4 , из которых можно анализировать динамику выхода процесса на стационар и определять ряд технологических параметров процесса и влияние, в том числе минимальное время насыщения зерна водоцементным раствором заданного $\frac{B}{C}$ -отношения на необходимую глубину δ ,

перечисленных параметров E_k , D и временного интервала T . Решение принималось за стационарное, если двух соседних временных слоев $\max \frac{|u_i^{k+1} - u_i^k|}{u_i^k} < \varepsilon$, $i = 1, \dots, n$. На этом слое расчет заканчивался.

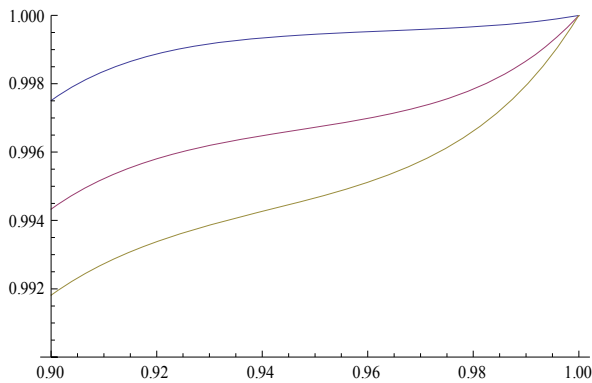


Рис. 1. Значение $u^4(r_i)$

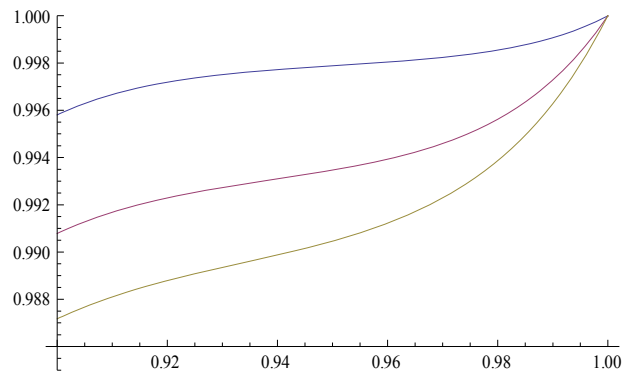


Рис. 2. Значение $u^7(r_i)$

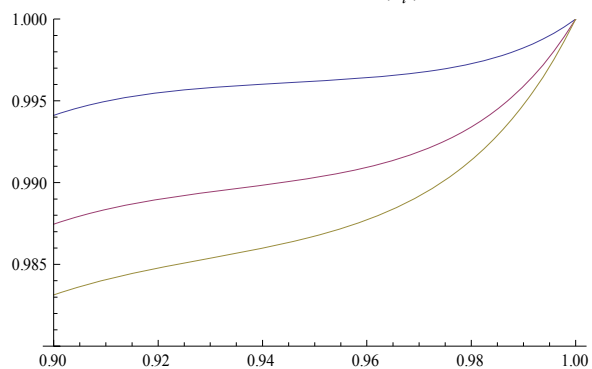


Рис. 3. Значение $u^{10}(r_i)$

Заметим, что строгого доказательства счетной устойчивости предложенного алгоритма в настоящей работе нет, хотя проведенные модельные численные эксперименты для реальных физических значений констант модели указывали на сходимость. Кроме того, в (2)- (4) используется неявная по времени разностная схема, что исходя их общей теории устойчивости разностных схем, позволяет надеяться на устойчивость предложенного численного метода. Данный вопрос является предметом дальнейших исследований.

Основные выводы

Рассмотрена задача моделирования нестационарного процесса насыщения водно-цементным раствором элемента пористого искусственного заполнителя на примере керамзитового. В среде Mathematica 7.0 реализован алгоритм численного решения соответствующей нестационарной задачи. По разработанной программе многочисленными расчетами для модельных задач и реальных процессов показана работоспособность предложенного метода.

Разработана база данных в среде MS Access, реализованы запросы на выборку по типу керамзита и его входных характеризующих параметров. Произведено заполнение информационной базы для трех видов керамзитного заполнителя, полученного из глиноземов Пензенской области и тем самым созданы основы информационно моделирующей системы нестационарного процесса насыщения крупнопористого керамзитобетона цементным раствором.

Литература

1. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Ткаченко А.Н. Модельные представления технологии возведения ограждающих конструкций // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура – 2008. – № 2 – С. 78-84.
2. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н. Технология и моделирование процесса возведения ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке // РААСН, АСАДЕМІА. Архитектура и строительство. – 2008. – № 2 – С. 71-76.
3. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н. Технологические задачи моделирования процесса возведения ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке // XXVIII Российская школа по проблемам науки и технологий. Наука и технологии. Межрегиональный совет по науке и технологиям – г. Екатеринбург, УрО РАН, 24-26 июня, 2008. – С. 72-75.
4. Ryazanova G.N., Kamburg V.G., Baranova T.I., Tkachenko A.N.. Technological Tasks of Erection Process Modelling of Enclosing Structures Made of High Porous Haydite Concrete in Monolithic Sheathing // The third international forum on strategic technologies- г. Новосибирск, 23-29 июня, 2008. – С. 117-118.
5. Бахвалов Н.С. Численные методы // Изд. «Наука» – М., 1973 – 632 с.
6. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Прошин А.П., Соколова Ю.А., Соломатов В.И. Структура, деформативность, прочность и критерии разрушения цементных композитов // Изд. Саратовского университета, Саратов, 2001 – 262 с.
7. Муравьев В.А., Бурлаков Д.Е. Практическое введение в пакет Mathematica // Изд. Нижегородского университета, Нижний Новгород, 2000 – 124 с.

Надійшла 18.9.2009 р.

УДК 389:638.011.54

В.Т. КОНДРАТОВ

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

ПРИЗНАКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

В работе рассмотрены вопросы фундаментальности физических теорий. Приведены основные правила и признаки фундаментальности, выполнение которых дает возможность объективно оценивать степень фундаментальности той или иной физической теории.

In paper questions of fundamental nature of physical theories are considered. Key rules and the fundamental nature signs which performance gives the chance to estimate objectively degree of fundamental nature of this or that physical theory are resulted.

Ключевые слова: методология, системный подход.

Введение

Наука – одно из высших проявлений человеческих возможностей, показатель того, на что вообще способен наш интеллект. Мы люди, и человеческое в нас – неистребимая радость познания [1].

Наука специализируется на получении, хранении, переработке и распространении знаний. Она вскрывает глубокие, внутренние связи, в которых отражаются устойчивые, повторяющиеся, инвариантные отношения между явлениями. Опираясь на законы, наука получает возможность не только объяснять существующие факты и события, но и предсказывать новые. Предсказывать будущее – прикладная цель науки.

Наука – доказательная форма знания, познания. Только фундаментальные науки связаны с теорией познания. Каждая наука состоит из нескольких теорий, находящихся в определенных связях и отношениях между собой, служащих определенной совокупности целей и выступающие как одно целое по отношению к другим наукам.

Теория, с философской точки зрения, – это высшая, обоснованная логически непротиворечивая система научных знаний, дающая целостный взгляд на существенные свойства, закономерности и причинно-следственные связи, определяющие характер функционирования и развития определенной области реальности [2]. Целевое назначение научной теории – дать правильное описание и объяснение явлениям, существующим в

области применимости теории [3]. Стоящая теория обязана наметить и вехи дальнейшему развитию науки, поставить новые проблемы.

Вопросы фундаментальности той или иной теории волнуют многих ученых. Однозначных мнений нет и не может быть, поскольку каждый ученый считает, что только его подход к написанию теории является самым правильным. Тем не менее, современные философы и физики уже давно говорят о возможности выделения ряда общих существенных признаков и правил, наличие, соблюдение и выполнение которых даст основание говорить о фундаментальности той или иной физической теории.

Объект исследований – знания, касающиеся фундаментальности физических теорий, их анализ и обобщение.

Предмет исследований – основные критерии фундаментальности физических теорий.

Цель работы – показать существование и сформулировать существенные признаки и правила фундаментальности физических теорий.

Результаты исследований

Доказательства фундаментальности физических теорий

Доказательства фундаментальности физических теорий рассмотрим с позиций современной физики, философии и современного естествознания.

XXI-й век по праву можно назвать началом эры новой физики. Какие фундаментальные законы положены в ее основу? Начала новой физики основаны исключительно на законах классической электродинамики, принципе относительности и законах сохранения импульса и энергии. Они и не содержат никаких гипотез и предположений. Начала новой физики составляют релятивистская теория эфира Г.А.Лоренца и новые теоремы [2, 4, 5]:

- теорема о существовании силы, не имеющей реакции противодействия со стороны известных форм материи – вещества и поля («размыкающая» или условно названная «безреактивной» сила);
- теорема о существовании энергии, заполняющей всё физическое пространство, за счёт которой совершает работу размыкающая сила;
- положение о существовании отличной от вещества и поля формы материи (электровакуума¹ или электромагнитного эфира Лоренца), создающей реакцию противодействия размыкающим силам и дающей энергию для совершения ими работы. Без него нарушаются законы сохранения импульса и энергии.

Основные положения новой физики [5]:

1) свойства пространства определяет эфир; Пространство однородно, изотропно, трёхмерно, потому что таковым является эфир, его образующий;

2) время связано с эфиром, который, согласно Лоренцу, покоится в своей привилегированной (эфирной) системе отсчёта и неподвластно влиянию вещества и поля, не способных (из-за своей исчезающе малой, по сравнению с эфиром, плотности энергии) заметным образом изменить состояние эфира, а значит и ход времени;

3) взаимодействие осуществляется через структурную часть эфира – «электровакуум» или «электромагнитный эфир» Лоренца. Поле изменяет состояние электровакуума, который действует на вещество, удовлетворяя принципу равенства действия и противодействия или, иными словами, третьему закону Ньютона²;

4) любая вещественная система, совместно с эфиром, является замкнутой. Формально эфир можно рассматривать как своеобразный элемент, присоединение которого к любой системе вещественных и полевых элементов автоматически превращает её в замкнутую (безусловно замкнутую) систему.

I. Позиция физиков

Признаки фундаментальности любой физической теории достаточно глубоко изложены в [5, 6]. Рассмотрим эти признаки.

1.1. Понятия «физическая величина», «физическая система», «структура», «связи» и «состояние».

Основными понятиями в фундаментальных физических теориях являются понятия (категории) физическая величина (ФВ) и физическая система (ФС), их структуры, связи и состояния.

Определение 1 (официальное, 1999 г).

Физическая величина (ФВ) – это одно из свойств физического объекта (ФС, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них [7].

В [7], с ссылкой на Международный словарь основных и общих терминов метрологии (ЭНЕРГИЯ 93), приводится также определение понятию «величина (измеримая)»: измеримая величина – характерный признак (атрибут) явления, тела или вещества, который может выделяться качественно и определяться количественно. В данном определении вместо понятия «свойство» используется понятия «признак» или «атрибут» в более философском смысле, т.е. как «необходимое, существенное, неотъемлемое свойство объекта или явления в отличие от случайных, преходящих его состояний» [8].

Определение 2 (частное, 1989 г).

Физическая величина – это характеристика одного из свойств физического объекта (ФС, явления

¹ Электровакуум – это форма материи, вступающая в энергетический обмен с веществом [2].

² И. Ньютон сформулировал все основные законы механики.

или процесса), общая в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальная для каждого объекта [9].

Данное определение отличается от классического тем, что в него введено понятие «характеристика». Автор указанного первоисточника считает, что ФВ – это не свойство, а характеристика одного из свойств физического объекта. Отношение метрологов к частному определению еще не сложилось.

Физическая система

Определение 1

Система – это совокупность взаимосвязанных и взаимовлияющих элементов, расположенных в определенной закономерности в пространстве и времени и действующих совместно для достижения общей цели [10].

ФС могут быть открытыми (с переносом вещества и энергии) и закрытыми (с переносом только энергии). Они отличаются по формам движения, по виду энергии (потенциальной, кинетической и диссипации) и по природе воздействующих факторов окружающей среды. ФС включает в себя конструктивные и функциональные элементы, из которых входные (обычно чувствительные) элементы воспринимают действия внешних сил, а выходные выдают реакцию системы на воздействия. ФС обладают статическими и динамическими свойствами, управляемостью и определенностью выполняемых функций.

Различают ФС с распределенными и с сосредоточенными параметрами. Первые описываются обычно уравнениями с частными производными или интегральными уравнениями, а вторые, – тремя основными уравнениями движения систем: через функцию Лагранжа, содержащую обобщенные координаты и скорости; функцию Гамильтона, содержащую обобщенные импульсы и координаты, и функцию действия Гамильтона – Якоби, выраженную через обобщенные координаты и производные [11]. Физические (измерительные) системы типа «объект измерений – средство избыточных измерений» («ОИ – СИИ») описываются, главным образом, системами нелинейных уравнений величин.

Функционирование (поведение³) ФС задается ее структурой. Относительно замкнутая ФС с заданной структурой функционирует однозначно; функционирование полностью определяется структурой. Функционирование не определяет структуру однозначно. Одна и та же функция может быть реализована различными структурами [12].

Структура

Определение 1

Структура ФС (от лат. structura — строение, расположение, порядок) – это внутренняя организация или взаиморасположение и взаимодействие конечной совокупности структурных элементов и связей разной физической природы, в том числе связей между входом и выходом системы, а также с окружающей средой.

Определение 2

Структура – это совокупность взаимного расположения и устойчивых связей составных частей ФС, благодаря которым обеспечиваются ее целостность и тождественность самой себе [13].

При воздействии внешних и внутренних дестабилизирующих факторов сохраняются основные свойства ФС.

Структура предполагает [13]:

- 1) наличие устойчивых связей между любыми элементами структуры, устойчивые взаимозависимости и корреляции;
- 2) регулярность, устойчивость, повторяемость взаимодействий между элементами, элементами и средой;
- 3) наличие уровней значимости элементов, входящих в структуру;
- 4) регулирующий, иницирующий, динамичный контроль за функционированием элементов.

В формализованном виде структура представляется в виде системы элементов семиотики, структурных (структурных и/или функциональных схем) и математических моделей (систем нелинейных уравнений величин, систем уравнений состояния, уравнением состояния или уравнением движения и др.).

Поведение ФС характеризуется законом движения или состояния и начальными условиями, обычно заданными исходя из поставленной задачи исследований.

Закон однозначности динамики

Определение

Динамика системы ... однозначно определяется её структурой и начальным состоянием [14].

Связи в физических системах

Как отмечалось выше, структура ФС предполагает наличие (устойчивых, взаимозависимых и корреляционных) связей между конечной совокупностью элементов структуры. Эти связи характеризуют и определяют тонкую структуру, индивидуальность ФС. Они имеют многоуровневый характер. Существуют связи не только между элементами системы, но и между ФС, как единым целым, и составляющими ее элементами и внешней средой. Если система включает в себя подсистемы, то количество связей, естественно, увеличивается. Связи между любыми элементами ФС аналитически описываются уравнениями связи между величинами (уравнениями величин). Аналитически могут быть описаны и наложенные извне связи, обусловленные действием внешних дестабилизирующих факторов окружающей среды на ФС и ее отдельные элементы.

³ Примечание автора.

Достаточно полная информация о связях в ФС и об их классификации приведена в работах [15-17].

1.2. Состояние физической системы и его оценка

В классической механике Ньютона координаты и импульсы (или скорости) являются основными физическими величинами, определяющими состояние ФС и его эволюцию.

Во всех фундаментальных статистических теориях состояние представляет собой вероятностную характеристику ФС и математически описывается в виде уравнения состояния. В фундаментальных динамических теориях состояние описывается уравнением движения. Согласно [6], динамические теории существенно отличаются от статистических теорий только в одном отношении — в способе определения состояния.

Утверждение 1

Состояние ФС определяется не значениями параметров уравнения состояния, а статистическими распределениями их значений.

Они могут задаваться, например, в виде расширенной неопределенности.

Утверждение 2

По известным состояниям ФС однозначно определяются не сами ФВ, а вероятности того, что значения этих величин лежат внутри тех или иных интервалов. Однозначно определяются также средние значения ФВ.

Утверждение 3

Закономерные, т.е. необходимые, связи в природе не могут быть выражены иначе, чем через посредство однозначных связей состояний [18].

1.3. Структура фундаментальных физических теорий

Утверждение 1

Структура фундаментальных физических теорий имеет определенную внутреннюю организацию структурированных знаний⁴, информации и данных об объектах исследований и их состояниях, объединенных закономерными связями и отношениями, и включает в себя следующие общие элементы:

- информация о наблюдаемых (или измеряемых⁵) ФВ, с помощью которых описываются объекты данной теории, их свойства и характеристики;
- информация о характеристиках состояний исследуемой ФС;
- информация об уравнениях движения, описывающих эволюцию состояний систем.

Согласно [6], все фундаментальные физические теории имеют такую же структуру.

1.4. Наличие общности в структуре фундаментальных теорий

Фундаментальные физические теории охватывают огромные области явлений. Главным и определяющим отличительным признаком этих теорий является «наличие общности» в их структуре, проявляющееся в понятии «состояние физической системы»^{6***}.

Утверждение 1

Общность фундаментальных теорий проявляется прежде всего в том, что все теории используют в качестве основного понятия – понятие «состояние физической системы».

Определение

Состояние ФС – это состояние системы в пространстве (т.е. в эфире) и инерциальном времени, характеризующееся рассеянием значений параметров ее математической модели, т.е. уравнения состояния.

Утверждение 2

Начальное состояние ФС однозначно определяет конечное состояние в зависимости от взаимодействий внутри системы, а также в зависимости от внешних воздействий на систему, а также в зависимости от общих воздействий на систему [6].

Утверждение 3

Если состояние ФС фиксировано, то в любой фундаментальной теории можно определить все физические величины, представляющие интерес в данной теории.

Утверждение 4

Начальные условия не подчинены определенным закономерностям и могут быть произвольными в той мере, какую позволяют наложенные на систему извне связи; значения начальных условий зависят от предшествующей эволюции системы [6].

Значения начальных условий определяются экспериментально или же задаются с учетом поставленной технической задачи.

Утверждение 5

В статистических теориях состояние ФС вообще нельзя характеризовать точными значениями каких-либо параметров, так как оно представляет собой вероятностную характеристику системы.

Утверждение 6

В динамических теориях состояние ФС характеризуется функциями координат и времени, которые позволяют по начальным значениям проследить эволюцию системы во времени и в пространстве.

⁴ Доказательных форм знаний.

⁵ Примечания автора.

⁶ Впервые понятие «состояние физической системы» ввел И. Ньютон. Оно стало одним из основных для всех физических теорий.

Следовательно, понятие «состояние ФС» является важнейшим отличительным признаком фундаментальности физических теорий. Именно в фундаментальных теориях наличие общности приобретает строгую определенность и именно фундаментальные теории выявляют общность значения этого понятия [6].

1.5. Симметрия и инварианты в физических теориях

Под симметрией чаще всего понимают упорядоченность, гармонию, соразмерность и красоту в природе. Симметрия фундаментальна, поскольку охватывает все формы движения и организации материи. Симметрия устанавливает родство между предметами, явлениями и теориями. И, наконец, симметрия – это категория, обозначающая сохранение признаков объектов относительно изменений.

В широком плане симметрия – свойство неизменности (инвариантности) некоторых сторон, процессов и отношений объектов относительно некоторых преобразований [19]. Обычно выделяют четыре аспекта, при которых имеет место симметрия [20]:

1) объект – носитель симметрии; в роли симметричных объектов могут выступать процессы, геометрические фигуры, математические выражения и т.д.

2) наличие таких признаков объекта (величины, свойства, отношения, процессы и явления), которые при преобразованиях симметрии остаются неизменными; их называют инвариантными или инвариантами;

3) изменения (объекта), при которых объект остается тождественным самому себе по инвариантным признакам; такие изменения называются преобразованиями симметрии;

4) свойство объекта превращаться по выделенным признакам в самого себя после соответствующих его изменений.

В настоящее время известны три фундаментальные симметрии: 1) структурная, 2) геометрическая (пространственная, пространственно-временная, вращательная, зеркальная, трансляционная) и 3) динамическая (перестановочная, калибровочная, унитарная и др.).

Важнейшей характеристикой симметрии является множество различных преобразований, воспроизводящих данный объект по какому-либо признаку. Само множество подобных преобразований и есть собственно группа симметрии.

1.5.1. Симметрия и инвариантность

Свойство симметрии тесно связано с понятием инвариантности. Согласно Г.Вейлю [20], объект является симметричным, если после применения к нему определенной операции он остается таким же, как до операции. Такой объект считается инвариантным относительно данной операции, а сама операция называется операцией симметрии объекта. По сути симметрия характеризует совокупность инвариантных свойств объекта. При выявлении инвариантов всегда необходимо указывать, по отношению к какому изменению (преобразованию, операции, движению и т.д.) они являются таковыми.

Утверждение 1 [21]

Принципы инвариантности относятся к законам природы так же, как законы природы относятся к физическим явлениям, т.е. симметрия "управляет" законами, а законы "управляют" явлениями.

Утверждение 2

Инварианты и симметрия в физической теории выступают как инвариантные проявления сущности ФС. Опираясь на них, теория определяет и изучает сущность явлений.

1.5.2. Симметрия и законы сохранения

Существует глубокая связь между симметрией и законами сохранения. При этом симметрия понимается как инвариантность физических законов относительно некоторых преобразований входящих в них величин. Наличие симметрии приводит к тому, что для данной системы существует сохраняющаяся физическая величина [22].

Утверждение 3 [23]

Если свойства системы не меняются относительно какого-либо преобразования переменных, то этому соответствует некоторый закон сохранения (теорема Э.Нетер).

На сегодняшний день в физике сформулировано четыре фундаментальных закона сохранения: закон сохранения импульса как следствие однородности пространства; закон сохранения момента импульса как следствие изотропности пространства; закон сохранения энергии как следствие однородности времени; закон сохранения скорости центра масс (следствие изотропности пространства-времени). Сформулированы законы сохранения и для ряда других физических величин.

Следовательно, если известны свойства симметрии ФС, то можно найти для неё законы сохранения, и наоборот. Это является важным признаком фундаментальности физических теорий.

1.6. Признаки фундаментальности теорий с физической точки зрения

Утверждение 1

С физической точки зрения теория является фундаментальной, если ей присущи те же общие признаки, которые присущи и фундаментальным физическим теориям: общность структуры и составляющих ее структурных элементов, использование понятий «состояние», «связи», «неопределенность измерений», а также оценка состояния ФС посредством вероятностных характеристик.

Утверждение 2

Признаком фундаментальности теорий является установление законов симметрии, обеспечивающих нахождение инвариантов и соответствующих групп преобразований, законов сохранения и других физических законов.

II. Позиция философов

Философия является общенаучной теорией. Она уже давно разработала основные законы развития природы, общества и мышления; раскрыла сущность понятий «категории», «классы», «принципы», «методы», «методологии» и т.д. Любой термин, любое определение в фундаментальной научной теории жестко связаны с философскими категориями.

В частности, например, рассмотрим понятие "система".

Определение 1

Система, с философской точки зрения, – объективное единство закономерно связанных между собой элементов, предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе [24].

Определение 2

Поскольку мы имеем дело с ФС, то система – это совокупность элементов, которые находятся во взаимных связях и образуют единое целое. При этом последнее выступает уже новым образованием по отношению к отдельным элементам, из которых оно состоит, и его свойства не сводимы к свойствам элементов [13].

Следовательно ФС, с одной стороны, это нечто самостоятельное и отличное от ее элементов, а с другой стороны зависящая от них. Элементы, входящие в ФС, в свою очередь приобретают присущие ей свойства и черты поведения.

Та или иная философская категория дополняет определение частно-научной категории, делает его более конкретным, снимает неопределенность [3, 25]. Важно установить, увидеть и правильно использовать взаимную связь между философскими и частно-научными категориями (физическими и научными терминами).

В фундаментальных физических теориях наше знание закономерностей природы предстает в настолько обобщенной форме, что отдельные аспекты этих теорий приобретают философский характер.

Философия, связана с каждой теорией не только общими методами, но и общими принципами становления и развития.

Утверждение 1

Фундаментальность теории определяется не громоздкостью ее математического аппарата, а степенью связи с философией и близостью к границам познаваемого [3].

Фундаментальную научную теорию можно с полным правом назвать прикладной теорией познания или проекцией теории познания на конкретную предметную область.

Между теорией познания и научными теориями существуют функциональные связи:

- 1) прямая связь – *обобщение* от конкретного к абстрактному;
- 2) обратная связь – это переход от абстрактного к конкретному.

С теорией познания связаны только фундаментальные науки. Теоретико-прикладные исследования имеют опосредованную связь [3].

Опираясь на теорию познания, философы сформулировали основные подходы к созданию любой теории.

2.1. Признаки фундаментальности с философских позиций

С философских позиций фундаментальная естественнонаучная теория должна содержать [3]:

- 1) частно-научные категории (в прикладных дисциплинах они становятся терминами);
- 2) модель или систему моделей, составляющие концептуальную основу теории;
- 3) систему законов;
- 4) частно-научные методы исследований;
- 5) предметную область исследований, являющуюся эмпирической основой теории.

Кроме того, физические теории должны иметь не только высокую степень связи с философией, отличаться близостью к границам познаваемого, но и обладать предсказательной силой [26].

Различают две группы частно-научных категорий: фундаментальные и производные. Первые несут основную смысловую нагрузку фундаментальных теорий и непосредственно связаны с ее концептуальным содержанием, а вторые образованы на основе частно-научных категорий первой группы. Философская категория дополняет определение частно-научной категории, делает его более конкретным, и снимает неопределенность. Именно философские категории (материальный объект (вещество, поле...), свойство, явление, сущность и т.д.), входящие в определение частно-научных категорий, восполняют недостающую часть знания, заполняя понятийный вакуум [3].

Развитие научного знания о ФС неразрывно связано с построением различных формальных моделей или систем моделей и т.д., описывающих реальные физические процессы и их свойства. Поэтому роль моделей в определении принадлежности той или иной теории к фундаментальной является весьма важной.

В работах [18, 27-30] нами описаны категории и принципы ТИИ. Сложнее обстоит дело с законами. Для их формулирования необходимо познать методологию написания законов. Существование устойчивых, постоянных инвариантных отношений среди беспрестанно изменяющихся свойств (и параметров), признаков и характеристик ФС, процессов и явлений служит основой для выделения или абстрагирования законов. Как бы ни менялись свойства и характеристики систем и процессов, в их изменении всегда можно выделить некоторые устойчивые, постоянные отношения. Понять роль и значение закона можно лишь в рамках определенной научной теории или системы, где ясно видна логическая связь между различными законами, их применение в построении дальнейших выводов теории, характер связи с эмпирическими данными [6].

Закон – это существенный, устойчивый, регулярный и необходимый тип связи между явлениями, взятый в своей обобщенной форме и скорректированный относительно типологически классифицированных условий своего проявления [29]. Динамические законы представляют собой первый, низший этап в процессе познания окружающего нас мира; статистические законы обеспечивают более совершенное отображение объективных связей в природе: они выражают следующий, более высокий этап познания.

Частно-научные методы исследований – совокупность определенных правил, способов и средств, используемых для достижения практических целей и решения конкретных научно-технических задач.

Любая теория имеет свой предмет исследования, который выражает ее содержание и отвечает на вопрос: что изучает данная теория. Предмет исследования – существенные свойства или отношения объекта исследования, познание которых важно для решения теоретических или практических проблем. Предмет исследования определяет границы изучения объекта в конкретном исследовании [4].

2.2. Предсказательная сила физических теорий

Утверждение 1

Философы утверждают, что к физическим теориям должны предъявляться жесткие требования – они должны обладать предсказательной силой. Предсказательная сила физической теории зависит как от глубины отражения в ней сущности физических процессов, так и от самих (схем) формулировок, их логической структуры и содержания.

В свою очередь физики, говоря о физических законах и теориях, утверждают, что физические законы должны согласовываться с имеющимися экспериментальными данными, но главное – они должны обладать предсказательной силой, позволяя предугадывать результаты новых опытов и даже новые физические явления. Всякий физический закон имеет свою область применимости, определяемую кругом рассматриваемых явлений и допустимыми пределами изменения характеризующих их величин. Чем шире эта область, тем больше предсказательная сила закона и тем больше его ценность.

Утверждение 2

Предсказательная сила физических теорий базируется на концепции существования функциональных связей. Открытие функциональных связей позволяет предвидеть будущее, осуществлять обоснованный прогноз еще не состоявшихся типичных событий.

Математическая формулировка физических законов резко повышает точность описания различных физических явлений, а с ней и возможности что-либо предсказывать [26].

2.2.1. Предсказания в динамических и статистических теориях

Предсказания связаны с математическими моделями изучаемых физических объектов и строятся на функциональном описании происходящих в них процессов и явлений. Предсказания в динамических теориях строятся на том факте, что по состоянию ФС в начальный момент времени можно однозначно определить ее состояние в любой наперед заданный (последующий) момент времени.

В этих предсказаниях главным является вопрос: как задать состояние ФС и возможно ли точное знание начальных условий? Чем больший класс задач можно решить с точки зрения существующей точности задания состояния системы, тем теория лучше, тем сильнее ее предсказательная сила. Повышение точности задания состояния ФС может привести к открытию совершенно парадоксальных свойств этих систем, которые прекрасно будут описываться существующими теориями [26].

Предсказания в статистических теориях имеют вероятностный характер, обусловленный действием на ФС множества случайных факторов. В этой связи состояние любой ФС может быть описано только с какой-то степенью приближения. Всегда существует разница между истинным состоянием системы и описанием этого состояния.

Утверждение 3

Состояние ФС, состоящей из огромного числа элементов, характеризуется функцией распределения.

Зная вид и параметры функции распределения можно вычислить для данной ФС среднее значение любой ФВ и меру отклонения ее от среднего значения – среднеквадратичное отклонение, или дисперсию. По функции распределения в данный момент времени при известном законе взаимодействия частиц (между собой и с внешними полями) можно найти вероятность определенных значений координат и импульсов в любой последующий момент времени.

Утверждение 4

Предсказания, относящиеся к состоянию системы как целостной характеристике ФС, носят строго однозначный характер, а предсказания, относящиеся в отдельности к каждому из параметров, характеризующих состояние ФС, носят вероятностный характер [26].

2.2.2. Дополнительные типы предсказаний, обогащающих теорию

Перечислим иные типы предсказаний, о которых более подробно можно узнать по работе [26].

1. Предсказание качественно новых эффектов с помощью ММ

Основано на использовании идеальной ММ, содержащей известную до ее построения информацию о моделируемом объекте. Изучение данной модели должно вести к получению новой информации о моделируемом объекте, то есть к предсказанию качественно новых эффектов.

2. Предсказания по наложенным ограничениям

Предсказания физических теорий – это не только определенные разрешения, но и определенные

ограничения, накладываемые на ФС и ее ММ.

Установленные ограничения, как одна из форм предсказаний, используются при постановке ряда практических задач исследований ФС.

Большинство фундаментальных теорий связано с осознанием все новых и новых ограничений. И прежде всего с ответом на вопрос, чего нельзя сделать, какие цели, в принципе, не можем ставить перед научным исследованием [31]. По сути, осознание новых ограничений стало признаком фундаментальности теории.

В частности, например, квантовая механика проиллюстрировала, принципиальную невозможность одновременного измерения с заранее заданной точностью параметров (временную координату и амплитуду импульса) элементарной частицы. Не поддаются одновременному измерению и многие другие величины [26].

3. Предсказания по гипотезам⁷ (предположениям)

Предсказания стали использовать при выборе конкурирующих гипотез, которые могут перейти при их подтверждении в научные теории или в отдельные истинные суждения. Некоторые из гипотез могут быть и опровергнуты. Предпочтение отдается тем гипотезам, которые предсказывают новые явления и обладают логической простотой.

Гипотеза должна обладать достаточной общностью и предсказательной силой, т. е. объяснять не только те явления, из рассмотрения которых она возникла, но и все связанные с ними явления. Кроме того, она должна служить основой для вывода заключений о неизвестных ещё явлениях [32].

4. Предсказания новых теорий и принцип соответствия

Новая, более точная теория в применении к исследуемым свойствам и явлениям должна давать тот же результат, что и классическая теория.

Предсказательная сила физических теорий стала использоваться для построения новых физических теорий благодаря принципу соответствия Н.Бора. Он был сформулирован Н.Бором в 1913 г. следующим образом: «Никакая новая теория не может быть справедливой, если она не содержит в качестве предельного случая старую теорию, относящуюся к тем же явлениям, поскольку старая теория уже оправдала себя в этой области» [33]. Принцип соответствия раскрывает соотношение между физическими теориями, описываемыми одни и те же процессы, указывает условия перехода от одной теории к другой. Например, теория прямых измерений перешла в ТИИ в результате смены общенаучных методологий научных исследований: методологии системного анализа в методологию системного подхода. Согласно последней ОИ и СИ рассматриваются не раздельно, а как единая сложная ИС.

В широком смысле под данным принципом понимают логически необходимое требование, чтобы новая теория, описывающая более широкий круг явлений, включала в себя как частный случай старую теорию, имеющую более ограниченную область применимости. При этом обязательным требованием является экспериментальное подтверждение старой теории и нахождение для нее сферы приложения на практике [26, 34, 35].

5. Предсказания посредством физических законов

Утверждение

Физический закон обладает предсказательной силой, поскольку он указывает на то, что будет происходить в физической системе при определенных условиях.

Законы сохранения

Особую роль в физике выполняют законы сохранения (энергии, импульса, момента, количества движения; электрического, барионного и лептонного зарядов и т.д.), т.е. физические законы, утверждающие постоянство во времени физических величин, относящихся к изолированной (замкнутой) системе⁸.

Утверждение

Кажущиеся нарушения какого-либо закона сохранения, приводят к анализу и возможным альтернативным объяснениям этого явления и к новым предсказаниям.

6. Предсказания прошлого состояния физических систем

Особую систему составляют предсказания, связанные с восстановлением прошлого состояния ФС. Именно они составляют суть всех нестационарных моделей ФС.

Данные предсказания строятся по следующей логической схеме: раньше было то-то, и об этом свидетельствует то, что мы наблюдаем сейчас [26]. Зная два последующих состояния ФС и предполагая нелинейный характер изменения ее состояния, мы можем спрогнозировать и ближайшее прошлое состояние системы.

7. Предсказание состояния открытых нелинейных систем разной физической природы (самоорганизующихся систем)

Самоорганизующейся называется такая ФС, которая без специфического воздействия извне обретает какую-то пространственную, временную или функциональную структуру [36].

Поведение многих самоорганизующихся систем предсказуемо на малых (в области линейных изменений состояний) и непредсказуемо на больших временах (при нелинейных изменениях состояний). На сегодняшний день пока невозможно точное предсказание того, что будет происходить в открытой сильно нелинейной ФС в будущем. Это объясняется тем, что нелинейную модель процессов, протекающих в системе, не корректно заменять линейной или слабо нелинейной, ввиду сильной потери информации о

⁷ Гипотеза рассматривается как предположительное суждение о закономерной (или причинной) связи явлений.

⁸ Это система, взаимодействием которой с другими системами можно пренебречь.

состоянии ФС. Не возможно и создать необходимые условия для исследований самоорганизующейся системы.

Утверждение

Предсказание состояния сильно нелинейных ФС возможно только на промежутках времени от одного состояния бифуркации⁹ до другого.

Приведенные выше признаки фундаментальности являются необходимыми, но не достаточными. Их недостаточность объясняется тем, что некоторые положения или признаки фундаментальности не четко сформулированы. В 80-е годы, когда началась полемика о фундаментальности физических теорий и их роли в исследовании методологических вопросов физики [6], общенаучная методология системного подхода находилась на стадии становления, самоутверждения. Основные положения знали и использовали в своих исследованиях и теориях ограниченный круг ученых-физиков.

На основании доводов философов и физиков, а также с учетом общенаучной методологии системного подхода, нами сформулирована система правил и признаков фундаментальности любой физической теории.

Правила и признаки фундаментальности физических теорий

Установлено 14 правил и признаков фундаментальности физических теорий:

- 1) использование общенаучной методологии системного подхода¹⁰ при создании новых теорий;
- 2) следование основным требованиям философии (науки всех наук) к теориям в части формулирования и использования основных структурных элементов теории, – общих и частных законов, явлений, категорий, принципов, методов, методологий, научных положений, основных правил, руководящих идей, парадигм, точек зрения и т.д., отличающих данную теорию от других;
- 3) глубокая проработка теории, использование структур и структурных элементов общих со структурами и структурными элементами фундаментальных физических теорий;
- 4) следование принципу соответствия Н.Бора или принципу преемственности знаний, их использование, обновление и обогащение с помощью новой теории;
- 5) инвариантные проявления сущности ФС или возможность установления инвариантов известных групп преобразований или группы преобразований, известные элементы которой неизменны;
- 6) наличие не одной, а совокупности целей (системы стратегических целей);
- 7) наличие доступного для понимания математического аппарата, описывающего основные законы, закономерности, состояния ФС, свойства, связи и воздействия разной физической природы и т.д.;
- 8) получение системного эффекта от использования данной теории;
- 9) возможность системной и целенаправленной (закономерной) структуризации данных с целью получения новых знаний;
- 10) возможность получения достоверной информации о типовых состояниях ФС и прогнозирование критических состояний;
- 11) обладание предсказательной силой;
- 12) получение новых положительных системных результатов исследований ФС;
- 13) развитие прикладных направлений научных исследований и становление новых дисциплин;
- 14) прогнозируемость и известность путей дальнейшего развития физической теории (предсказательная сила теории).

Принципы фундаментальности теории:

Принцип 1

Теория без явлений не существует, поскольку познание сущности физических систем идет от явлений.

Принцип 2

Физическая теория является фундаментальной в том и только в том случае, если она создана на базе общенаучной методологии системного подхода и имеет не одну, а совокупность (стратегических) целей.

Принцип 3 (принцип «серого ящика»)

Получение новых знаний и их обновление возможно и имеет смысл в том и только в том случае, если система «ОИ – СИИ» рассматривается как «серый ящик», т.е. как ФС, описываемая функцией состояния (уравнениями состояния) определенного вида, значения параметров которых неизвестно.

Принцип 4

Новые знания – это закономерно структурированные результаты измерений.

Принцип 5

Непрерывное приращение и обновление знаний – источник развития (жизненной силы) любой науки.

Принцип 6

В фундаментальных теориях структурирование данных и информации должно носить системный и целенаправленный характер.

Принцип 7 (принцип фундаментальности вероятностных закономерностей)

⁹ Бифуркационное состояние – состояние, при котором малая флуктуация приводит к согласованному движению частиц системы [26].

¹⁰ Методология системного анализа нами не рекомендуется к использованию в XXI-м веке.

Статистические (вероятностные) закономерности первичны [36], а поэтому и фундаментальны, и характеризуются гибкими вероятностными связями; динамические закономерности вторичны и характеризуются жесткими однозначными причинными связями.

Таким образом, любая развиваемая физическая теория может быть признана фундаментальной, если она соответствует указанной выше совокупности базовых правил и признаков. По отношению к физическим теориям приведенные правила и признаки могут выполнять критериальные функции. Принципы фундаментальности – это исходные положения, усиливающие сущность тех или иных правил и признаков.

Следуя данным правилам и признакам разрабатываемая физическая теория будет обладать полнотой научных исследований, глубиной проработки, законченностью доказательств и т.д., т.е. фундаментальностью.

Выводы

Впервые в истории метрологии сформулированы основные правила и признаки фундаментальности любой физической теории и соответствующие принципы фундаментальности.

Общность фундаментальных теорий проявляется в использовании, в качестве основного, понятия «состояние физической системы». Закономерные связи в природе выражаются посредством однозначных связей состояний.

Структура фундаментальных физических теорий имеет вполне определенную внутреннюю организацию структурированных и доказательных форм знаний.

Существует мнение, что физическая величина – это не свойство, а характеристика одного из свойств физического объекта.

Поведение физических систем характеризуется законом движения или состояния и начальными условиями, обычно задаваемыми исходя из поставленной задачи исследований.

Позиция физиков заключается в том, что фундаментальной физической теории должны быть присущи такие признаки, как общность структуры и составляющих ее структурных элементов, использование понятий «состояние», «связи», «неопределенность измерений», а также оценка состояния системы посредством вероятностных характеристик, т.е. признаки, которые присущи всем фундаментальным физическим теориям.

Философы считают, что фундаментальной является та физическая теория, которая создана на базе фундаментальных философских воззрений (основных подходов) к созданию любой теории, т.е. в ней должны быть использованы обобщенные методы мышления и познания мира, выделены основные общенаучные понятия: «законы», «закономерности», «категории», «классы», «принципы», «методы», «методологии» и т.д., а также использованы ранее накопленные знания о предмете исследований.

Фундаментальная физическая теория без явлений не существует, поскольку познание сущности физических систем идет от явлений.

Сродство между предметами, явлениями и теориями устанавливает симметрия. Она охватывает все формы движения и организации материи и поэтому является фундаментальным понятием (категорией).

Признаком фундаментальности теорий является установление законов симметрии, обеспечивающих нахождение инвариантов и соответствующих групп преобразований, законов сохранения и других физических законов.

Фундаментальность теории определяется не громоздкостью ее математического аппарата, а степенью связи с философией и близостью к границам познаваемого.

Фундаментальную научную теорию можно с полным правом назвать прикладной теорией познания или проекцией теории познания на конкретную предметную область.

Философы утверждают, что фундаментальные физические теории должны обладать предсказательной силой. Она зависит как от глубины отражения в ней сущности физических процессов, так и от самих (схем) формулировок, их логической структуры и содержания.

Фундаментальные физические теории должны обладать возможностями предсказания качественно новых эффектов посредством физических законов и математических моделей, предсказания по наложенным ограничениям, по гипотезам, предсказания прошлого состояния физических систем и состояния открытых нелинейных систем разной физической природы, предсказания новых теорий согласно принципу соответствия. Новая, более точная теория в применении к исследуемым свойствам и явлениям должна давать тот же результат, что и классическая теория.

С позиций современного естествознания признаками фундаментальности физических теорий XXI–го века являются также следующие: обязательное использование общенаучной методологии системного подхода; наличие не одной, а системы стратегических целей; получение системного эффекта от использования вновь предложенной теории; прогнозируемость или известность путей дальнейшего развития предлагаемой физической теории; получение новых знаний за счет системной и целенаправленной (закономерной) структуризации получаемых данных; извлечение информации о типовых состояниях ФС и прогнозирование ее критических состояний.

Синтезированная совокупность правил и признаков исключит, в будущем, противоречивые толкования и оценки фундаментальности или не фундаментальности той или иной созданной или создаваемой физической теории.

Литература

1. Сухотин А. Парадоксы науки // <http://n-t.ru/ri/sh/pn01.htm>.
2. Иванов Г. П. Релятивистские теории А. Эйнштейна и Г. Лоренца в свете новых теорем классической электродинамики и общей физики. – 2002 // <http://314159.ru/ivanov/system.html> и <http://www.tts.lt/~nara/ether/ether.htm>.
3. Кулигин В., Кулигина Г., Корнева М. Физика и философия физики. Философские категории и физические термины. Часть 1. – 2001 // <http://n-t.ru/tp/ns/fff2.htm>.
4. Иванов Г. П. Теория относительности для здравомыслящих или конец релятивистского угара // <http://314159.ru/ivanov/system.html>.
5. Иванов Г. П. Классическая электродинамика и современность. Висагинас (Литва), 2002.
6. Мякишев Г.Я. Общая структура фундаментальных физических теорий и понятие состояния // Физическая теория. – М.: Наука, 1980. – С.420-436 // <http://www.philsci.univ.kiev.ua/biblio/mjakshev.html>.
7. РМГ 29–99. Метрология. Основные термины и определения. Издание официальное. Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 2002.
8. Ефремова Т. Современный толковый словарь русского языка. В 3-х томах. Том 1. А-Л. // <http://nenaidesh.ru/lib/Book-14-5.html>.
9. Основные термины в области метрологии / Юдин М.Ф. Селиванов М.Н., Тищенко О.Ф. Скороходов А.И. – М.: Изд.-во Стандартов. – 1989. – 240 с.
10. Кошарский В. Системный подход – путь к познанию и решению проблем / Системные исследования и управление открытыми системами. – Вып. 23. – Хайфа: Изд-во Центра «Источник информации (Мекор мейда)», 2006. – С. 9-19.
11. Проблемы онтологии и теория познания // <http://www.fos.ru/filosofy/12694.html>.
12. Законы науки, способы их открытия и обоснования // [http://student.km.ru/ref_show_frame.asp?id=67E F41C5F1204ED985FE35E7C18CFEE0](http://student.km.ru/ref_show_frame.asp?id=67E%20F41C5F1204ED985FE35E7C18CFEE0).
13. Социология: история, основы, институализация в России. Глава 3. Общество как социальная система // http://www.i-u.ru/biblio/archive/novikova_soc/soc_nov31.aspx.
14. Переслегин С.Б. Структурная формулировка законов диалектики // http://www.igstab.ru/materials/Pere-slegin/Per_Dialect.htm.
15. Кондратов В.Т. Основы теории автоматической коррекции систематических погрешностей измерения физических величин при нестабильной и нелинейной функции преобразования датчика”: Дис. ... докт. техн. наук. – К., 2001. Приложение, Т. 2. – 791 с.
16. Хубка В. Теория технических систем: Пер. с нем. – М., 1987. – 208 с.
17. Кондратов В.Т. Типы связей в исследуемых физических системах // Труды 1-й междунар. науч.-практ. конф. “Современные технологии ресурсосбережения”, Партеид, Т.1, 1997. – С. 12-17.
18. Кондратов В.Т. Философские аспекты теории избыточных измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 2009. – №2. – С. 8-20.
19. Цветков В.Д. Сердце, золотое сечение и симметрия. Р. 1.2. симметрия, “особые” числа и отношения // http://314159.ru/tsvetkov/ts_1_2.htm.
20. Вейль Г. Симметрия. – М.: Наука, 1968. – 192 с.
21. Вигнер Ю. Этюды о симметрии: Пер. с англ./Перевод Данилова Ю.А.; Под ред. Я.А.Сморodinского. – М.: Мир, 1971. – 210 с.
22. Сохранения законы // <http://bse.sci-lib.com/article104823.html>.
23. Концепции современного естествознания. Лекция 23. Принципы симметрии в научной картине мира // <http://www.ugatu.ac.ru/ddo/KSE/01/0123/ks012300.htm>
24. Глоссарий // http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RNgz,t!!oxhrlkuigto9; http://www.igstab.ru/materials/black/Per_Dialect.htm].
25. Кулигин В., Кулигина Г., Корнева М. Физика и философия физики. Теория познания научной истины. Часть 2. – 2001 // <http://n-t.ru/tp/ns/fff2.htm>.
26. Любичанковский В.А. Эволюция представлений о предсказательной силе физических теорий (от классики до синергетики) / Теоретический журнал НОВОЕ КРЕДО. 2002 // <http://credonew.ru/content/view/289/27/>.
27. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений//Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 1. – С. 7-24.
28. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений / Сб. докладов междунар. науч.-техн. конф. „Метрологическое обеспечение измерительных систем”. – Пенза, 2005. – С. 191-210.
29. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений – стратегическая теория XXI века//Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Спецвипуск. Науково-технічний журнал. Черкаси: ЧДТУ, 2007. – с. 120-122.
30. Кондратов В.Т. Новая стратегия измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 2008. – №3. – С. 101-121.
31. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – 2-е изд. – М., 2001. – С.22-23.
32. Значение слова "Гипотеза" в Большой Советской Энциклопедии // <http://bse.sci-lib.com/article010616.html>.

33. Бор Н. Три статьи о спектрах и строении атомов: Пер с нем. – М. – П., 1923. С.43.
 34. Кузнецов И.В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. – М., 1948.
 35. Бор Н. Избранные научные труды. – Т.2. – М., 1971. – С.15.
 36. Принцип фундаментальности вероятностных закономерностей // <http://www.iro.yar.ru:8101/resource/distant/math/tr2/s/m5.htm> 4.

Надійшла 25.9.2009 р.

УДК 681.518

Д.Е. ИВАНОВ

Институт прикладной математики и механики НАН Украины, г. Донецк

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВЕРИФИКАЦИИ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ЦИФРОВЫХ СХЕМ ДЛЯ ДВУХЯДЕРНЫХ СИСТЕМ

В статті розглянуто одну з центральних задач технічної діагностики – верифікацію еквівалентності цифрових пристроїв. Для алгоритму верифікації, який описано авторами раніше, запропоновано модифікацію для двоядерних систем. Паралельна версія алгоритму дозволяє суттєво підвищити завантаження ядер процесору та швидкість роботи всього алгоритму. Наведено результати обчислювальних експериментів, які показують підвищення швидкодії в середньому в 1.88 раза для контрольних схем ISCAS-89.

In the paper one of the central problems of the technical diagnostics, verification of the equivalence of digital circuits, is considered. For the algorithm, which was early described by authors, one modification is proposed, that works on the dual-core workstation. The parallel version of the algorithm allows essentially raising the overall speed of work. Experimental results of the calculation experiments show the speed-up of the algorithm approximately 1.88 times for ISCAS-89 benchmarks.

Ключові слова: цифрові пристрої, діагностування.

Введение

Прогресс микроэлектроники ставит перед разработчиками задачи обработки схем очень большой размерности. Современные средства автоматизированного проектирования позволяют работать со схемами, содержащими десятки тысяч логических вентилей, в том числе с последовательными схемами, содержащими тысячи элементов состояний. Безусловно, работа со схемами такой размерности требует также средств их оптимизации. Такие средства, обычно, изменяют логическую структуру схемы, минимизируя некоторые параметры, например число вентилей в логическом блоке. Однако они должны оставлять неизменной логику функционирования. В связи с этим одной из центральных задач технической диагностики цифровых схем является задача проверки эквивалентности двух заданных схем.

Для решения данной задачи ранее предложены точные алгоритмы, которые базируются, в основном, на булевых преобразованиях схемы [1-2]. Однако с ростом размерности схем такой подход всё чаще даёт отрицательные результаты. Это связано с переполнениями памяти для стеков возвратов в данных алгоритмах. Таким образом, будучи прерванными из-за проблемы переполнения памяти, точные алгоритмы вообще не дают никакого результата ни об эквивалентности, ни о неэквивалентности заданных схем. Это заставляет разрабатывать новые нетрадиционные подходы к решению подобных задач. Одним из таких подходов является применение генетических алгоритмов [3].

Генетические алгоритмы уже применялись авторами для решения ряда традиционных задач технической диагностики. В частности были описаны алгоритмы построения тестовых последовательностей [4], иницирующих последовательностей [5-6] и последовательностей, которые проверяют эквивалентность двух схем [7]. Во всех упомянутых генетических алгоритмах особи представлены в виде входных двоичных последовательностей. Вычисление их оценочных функций основано на моделировании работы цифровых схем (исправном или с неисправностями). Также для повышения скорости вычисления фитнес-функций, авторами был предложен распределённый алгоритм моделирования цифровых схем с неисправностями [8]. В нём в качестве вычислительной платформы использовался кластер, построенный на обычной локальной сети.

В данной статье предлагается иной подход к повышению быстродействия генетических алгоритмов. Он основан на доступности многоядерных процессоров. Для алгоритма верификации эквивалентности двух схем предлагается параллельный алгоритм вычисления оценочной функции. Оценка особи вычисляется путём распараллеливания процесса моделирования работы двух верифицируемых схем на вычислительные ядра процессора. Показано, что такой подход позволяет существенно повысить скорость работы алгоритма на двухядерных рабочих станциях.

Данная статья имеет следующую структуру. Во втором разделе описаны источники параллелизма применительно к алгоритмам САПР. В третьем разделе сделана постановка задачи верификации

последовательных схем и кратко описан предложенный ранее алгоритм верификации эквивалентности цифровых схем. В следующем разделе предложена параллельная версия алгоритма и описана новая процедура вычисления фитнес-функции. В пятом разделе приведены экспериментальные данные по повышению быстродействия работы алгоритма. Направления дальнейших исследований и выводы рассмотрены в разделе шесть.

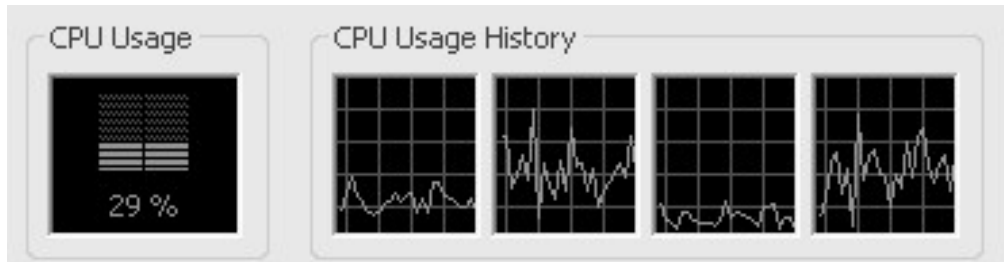


Рис. 1. Загрузка ядер процессора приложением с одним вычислительным потоком

1. Источники параллелизма

В настоящее время многоядерные процессоры стали стандартом «де-факто» для персональных рабочих станций, а в некоторых областях применения (например, серверы) фактически вытеснили одноядерные системы. Число ядер в коммерчески доступных процессорах доходит до четырёх (процессоры серии Intel Core Quad), то в ближайшем будущем это число возрастёт до 32 [9].

Казалось бы, увеличение вычислительной мощности должно вести к пропорциональному росту производительности вычислительных систем. Однако на самом деле этого не происходит. Для подтверждения этого факта авторы провели следующий эксперимент. На вычислительных системах с одноядерным и многоядерным процессорами запускались характерные задачи САПР по обработке цифровых схем, в частности, генетический алгоритм генерации входных тестовых последовательностей. С помощью стандартной утилиты ОС Windows Task Manager наблюдалась вычислительная загрузка ядер процессоров. Для одноядерного процессора данная загрузка была равна 100%. Для процессора с двумя ядрами большая часть вычислительной работы пришлась на одно ядро (загрузка 100%), тогда как второе ядро процессора практически простаивало, обслуживая в основном запросы ОС и других приложений. Для четырёхядерного процессора ситуация оказалась ещё хуже (рис.1). Ни одно из ядер процессора не имело полной загрузки. На диаграмме видны два ядра с переменной средней загрузкой около 35-40%. Причиной данной ситуации является технология процессоров Intel Core2Duo, которая пытается один вычислительный процесс распределить на несколько ядер с целью унификации их загрузки. Таким образом видно, что добавление вычислительных ядер не только не улучшает выполнение существующих алгоритмов, а в некоторых случаях производительность даже несколько падает. Аналогичные результаты авторы наблюдали и при выполнении других программных компонент системы АСМИД-Е, а также иных САПР.

Видно, что многоядерность не стала панацеей от проблемы резкого снижения удельной производительности процессоров в расчёте на один транзистор [11]. Для одноядерных процессоров проблема частично решалась путём внедрения аппаратных разновидностей параллелизма: параллельная работа нескольких арифметических устройств; конвейеризация; применение встроенных параллельных вычислений с аппаратной поддержкой команд (MMX и подобные расширения). Однако с приходом многоядерности проблема встала ещё острее. Отсюда возникает задача повышения эффективности алгоритмов САПР в части унификации ядер процессоров. Здесь возможны два пути развития:

1) создание принципиально новых алгоритмов, позволяющих эффективно использовать всю вычислительную мощь современных процессоров;

2) модификация существующих алгоритмов для параллельных/многоядерных систем. Однако загрузка ядер вычислительной работой не является самоцелью. Она является только средством улучшения характеристик алгоритмов: времени работы, качества поиска и т.д.

Генетические алгоритмы генерации входных последовательностей основаны на моделировании работы ЦУ. Анализ общих путей параллелизации алгоритмов моделирования выполнен в работе [12], где выделяются три основных пути:

- алгоритмический параллелизм, использующий технологию конвейеров, при этом различные этапы алгоритма выполняются на разных процессорах;
- параллелизм данных: различные процессоры используются для моделирования работы схемы на разных входных векторах;
- модельный параллелизм, при котором различные процессоры используются для вычисления логических значений разных вентилей.

Второй путь неоднократно применялся для решения задачи ускорения моделирования и построения тестов, основанном на моделировании [13-14]. Для апробации данных алгоритмов авторы использовали дорогостоящие сети рабочих станций DEC Alpha.

Авторы также выбрали для исследования другой путь. Мы предлагаем параллельную версию ранее известного алгоритма. Его отличительной чертой будет параллельная организация вычислительного

процесса для некоторых критических участков алгоритма, что даст существенное повышение его производительности. Также алгоритм ориентирован не на кластерную архитектуру, а на рабочую станцию с двухядерным процессором.

2. Алгоритм верификации

Алгоритм верификации эквивалентности двух последовательностных схем предложен авторами в [7]. Здесь мы только кратко опишем его структуру.

В предложенном ранее алгоритме мы переформулировали задачу верификации эквивалентности на противоположную: генетический алгоритм построения ищет входные последовательности, которые показывают неэквивалентность двух схем.

Определение 1. Если существует такая последовательность s_k , на которой при одинаковых начальных состояниях схемы A_0 и A_1 имеют различные выходные реакции, то данные схемы не являются эквивалентными.

$$A_0 \neq A_1 \text{ если } \exists s_k : A_0(s_k) \neq A_1(s_k). \quad (1)$$

Поэтому предложенный ранее алгоритм не является точным в следующем смысле: он не даёт точный ответ об эквивалентности двух сравниваемых схем, но он с большой вероятностью подтверждает неэквивалентность этих схем.

Для кодирования особей и популяций используется широко распространенное кодирование особей в виде двоичных последовательностей, а популяций в виде набора таких последовательностей [4, 5, 14]. Там же подробно описаны генетические операции, применяемые при построении новых поколений особей.

Алгоритм продолжает работу до выполнения одного из условий:

- либо найдена последовательность s , выходные реакции на которую схем $A_0(s)$ и $A_1(s)$ различны (показана неэквивалентность схем);
- либо достигнуто одно из ограничивающих условий: время моделирования, предельное число поколений или предельное число поколений без улучшения оценочной функции.

Построение различающих последовательностей основано на моделировании работы двух верифицируемых схем. Это отражено в построении различающей функции: поиск направляется в области, где выше активность обеих схем, а также выше различия этой активности на множестве контрольных точек. Фитнесс-функция имеет следующий вид:

$$f(A_0, A_1, s_i) = \sum_{j=1}^{\text{длина } s_i} f(A_1, A_0, s_{ij}) = \sum_{j=1}^{\text{длина } s_i} (c_1 * n_1 + c_2 * n_2 + c_3 * n_3), \quad (2)$$

где $c_1 - c_3$ - нормирующие константы;

$$n_1 = \sum_{g \in G} \text{различие}(g, A_0, A_1, s_{ij}), \quad G - \text{множество всех внешних выходов двух схем; } n_1 - \text{число}$$

различных значений на выходах схемы. Данный параметр является определяющим, поскольку наличие даже одного расхождения на внешних входах двух схем, говорит о том, что различающая последовательность построена;

$$n_2 = \sum_{g \in G1} \text{различие}(g, A_0, A_1, s_{ij}), \quad G1 - \text{множество псевдовыходов двух схем; } n_2 - \text{число}$$

различных псевдовыходов схемы. В случае, когда различные значения в двух проверяемых схемах, ещё не достигли выходов, решающим является распространения таких отличий на псевдовыходы (триггеры) схемы;

$$n_3 = \sum_{g \in G2} \text{различие}(g, A_0, A_1, s_{ij}), \quad G2 - \text{множество всех контрольных точек схемы; } n_3 - \text{число}$$

контрольных точек двух схем с различными значениями сигналов. В случае, когда различие в поведении двух схем не достигло ни внешних выходов, ни псевдовыходов схемы, необходимо строить последовательности, для которых является важным различие сигналов внутри комбинационных блоков. В нашем случае мы предполагаем, что проектировщику известно поведение всей схемы, поэтому множество $G2$ совпадает с множеством всех вентилях схемы.

Функция «различие(g)» вычисляется на основе моделирования и определяется следующим образом:

$$\text{различие}(g, A_0, A_1, s_{ij}) = \begin{cases} 1, & \text{если значения сигналов на выходе блока } g \text{ различны в двух} \\ & \text{схемах } A_0 \text{ и } A_1 \text{ при моделировании на входном наборе } s_{ij}; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (3)$$

Таким образом, при задании фитнесс-функции описанным выше способом, алгоритм строит входные последовательности, которые будут продуцировать различие на внешних выходах схемы, что соответствует определению 1.

Именно итеративное вычисление оценочной функции для всех особей популяции определяет временную сложность алгоритма.

3. Модификация для двухядерных систем

В данном разделе будет предложена модификация алгоритма, рассчитанная на работу в двухядерных рабочих станциях. Данная модификация направлена на повышение загрузки обоих ядер в таких системах. В предложенном ранее алгоритме существовал один вычислительный поток. При этом возникала ситуация, неполной загрузки вычислительных ядер системы. Новый алгоритм призван улучшить ситуацию путём более равномерной загрузки ядер вычислениями. Это достигается за счёт организации двух потоков вычисления. Причём оба этих потока должны нести высокую вычислительную нагрузку. В этом случае процессор системы направит два таких вычислительных потока на различные вычислительные ядра, что и повысит их загрузку.

Предложенный ранее алгоритм большую часть процессорного времени выполняет моделирование работы исправных схем:

- в фазе построения начальной популяции необходимо выполнять моделирование для оценки качества потенциальных особей;
- в основной фазе генетического алгоритма для оценки фитнес-функции каждой особи.

При этом каждая такая процедура подразумевает моделирование двух сравниваемых схем. Распределив моделирование схем на разные ядра процессора, мы улучшим загрузку процессорных ядер и получим увеличение скорости работы всего алгоритма.

Рассмотренный ранее алгоритм позволяет произвести такое распараллеливание вычислительной работы без существенного изменения самого алгоритма. Для этого следует отметить, что для вычисления фитнес-функции одной особи в популяции фактически необходимо произвести моделирование работы двух схем: эталонной и модифицированной. Поскольку мы предполагаем, что модифицированная схема имеет такую же последовательностную структуру, то вычислительные ресурсы, необходимые для их моделирования, также должны быть одинаковыми. Также заметим здесь, что вычисление фитнес-функций особей является наиболее трудоёмкой задачей генетических алгоритмов, основанных на моделировании. Таким образом, для равномерной загрузки ядер центрального процессора, следует распределить моделирование двух верифицируемых схем по ядрам.

Для реализации данного подхода модифицируем алгоритм вычисления фитнес-функции отдельной особи.

В описанном ранее алгоритме не организовывались потоки моделирования работы схем, а вызывалась функция «Моделирование работы исправной схемы (описание схемы, входная последовательность)». В терминах потоков моделирования вызов данной функции соответствует созданию потока, запуску его на выполнение и ожиданию окончания выполнения. Тогда вычисление оценочной функции для одной особи в терминах потоков выглядит следующим образом:

```

Вычисление_Фитнесс(схема_1, схема_2, последовательность)
{
    Поток_1=Создать_Поток_Моделирования(схема_1, последовательность);
    Поток_1->Ждать_Завершения();
    Поток_2=Создать_Поток_Моделирования(схема_2, последовательность);
    Поток_2->Ждать_Завершения();
    Фитнесс=Сравнение_схем(схема_1, схема_2);
}

```

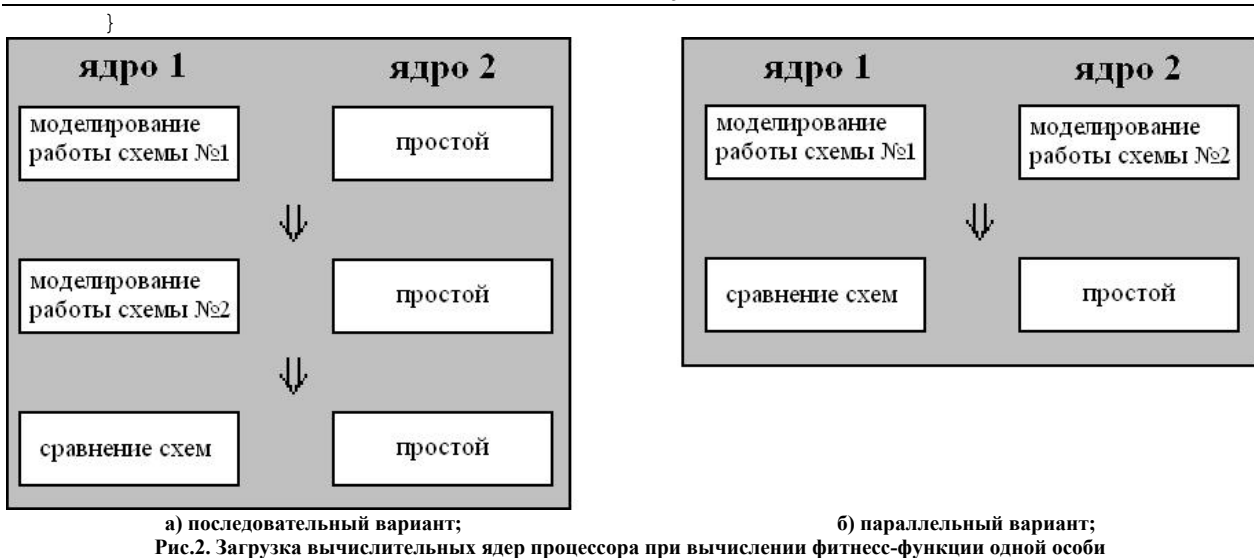
В такой интерпретации видно, что для создания и запуска второго потока моделирования необходимо ждать завершения работы первого потока. Структурная схема использования ядер процессора в этом случае выглядит следующим образом (рис. 2, а). При этом основная вычислительная нагрузка ложится на два блока «моделирование работы схемы» и в сравнении с ними ничтожна в блоке «сравнение схем». Видно, что при такой организации вычислительного процесса, общая загрузка процессора не может быть более 50%, поскольку фактически второе ядро простаивает. Очевидно, что для систем с несколькими вычислительными ядрами такой подход является неприемлемым.

Ситуация легко исправляется, если оба потока моделирования заставить выполняться одновременно на разных вычислительных ядрах. Структурно это изображено на рис. 2, б. Псевдокод такой процедуры вычисления фитнес-функции в терминах потоков приведён ниже.

```

Вычисление_Фитнесс(схема_1, схема_2, последовательность)
{
    Поток_1=Создать_Поток_Моделирования(схема_1, последовательность);
    Поток_2=Создать_Поток_Моделирования(схема_2, последовательность);
    Поток_1->Ждать_Завершения();
    Поток_2->Ждать_Завершения();
    Фитнесс=Сравнение_схем(схема_1, схема_2);
}

```



Остальная часть алгоритма остаётся неизменной. Отметим, что внесённые в алгоритм изменения касаются только процедур моделирования и не затрагивают «генетическую надстройку» над ними.

Далее мы будем называть два варианта данного алгоритма «последовательная» (старая) и «параллельная» (новая) версии алгоритма.

4. Экспериментальные данные

Описанный в предыдущем разделе алгоритм был реализован программно в среде программирования C++ Builder 6. Объём программной реализации составил около 2000 строк кода.

Данная среда программирования содержит средства разработки многопоточных приложений. Для этого в неё включен невизуальный класс TThread. Создавая объект данного класса программист создаёт вычислительный поток, привязанный к данному приложению. Возможно управление данным потоком (запуск, остановка) и передача параметров при запуске. В нашем случае в качестве параметров передаются ссылки на описание моделируемых схем и входной последовательности.

Машинные эксперименты проводились на двух различных платформах, реализующих вычислительные системы с числом вычислительных ядер процессора от 1 до 4. Система с одним и двумя вычислительными ядрами процессора построена на базе двухядерного процессора Intel Core 2 Duo E4500 с 1Гбайт оперативной памяти. Для одноядерной реализации в BIOSе системы отключалось одно ядро процессора. Система с тремя и четырьмя вычислительными ядрами базировалась на Intel Core Quad Q6600 с 2Гбайт оперативной памяти. При этом для трёхядерной системы средствами BIOS также отключалось одно ядро процессора.

Чтобы выяснить влияние предложенной параллельной модификации алгоритма на его работу, выполнялось фиксированное число итераций алгоритма. При этом число вызовов процедуры вычисления фитнес-функции составило 7000. Другие параметры запуска алгоритма: число особей популяции

Для сравнения результатов для двух данных систем, измеренное в результате экспериментов время было преобразовано в относительное ускорение. В качестве эталона на каждом типе систем запускалась последовательная версия алгоритма. Далее мы будем приводить цифровые данные только в виде ускорения работы алгоритма.

Машинные эксперименты проводились на схемах из международного каталога ISCAS-89 [17]. На рис. 3 приведены диаграммы, показывающие ускорение работы алгоритма для 12 схем на всех экспериментальных платформах. Наибольшее ускорение получено для двухядерной системы, наименьшее – для одноядерной. Средние графики с примерно одинаковыми числовыми значениями соответствуют трёх- и четырёхядерным системам. Нижний график соответствует одноядерной системе. При этом коэффициент ускорения колеблется в окрестностях единицы для всех схем, показывая, что такая модификация алгоритма не влияет на быстродействие алгоритма в одноядерных системах.

На рис. 4 показано среднее увеличение быстродействия по всем схемам для различных экспериментальных платформ. Видно, что наибольшее среднее увеличение быстродействия модифицированной версии алгоритма (1.88 раза) соответствует двухядерной системе. Для трёх- и четырёхядерных систем ситуация ухудшается и увеличение быстродействия составляет 1.57 и 1.5 раза соответственно. По-видимому, это объясняется тем, что процессор пытается распределить каждый из вычислительных потоков на более чем одно ядро с целью избежать их простоя.

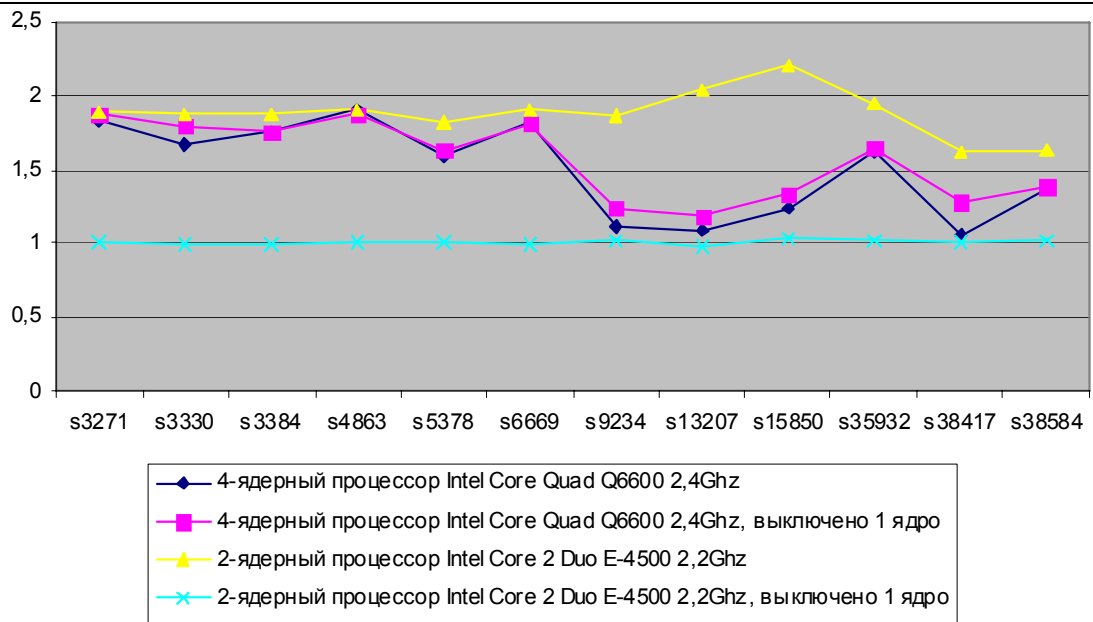


Рис. 3. Увеличение быстродействия для контрольных схем на разных экспериментальных платформах

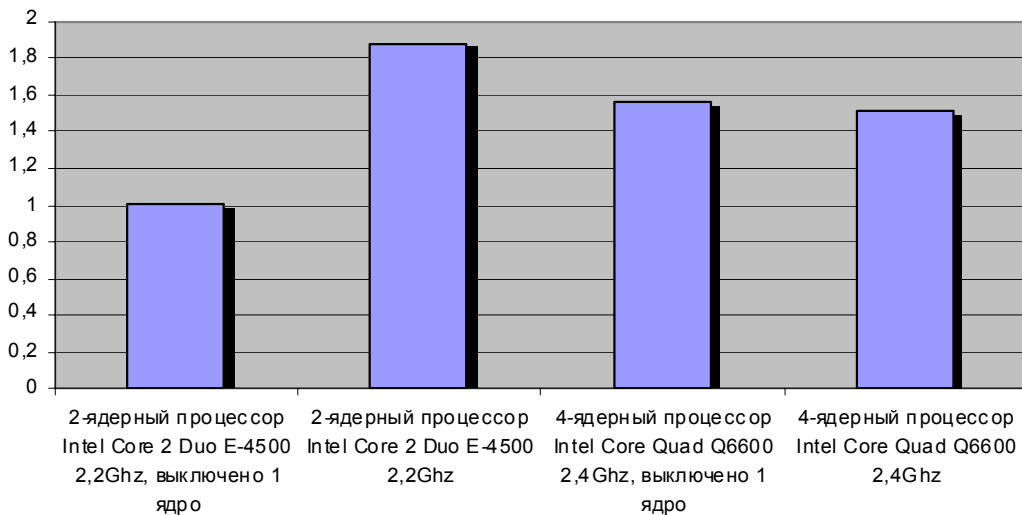


Рис.4. Среднее увеличение быстродействия для различных экспериментальных платформ

Для параллельной реализации алгоритма принято вычислять параметры ускорение и эффективность реализации [18].

Ускорение, рассчитываемое для параллельной реализации алгоритма для p процессоров определяется формулой:

$$S_p(n) = \frac{T_1(n)}{T_p(n)}, \quad (4)$$

где p – число процессоров в параллельной реализации алгоритма, n – параметр вычислительной сложности алгоритма, $T_i(n)$ – время выполнения параллельного алгоритма на системе с i процессорами.

Эффективность использования процессоров при параллельной реализации алгоритма рассчитывается по формуле:

$$E_p(n) = \frac{T_1(n)}{p \cdot T_p(n)} = \frac{S_p(n)}{p}. \quad (5)$$

Для нашего подхода под числом процессоров будем понимать число ядер процессора. Тогда параметр $E_p(n)$ будет выражать эффективность использования ядер процессора.

Доля последовательного кода (доля последовательных вычислений) f служит для оценки свойств алгоритма к распараллеливанию и определяется из закона Амдаля:

$$f = \frac{p/S_p - 1}{p - 1}. \quad (6)$$

Приведём числовые значения параметров ускорения, эффективности и последовательной части кода для контрольных схем для двухядерной системы, которая показала лучшие результаты ускорения (табл.1). Отметим, что приводить значение предельного ускорения алгоритма (при $p \rightarrow \infty$) не имеет смысла, поскольку предложенный алгоритм не является масштабируемым в традиционном смысле параллельных вычислений. Однако узкая оптимизация позволила достичь очень высоких параметров для двухядерных систем: средняя эффективность загрузки ядер процессора =0,94, средняя доля последовательных вычислений =0,06.

Таблица 1

Значения параметров ускорения, эффективности использования ядер и доли последовательных вычислений для контрольных схем ISCAS-89

	s3271	s3330	s3384	s4863	s5378	s6669	s9234	s13207	s15850	s35932	s38417	s38584	средн.
S_p	1,87	1,87	1,87	1,90	1,82	1,90	1,86	2,00	2,20	1,94	1,62	1,63	1,88
E_p	0,94	0,94	0,94	0,95	0,91	0,95	0,93	1,00	1,10	0,97	0,81	0,82	0,94
f	0,07	0,07	0,07	0,05	0,10	0,05	0,08	0,00	0,00	0,03	0,23	0,23	0,06

Выводы

В статье предложена модификация ранее описанного авторами алгоритма верификации эквивалентности цифровых последовательностных схем. Данная модификация заключается в распараллеливании процедуры вычисления фитнес-функции отдельной особи с целью повышения быстродействия алгоритма. Модифицированный алгоритм рассчитан на работу в многоядерных рабочих станциях. Проведённые машинные эксперименты показывают, что наибольшее ускорение достигается на двухядерных системах (число ядер равно числу вычислительных потоков).

Однако продолжающийся рост числа ядер в настольных рабочих станциях делает возможным дальнейшее усовершенствование алгоритма. Одним из потенциальных путей такой модификации является модификация процедуры оценки особей таким образом, чтобы распараллелить этот процесс по всем ядрам вычислительной системы. Таким образом удастся достичь большей загрузки ядер, а значит эффективности использования вычислительной системы.

Литература

1. S.-Y. Huang, K.-T. Cheng, Formal Equivalence Checking and Design Debugging.- Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.- 229p.
2. Ghosh, S. Devadas and A.R. Newton, Sequential Logic Testing and Verification.- Boston: Kluwer Academic Publishers, 1992.- 214p.
3. Goldberg D.E., Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning.- Addison-Wesley, 1989.- 432p.
4. Иванов Д.Е., Скобцов Ю.А. Генерация тестов цифровых устройств с использованием генетических алгоритмов // Труды института прикладной математики и механики НАН Украины.- Т.4.- Донецк: ИПММ, 1999.- С.82-88.
5. Иванов Д.Е., Скобцов Ю.А., Эль-Хатиб А.И. Построение инициализирующих последовательностей синхронных цифровых схем с помощью генетических алгоритмов // Проблеми інформаційних технологій, 2007.- №1.- С.158-164.
6. Skobtsov Y.A., El-Khatib, Ivanov D.E. Distributed Genetic Algorithm of Test Generation For Digital Circuits // Proceedings of the 10th Biennial Baltic Electronics Conference.- Tallinn Technical University, 2006.- P.281-284.
7. Иванов Д.Е. Генетический алгоритм проверки эквивалентности последовательностных схем // «Радіоелектроніка. Інформатика. Управління».- Запоріжжя: ЗНТУ.- 2009.- №1(20).- С.118-123.
8. Иванов Д.Е., Скобцов Ю.А., Эль-Хатиб А.И. Распределённое параллельное моделирование цифровых схем с неисправностями // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Обчислювальна техніка та автоматизація". Випуск 107.- Донецьк: ДонНТУ.- 2006.- С.128-134.
9. Intel® Software Insight. Multi-core Capability. July 2005.
10. Скобцов Ю.А., Иванов Д.Е. Автоматизированная система моделирования и генерации тестов АСМИД-Е // Техническая диагностика и неразрушающий контроль.- 2000. - №2. - С.54-59.
11. Загуливетер Ю.С., Фищенко Е.А. Компьютер ПС-2000: многопроцессорная архитектура, опередившая время // Пленарные и избранные доклады Четвертой международной конференции "Параллельные вычисления и задачи управления" РАСО'2008. Москва, 27-27 октября 2008 г. М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им.В.А.Трапезникова РАН, 2008.- С.63-75.
12. Roger D. Chamberlain. Parallel Logic Simulation of VLSI Systems // Proceedings of the 32nd ACM/IEEE conference on Design automation, 1995.- P.139-143.
13. Corno F., Prinetto P., Rebaudengo M., Sonza Reorda M. A Parallel Genetic Algorithm for Automatic

Generation of Test Sequences for Digital Circuits // International Conference on High-Performance Computing and Networking, Brussels (Belgium), April, Lecture Notes In Computer Science.- Vol.1067.- 1996.- P.454-459.

14. Krishnaswamy D., Hsiao M.S., Saxena V., Rudnick E.M., Patel J.H., Banerjee, P. Parallel genetic algorithms for simulation-based sequential circuit test generation // Proceedings Tenth International Conference on VLSI Design, 1997, 4-7 Jan 1997.- P.475-481.

15. Corno F., Sonza Reorda M., Rebaudengo M. Experiences in the use of evolutionary techniques for testing digital circuits // Aproc. of Conf. Applications and science of neural networks, fuzzy systems, and evolutionary computation, San Diego CA, ETATS-UNIS, 1998, Vol.3455.- P.128-139.

16. Барашко А.С., Скобцов Ю.А., Сперанский Д.В. Моделирование и тестирование дискретных устройств. – К.: Наукова думка, 1992.– 288 с.

17. Brgles F., Bryan D., Kozminski K. Combinational profiles of sequential benchmark circuits // International symposium of circuits and systems, ISCAS-89, 1989.– P.1929-1934.

18. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Учебное пособие.- Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003.- 184 с.

Надійшла 7.9.2009 р.

УДК 004.052.42: 004.725

О.В. ОГНЄВИЙ

Хмельницький національний університет

ПОБУДОВА ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ КЛАСТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В статті розглядається ідея побудови паралельних обчислювальних систем із загальнодоступних комп'ютерів на базі процесорів Intel і недорогих Ethernet-мереж з установкою на ці комп'ютери Linux і об'єднанням їх в кластери за допомогою однієї з безкоштовно розповсюджуваних комунікаційних бібліотек (PVM та MPI).

In article the idea of construction of parallel computing systems from popular computers on the basis of processors Intel and inexpensive Ethernet-networks with installation on these computers Linux and their association in clusters by means of one of free of charge extended communication libraries (PVM and MPI) is considered.

Ключові слова: паралельні обчислювальні системи, кластерні технології.

Вступ

Тема збільшення швидкості обчислень досить актуальна для всіх тих, чия діяльність пов'язана з великим об'ємом обчислювальних робіт. Так, наприклад, розрахунки гравітуючих газових дисків найчастіше вимагають декількох місяців безперервного рахунку на машині класу іРІІ. У середині 80-х перед вченими виникла проблема збільшення швидкодії обчислювальних процесів. Але ні тоді, ні навіть зараз найчастіше немає можливостей для закупівлі потужних комп'ютерів типу nCube, Cray або подібних. Однак з розвитком програмного забезпечення й появою вільно розповсюджуваної операційної системи стало можливим створити обчислювальний комплекс із ефективною швидкодією, порівнянною зі швидкодією суперкомп'ютерів, але з вартістю в десятки разів меншою.

Виявилось, що на багатьох класах завдань і при достатньому числі вузлів такі системи дають продуктивність, порівнянну з тією, що можна одержати, використовуючи дорогі суперкомп'ютери.

Постановка задачі

При реалізації кластерної технології необхідно уважно проаналізувати завдання. Паралельні обчислення – досить специфічна область математики й далеко не завжди паралельні обчислення можуть бути застосовні.

Важливим є також питання принципової можливості "розпаралелити" завдання. Деякі чисельні схеми в силу особливостей алгоритму не піддаються ефективній паралелізації. Перш ніж орієнтуватися на застосування кластера для рішення завдання, необхідно впевнитися в можливості застосування паралельних алгоритмів.

Також паралельні архітектури повинні створюватися з розрахунком на ефективне використання ресурсів цієї архітектури. Під цим розуміється те, що задача повинна бути розділена на частини, здатні виконуватися паралельно на декількох процесорах, і розділена ефективно, щоб складові, що виконуються окремо, мінімально впливали на виконання інших частин.

Класи завдань, які можна ефективно розпаралелити:

1. Одномірні масиви.
2. Двовимірні масиви.
3. Клітинні автомати.
4. Системи диференціальних рівнянь.

Клас завдань, вирішувати які можна, використовуючи паралельні алгоритми досить широкий і вкрай важливий. Однак варто враховувати, що паралельність завдання визначається не тільки її фізичним змістом, але й обраним чисельним алгоритмом.

Кластери Beowulf

Кластери Beowulf забезпечують гарною платформою для вивчення паралельного програмування й недорогою продуктивною обчислювальною системою.

Beowulf – це мультикомп'ютерна архітектура, що може використовуватися для паралельних обчислень. Ця система складається з одного серверного вузла й одного або більше клієнтських вузлів, з'єднаних за допомогою Ethernet або деякої іншої мережі. Система, побудована з готових промислових компонентів, наприклад ПЕОМ, на яких може працювати ОС Linux, стандартних адаптерів Ethernet і комутаторів (рис. 1). Вона не містить специфічних апаратних компонентів і легко відновлюється. Beowulf також використовує програмні продукти, такі як ОС Linux, середовища програмування Parallel Virtual Machine (PVM) і Message Passing Interface (MPI). Серверний вузол управляє всім кластером і є файлом-сервером для клієнтських вузлів. Він також є консоллю кластера й шлюзом у зовнішню мережу. Більші системи Beowulf можуть мати більше одного серверного вузла, а також можливо спеціалізовані вузли, наприклад, консолі або станції моніторингу. У більшості випадків клієнтські вузли в Beowulf пасивні. Вони конфігуруються й управляються серверними вузлами й виконують тільки те, що запропоновано серверним вузлом. У бездисконій конфігурації клієнтів, клієнтські вузли навіть не мають IP-адрес або імен, поки їх не призначить сервер. Одне з основних відмінностей Beowulf від кластера робочих станцій також у тім, що Beowulf працює як одна машина. У більшості випадків клієнтські вузли не мають клавіатур і моніторів, і можуть бути доступні тільки через віддалене підключення. Вузли Beowulf можуть розглядатися як елементи процесор + пам'ять, які вставляються в кластер так само як процесор або модуль пам'яті вставляються в материнську плату.

Beowulf – це не специфічний пакет програм, нова топологія мережі або новітня модифікація ядра ОС. Beowulf – це технологія кластеризації комп'ютерів, що працюють під керуванням ОС Linux.

Побудова кластерного комп'ютера не самоціль, а засіб досягти більшої ефективності й продуктивності. Є певний клас завдань, що вимагають продуктивності більше високої, ніж ми можемо одержати, використовуючи звичайні комп'ютери. У цих випадках з декількох потужних систем створюють НРС (High Performance Computing) кластер, що дозволяє рознести обчислення не тільки по різних процесорах (якщо використовуються багатопроцесорні SMP-системи), але й по різних комп'ютерах. Для завдань, що дозволяють розпаралелювання і не пред'являють високих вимог по взаємодії паралельних потоків, часто приймають рішення щодо створення НРС кластера з великого числа малопотужних однопроцесорних систем. Найчастіше подібні рішення, при низькій вартості, дозволяють досягти набагато більшої продуктивності, ніж продуктивність суперкомп'ютерів.

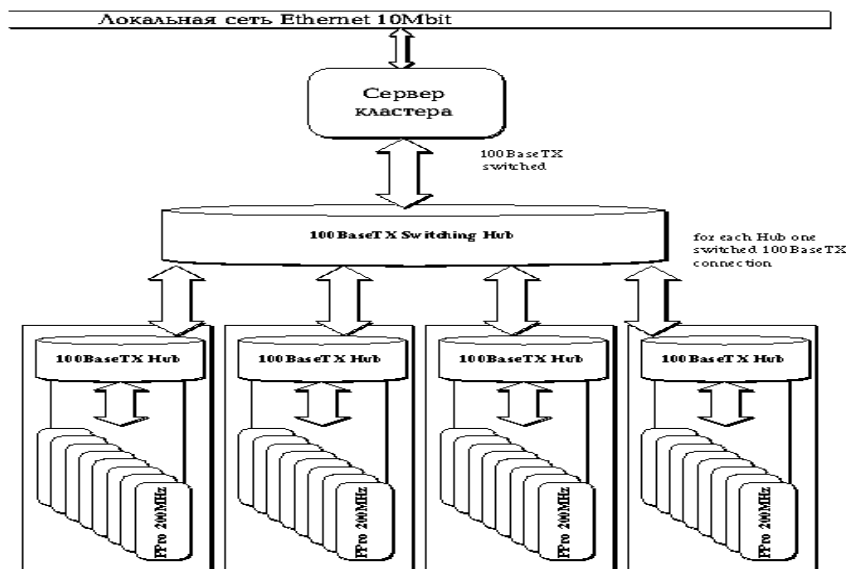


Рис. 1. Об'єднання ЕОМ в кластері

Кластер Beowulf – гетерогенна структура. У нього можуть входити найрізноманітніші за параметрами комп'ютери, побудовані на різних апаратних платформах, наприклад Intel Pentium різних версій, Alpha, RISC-процесори, Transmeta, 32-х і 64-х бітові процесори. Більше того, на комп'ютерах у кластері можуть бути встановлені всілякі системи: Linux, Windows, OS/2 WARP.

Що стосується розходження в параметрах (швидкодія, пам'ять, ...) у комп'ютерів, що входять у кластер, то це припустимо. Але в цьому випадку доведеться враховувати ці розходження при написанні паралельних програм, розподіляючи об'єм залежно від можливості кожного окремого комп'ютера. У

протилежному випадку кластер буде працювати як система, що складається з машин з мінімальними робочими параметрами.

Оскільки кластер Beowulf – масштабована система, то питання кількості вузлів не є життєво важливим. У міру необхідності можливо доволіно додавати кількість вузлів у будь-який час. Однак захоплюватися кількістю вузлів не завжди доцільно, тому що найбільш вузьке місце у кластері – це середовище передачі даних між вузлами, тобто пропускна здатність використовуваної мережі. Рекомендується при початковій побудові кластера обмежитися чотирма вузлами (одна консоль і три slave-ноди).

Департаментом комп'ютерних наук університета Північної Айови (США) був реалізований проект BCCD по створенню завантажувального компакт диска з варіантом, призначеним для побудови кластера. У результаті ми маємо можливість використати кластер взагалі без установки на вінчестер операційної системи й кластерного ПО. Для установки кластера необхідно два й більше мережних комп'ютери, що мають можливість завантажувати ОС безпосередньо з CD-ROM.

Організація кластерної мережі

Мережа – це модульна й адаптуєма комутаційна система, яку можна настроїти відповідно до всіляких вимог. Її модульність полегшує додавання нових компонентів або переміщення існуючих, а адаптивність спрощує внесення змін і вдосконалень. Мережа кластера Beowulf нічим принципово не відрізняється від мережі робочих станцій, тому в найпростішому випадку для побудови кластера необхідні звичайні мережні карти й хаби /комутатори, які використалися б при облаштуванні якого-небудь комп'ютерного класу. Однак, у випадку кластера є одна особливість. Мережа кластера, в першу чергу, призначена не для зв'язку машин, а для зв'язку обчислювальних процесів. Тому чим вище буде пропускна здатність вашої мережі, тим швидше будуть виконуватися паралельні завдання, запущені на кластері, отже робочі характеристики мережі мають першорядне значення.

Використовуване мережне устаткування характеризується двома параметрами:

Пропускна здатність – швидкість передачі даних між двома вузлами після того, як зв'язок установлений.

Латентність – середній час між викликом функції передачі даних і самою передачею. Час затрачається на адресацію інформації, спрацьовування проміжних мережних пристроїв, інші накладні витрати, що виникають при передачі даних.

Фактично пропускна здатність і латентність не тільки характеризують кластер, але й обмежують клас завдань, які можуть ефективно зважуватися на ньому.

В якості мережних адаптерів можна використати будь-які наявні в продажі карти, що підтримують роботу в стандартах 100BaseTx і Gigabit Ethernet. Найбільш перспективними на сьогоднішній день є мережні карти фірми "3Com", так як вони мають деякі переваги, що помітно впливають на продуктивність мережних комунікацій. Основні із них:

1) Розвантаження процесора при обчисленні контрольних сум TCP/UDP/IP. Звільняє центральний процесор від інтенсивних обчислень контрольних сум, виконуючи їх у самій мережній платі. Тим самим підвищується продуктивність системи й час життя процесора.

2) Звільнення ЦП при відновленні сегментованих пакетів TCP. Знижує навантаження на центральний процесор, підвищуючи продуктивність системи.

3) Об'єднання переривань. Дозволяє групувати кілька отриманих пакетів. Оптимізує обчислювальну ефективність хост – комп'ютера, скорочуючи число переривань і максимально звільняючи процесорні ресурси для роботи додатків.

4) Режим Bus mastering DMA. Забезпечує більше ефективний обмін даними для зниження завантаження центрального процесора.

Для організації зв'язаного каналу (channel bonding) найкраще вибрати мережні карти Intel EtherExpress PRO/100, 3Com FastEthernet (наприклад 3c905B, 3c905C) або карти GigabitEthernet від 3Com або Intel. Також можливе використання спеціалізованих серверних мережних карт, у яких є більше одного Ethernet-порту. Прикладами таких адаптерів можуть бути Intel EtherExpress PRO/1000 MF Dual Port або 3Com Fast EtherLink Server Dual Port 3c982C-TXM. Використання таких карт дозволить займати в комп'ютері вдвічі менше PCI-слотів і, відповідно, установлювати вдвічі більше мережних карт для об'єднання їх у зв'язаний канал.

Комутатори.

Другим важливим елементом мережі кластера є пристрої комутації мережних каналів. Комутатори й інші елементи мережної структури використовуються для забезпечення комунікацій між процесорами, для підтримки паралельного програмування й різних функцій керування. Вважається, що при збільшенні числа підключених вузлів загальна ширина смуги пропускання, як у всіх комутаторів з дійсною масштабованістю, росте пропорційно, а латентність залишається постійною. Іншими словами, смуга на кожному зі шляхів однакова, а число шляхів (напрямків) залежить від кількості вузлів, при цьому кожен вузол має зв'язок з усіма іншими вузлами незалежно від розміру кластера.

Вибір комутатора здійснюється, насамперед, на основі його характеристик. У найпростішому випадку для побудови мережі кластера можна використати прості хаби. Це рішення, найбільш вигідне за ціною, являється самим невдалим у технологічному змісті. При використанні хабів не відбувається

маршрутизації пакетів переданих даних. Будь-який пакет, переданий у мережу, направляється абсолютно всім учасникам мережі. Кожна машина "чує" всі пакети, що передаються в мережі, незалежно від того, чи призначений конкретний пакет для неї чи ні. При активному між процесорному обміні це може приводити до перевантаження мережі, збільшенні числа колізій і, як наслідок, до зниження ефективної швидкодії паралельної машини. Наприклад, якщо дві пари вузлів кластера одночасно обмінюються даними за допомогою 100 Мбіт хаба, то швидкість їхнього обміну падає вдвічі.

Прикладами комутаторів, що дозволяють настроїти Link Aggrigation, можна вважати Cisco Catalyst 2900 series, Cisco Catalyst 3500 series, Cisco Catalyst 5000 series, 3Com SuperStack 3 4950, 4400 і ін. Слід зазначити, що наявність або відсутність функцій Link Aggrigation залежить не тільки від моделі комутатора, але й від версії його програмного забезпечення.

Операційна система

При виборі операційної системи варто орієнтуватися насамперед на рекомендації розроблювачів програмного забезпечення. Однак, якщо є вибір, то за інших рівних умов варто віддати перевагу Linux.

Під Linux доступна величезна кількість серверного ПО, компіляторів, бібліотек, засобів відлагодження та ін. Велика кількість програмного забезпечення є у вільному доступі, для багатьох програм є вихідні коди й документація.

Плюсом Linux є "прозорість" для користувача й системного адміністратора, що дозволяє швидше й простіше розв'язувати всі проблеми, що виникають.

Основою кластера є не операційна система, а комунікаційне середовище (PVM, MPI), яке дозволяє, частинам паралельної програми, що виконуються на різних комп'ютерах, ефективно взаємодіяти між собою.

Однак, варто пам'ятати, що переважна більшість кластерів працює все-таки в середовищі UNIX. Сучасний рівень розвитку Linux дозволяє почувати себе користувачеві не менш комфортно, ніж в Windows.

У наш час основною операційною системою є операційна система Windows. При всіх достоїнствах системи їй властиві деякі недоліки, що істотно затрудняють її використання. До таких недоліків можна віднести:

- малу захищеність системи від некваліфікованих дій користувачів (студентів);
- схильність системи різного роду "зломом" при мережному використанні й схильність піддаватись вірусам;
- нестійкість роботи системи, що проявляється в зависаннях і втраті інформації;
- більша вартість ліцензій на використання;
- закритість операційної системи;
- більші вимоги до можливостей комп'ютера (пам'ять, швидкодія);
- часта зміна версій ОС (приблизно кожні два роки).

ОС Linux цілком може співіснувати з Windows на тому самому комп'ютері й завантажуватися тільки в міру необхідності. Використання Linux у якості базової операційної системи, крім можливості побудови кластера з наявних комп'ютерів, дозволить:

- більш ефективно використати наявні обчислювальні засоби;
- знизити витрати на обслуговування всієї системи (завдяки можливостям до гнучкого настроювання й чіткого відстеження прав доступу різних користувачів);
- вирішити проблеми з необхідністю придбання ліцензій на використовуване ПО;
- зробити роботу комп'ютерів у мережі й роботу всього класу більше надійною й стійкою.

Висновок

Таким чином, проаналізувавши класи завдань, які можна ефективно розпаралелити, мережне устаткування, недоліки та переваги операційних Windows та Linux ми бачимо, що створення кластерного суперкомп'ютера технічно досить проста процедура. Цілком працездатний кластер може бути створений досить швидко. Потужності сучасних процесорів цілком достатньо для рішення елементарних кроків більшості завдань, а об'єднання декількох десятків таких процесорів дозволяє швидко й ефективно вирішувати багато поставлених завдань, не вдаючись до допомоги мейнфреймов і супер комп'ютерів.

Зараз у наших наукових організаціях і університетах, як правило, є ентузіасти безкоштовного розповсюдженого ПО й фахівці з ОС Linux. У той же час парк більш-менш сучасних персональних комп'ютерів у цих організаціях так само є. Закономірно з'явилася ідея створення паралельних обчислювальних систем із загальнодоступних комп'ютерів на базі процесорів Intel і недорогих Ethernet-мереж, устанавив на ці комп'ютери Linux і, об'єднавши за допомогою однієї з безкоштовно розповсюджуваних комунікаційних бібліотек (PVM або MPI) ці комп'ютери в кластер. Виявилося, що на багатьох класах завдань і при достатнім числі вузлів такі системи дають продуктивність, порівнянну з тою, яку можна одержати, використовуючи дорогі суперкомп'ютери.

Література

1. Юрий Сбитнев Линукс. Параллельные вычисления. <http://linux-cluster.org.ru/download>.
2. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. – М.: «Нолидж», 1999. – 320 с., ил.
3. <http://twcad.ifmo.ru/?rub=cluster>

Надійшла 21.9.2009 р.

МЕТОД ПОШУКУ ОПИСУ ОБ'ЄКТІВ ДІАГНОСТУВАННЯ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ДІАГНОСТИЧНІЙ СИСТЕМІ

В статті розглянуто стратегію пошуку та процес генерації навігаційних маршрутів в інформаційній системі при тестовому діагностуванні. Розроблено алгоритми пошуку опису об'єктів діагностування в середовищі інформаційного забезпечення процесу діагностування.

In the article strategy of search and process of generation of navigation routes is considered in the informative system at a test in diagnosticating. The algorithms of search of description of objects of diagnosticating in the environment of the informative providing of process of diagnosticating are developed.

Ключові слова: діагностування, електронно-обчислювальні пристрої.

Вступ

Технологічний процес діагностування мікропроцесорних пристроїв являє собою послідовність технологічних операцій. Він може бути представлений лінійно, циклічно або комбіновано. Специфікою процесу діагностування є суттєві відмінності в діагностуванні МПП на різних етапах життєвого циклу. В роботі [1] запропоновано моделі процесу діагностування на етапах проектування, виробництва та експлуатації МПП. Особливості процесу діагностування накладають певні вимоги на інформаційне забезпечення.

Для визначення конкретної проблемної області необхідно задати склад об'єктів, значення їх характеристик і відношень між об'єктами та характеристиками.

До складу знань, що описують проблемну область, входять безпосередньо знання про предметну область та знання про методи опрацювання цих знань [2].

Склад знань про процес діагностування як предметну область є наступним:

- перелік компонентів ОД;
- особливості, що пов'язані з дефектами партій компонентів ОД;
- множина відомих несправностей;
- множина ознак прояву несправностей;
- множина дій для підтвердження ознаки прояву несправності;
- множина ступені впевненості в наявності зв'язку між деякими параметрами;
- множина суб'єктивних оцінок;
- при наявності неавтоматизованих процесів виробництва необхідно окремо виділити знання про множину дефектів, які вносяться в ОД в процесі ручного монтажу.

Постановка задачі

Дослідження відомих підходів до інформаційного забезпечення процесу діагностування МПП дозволяє зробити висновок, що до теперішнього часу відсутні ефективні, розраховані на широке коло користувачів методи інформаційного забезпечення [1]. Це в значній мірі знижує ефективність процесу діагностування та його достовірність. Тому одним з питань, що потребують вирішення, є розробка комплексу математичної та алгоритмічної підтримки інформаційного забезпечення процесу діагностування МПП [2].

Для забезпечення ефективного доступу до інформації в середовищі інформаційного забезпечення необхідно оптимізувати її пошук. Для розв'язання цієї задачі в статті запропоновано модель стратегії пошуку та генерації навігаційних маршрутів.

Модель стратегії пошуку та генерації навігаційних маршрутів

Для забезпечення ефективного доступу до інформації в середовищі інформаційного забезпечення процесу діагностування необхідно оптимізувати її пошук. Для розв'язання даної задачі розробимо модель стратегії пошуку та генерації навігаційних маршрутів. Формально модель може бути представлена як

$$MSP = \left\langle LD, T, Z, \Psi, I, \delta, \vartheta, \theta, P_{O\Psi}, T_{O\Psi}, P'_{O\Psi}, T'_{O\Psi} \right\rangle,$$

де LD – вхідна мова, яка складається з непустих множин $T, Z, LD = \langle T, Z \rangle$ (словник).

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ – множина текстів (повідомлень) в діагностичній БД.

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_l\}$ – множина запитів.

$\Psi = \{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_3\}$ – множина пошукових функцій.

I – інформаційна потреба.

θ – функція відображення.

$P_{O\Psi}$ – повнота пошуку по запиту Z . $T_{O\Psi}$ – точність пошуку по запиту Z .

$P'_{O\psi}$ – повнота обслуговування по запиту Z .

$T'_{O\psi}$ – точність обслуговування по запиту Z .

δ – функція відображення релевантного тексту запиту.

\mathcal{G} – функція відображення пертинентного запиту.

Метод пошуку опису об'єктів діагностування

Один крок пошуку тексту можна промодельовати у вигляді часткового відображення множини запитів в множину текстів. Тоді будь-яке часткове відображення $\Psi: T \rightarrow Z$ є пошуковою функцією. Під стратегією пошуку будемо розуміти послідовність кроків, кожен з яких відрізняється від попереднього запитом та/чи пошуковою функцією. При цьому запит та функцію можна коригувати як в режимі діалогу, так і автоматично з використанням даних про об'єм вибірки знайдених текстів.

Якщо $Z_1 \in Z$ – деякі запити, Ψ_i – пошукові функції ($i = 1, l, l \geq 1$), тоді під записом $\{\psi_1(z_1), \psi_2(z_2), \dots, \psi_l(z_l)\}$ – будемо розуміти стратегію пошуку.

Реалізуємо один крок пошуку повідомлень і текстів з використанням наступної вхідної і вихідної інформації. Вхідна інформація – запит $Z \in ZLD$, множина текстів TLV і множина $\omega(TLV)$ їх пошукових образів. Вихідна інформація – множина $\pi(z)$ текстів, знайдених по запиту Z . Сформулюємо запит Z , на основі запиту Z отримаємо повідомлення $a = a_1, a_2, \dots, a_l = Z$, ($l \geq 1$).

Побудуємо синтаксичний граф G повідомлення a . На першому етапі синтаксичного аналізу виявимо в повідомленні всі синтагми. Синтагми є членами деяких синтагматичних структур, які будемо виявляти в аналізованому ланцюжку.

На другому етапі аналізу з всіх синтагм, які ввійшли в трюх і чотириохсловні сигматичні структури, виключимо базові (визначаючі) слова, так як вони не будуть в подальшому впливати на побудову синтаксичного дерева. Ознакою завершення процедури аналізу є одержання визначаючого члена єдиної синтагми.

Реалізуємо процедуру виключення із повідомлення слів, вхідна інформація – повідомлення a і графік D , який включає всі вершини вхідного повідомлення. Вихідна інформація – повідомлення, одержане з початкового видалення деяких слів, і графік створений з вхідного графіка D додаванням до нього деяких дуг. Даний алгоритм включає наступні кроки.

Алгоритм 1

1. Змінній l присвоїти значення, рівне числу слів в повідомленні a і пронумерувати їх в порядку зростання.

2. Якщо $l = 1$, то синтаксичне дерево побудоване, інакше перейти до кроку 3.

3. Якщо в графіку D є дуга (a_2, a_1) , видалити з повідомлення слово a_1 і перейти до кроку 4.

4. Змінній $c := a_1$, $d := a_2$. Змінній $k = 12$, якщо c – визначаючий її член, а d – визначаємий з'єднати вершини a_1 і a_2 дугою (a_1, a_2) і перейти до наступного кроку. Змінній $k = 12$, якщо d – визначаючий, а c – визначаємий член ланцюжка cd , з'єднати вершини a_1 і a_2 дугою (a_2, a_1) , видалити з повідомлення слово a_1 і повернутись до кроку 1. Якщо ланцюжок cd не є синтагмою змінній $k = \phi$ і перейти до кроку 5.

5. Якщо в графіку D є дуга (a_{l-1}, a_l) , то видалити з повідомлення слово a_l і повернутись до кроку 1, інакше – до кроку 6.

6. Змінній $c := a_{l-1}$, $d := a_l$. Змінній $k = 12$, якщо c – визначаючий член послідовності cd , з'єднати вершини a_{l-1} і a_l дугою (a_{l-1}, a_l) , видалити з повідомлення слово a_l і повернутись до кроку 1. Змінній $k = 21$, якщо d – визначаючий член послідовності cd , а c – визначаємий, з'єднати вершини a_{l-1} і a_l дугою (a_l, a_{l-1}) і перейти до кроку 7. Змінній $k = \phi$, якщо послідовність cd не є синтагмою і перейти до кроку 7.

7. Кінець алгоритму 1.

На наступному кроці побудови синтаксичного графіка реалізуємо процес пошуку всіх синтагм в повідомленні a і графіку D , вихідна інформація – повідомлення a і графік D , доповнений деякими дугами. Алгоритм, реалізуючий дану процедуру, наступний.

Алгоритм 2

1. Змінній l присвоїти значення, рівне числу слів в повідомленні a і пронумерувати їх в порядку зростання числами $1, 2, \dots, l$.

2. Якщо $l = 1$, то синтаксичне дерево побудоване, інакше перейти до кроку 3.

3. $i := \phi$.

4. $i := i + 1$.

5. Якщо в графіку D є дуга (a_i, a_{i+1}) та дуга (a_{i+1}, a_i) , то перейти до кроку 7, інакше до кроку 8.
6. Змінній $c := a_i$, $d := a_{i+1}$. Визначити значення k (див. Алгоритм 1).
7. Якщо $i + 1 = l$, то перейти до кроку 9, інакше – до кроку 4.
8. Якщо $k = 12$, то з'єднати вершини a_i і a_{i+1} графіка D дугою (a_{i+1}, a_i) . Перейти до кроку 7.
9. $i := 1$
10. $i := i + 1$
11. Якщо $i = l - 1$, то перейти до кроку 12. Інакше перевірити присутність в графіку D одночасно дуги (a_{i+1}, a_i) та (a_{i-1}, a_i) . Якщо так, то видалити з графіка D дугу (a_{i+1}, a_i) і перейти на крок 10, інакше перейти до кроку 1.
12. Кінець алгоритму 2.

Наступний крок побудови синтаксичного дерева складається в знаходженні синтагматичних структур типу $\overleftarrow{x(\overleftarrow{xx})}$ і $\overleftarrow{x(\overleftarrow{xx})}$ в повідомлення a . Вхідна інформація – повідомлення a і графік D , вихідна інформація – повідомлення, отримане з a видаленням базових слів в синтагматичних структурах типу $\overleftarrow{x(\overleftarrow{xx})}$ і $\overleftarrow{x(\overleftarrow{xx})}$ і графік, отриманий з D додаванням в нього деяких дуг. Алгоритм, реалізуючий дану процедуру, включає наступні кроки.

Алгоритм 3

1. Змінній l присвоїти значення, рівне числу слів в повідомленні a і пронумерувати їх в порядку зростання числами $1, 2, \dots, l$
2. Якщо $l = 1$, то синтаксичне дерево побудоване, інакше перейти до кроку 3.
3. Якщо $l = 2$, і в графіку D є дуга (a_2, a_1) чи (a_1, a_2) , то синтаксичне дерево побудоване. Якщо $l = 2$, і вершини a_1 і a_2 не з'єднані дугою (в будь-якому напрямку), то вхідне повідомлення не є проєктивним, інакше перейти до кроку 4.
4. $i := \phi$.
5. $i := i + 1$.
6. Якщо $l = 2$, і в графіку D є дуга (a_{i+2}, a_{i+1}) , то перейти на крок 8.
7. Змінній $c := a_i$, $d := a_{i+2}$. Визначити значення k (див. Алгоритм 1). Якщо $k = \phi$, то видалити з повідомлення слово a_{i+1} , то з'єднати вершини a_i і a_{i+2} графіка D дугою (a_i, a_{i+2}) , при $k = 12$, чи дугою (a_{i+2}, a_i) при $k = 21$ і перейти до кроку 1. Якщо $k = \phi$, то перейти до кроку 8.
8. Якщо $i + 2 = l$, то перейти до кроку 9, інакше перейти до кроку 5.
9. Кінець алгоритму 3.

Алгоритм 4

Реалізуємо програму синтагматичних структур з трьох слів типу $\overleftarrow{(xx)x}$ і $\overleftarrow{(xx)x}$ повідомленні a . Вхідна інформація – повідомлення a і графік D . Вхідна інформація – повідомлення a і графік D , вихідна інформація – повідомлення, отримане з a видаленням деяких вершин і графік, отриманий з D додаванням в нього деяких дуг. Алгоритм 4, реалізація даної процедури співпадає з алгоритмом 3, крім кроку 6. В алгоритмі 4 цей крок буде мати наступний вигляд:

“Якщо $l = 2$, і в графіку D є дуга (a_i, a_{i+1}) , то перейти до кроку 7, інакше – до кроку 8.”

На наступному кроці побудови синтаксичного графіка необхідно реалізувати процедуру пошуку синтагм типу $\overrightarrow{xx} | \overleftarrow{xx}$, вхідна інформація – повідомлення a з видаленням деяких слів і графік, D з додаванням в нього деяких дуг. Для пошуку всіх синтагм даного типу і побудови синтаксичного графіка виконаємо наступний алгоритм.

Алгоритм 5

1. Змінній l присвоїти значення, рівне числу слів в повідомленні a .
2. Якщо $l = 1$, то синтаксичне дерево побудоване, інакше перейти до кроку 3.
3. Якщо $l = 2$ в графіку D є дуга (a_1, a_2) чи дуга (a_2, a_1) , то синтаксичне дерево побудоване. Якщо $l = 2$ і вершини a_1 і a_2 не з'єднані дугою (в будь-якому напрямку), то повідомлення a не є проєктивним, інакше перейти до кроку 4.
4. $i := \phi$
5. $i := i + 1$
6. Якщо в графіку D є дуга (a_i, a_{i+1}) , то перейти на крок 7, інакше на крок 9.

7. $i = j + 2$. Якщо $j = l$, то виключити з повідомлення слово a_{i+1} і перейти на крок 1, інакше на крок 8.

8. $i = j + 1$, $c := a_i + 1$, $d := a_j$. Визначити значення k (див. Алгоритм 1). Якщо $k = \phi$, то перейти до кроку 7, інакше до кроку 5.

9. Кінець алгоритму 5.

На наступному кроці побудови синтаксичного графіка необхідно реалізувати процедуру пошуку базових чотирьохслівних синтагматичних структур типу $(\overline{xx})(\overline{xx})$ і $(\overline{xx})(\overline{xx})$. Вхідна і вихідна інформація – повідомлення a і графік D . Алгоритм, реалізуючий дану процедуру, складається з наступних кроків.

Алгоритм 6

1. Змінній l присвоїти значення, рівне числу слів в повідомленні a і пронумерувати їх в порядку зростання числами $1, 2, \dots, l$

2. Якщо $l = 1$, то синтаксичне дерево побудоване, інакше перейти до кроку 3.

3. Якщо $l = 2$ в графіку D є дуга (a_1, a_2) чи дуга (a_2, a_1) , то синтаксичне дерево побудоване.

Якщо $l = 2$ і вершини a_1 і a_2 не з'єднані дугою (в будь-якому напрямку), то повідомлення a не є проєктивним, інакше перейти до кроку 4.

4. Якщо $l = 3$, то перейти до кроку 10, інакше – до кроку 5.

5. $i := \phi$

6. $i := i + 1$

7. Якщо в графіку D є дуги (a_i, a_{i+1}) , (a_{i+3}, a_{i+2}) , і немає дуг (a_{i+1}, a_{i+2}) , (a_{i+2}, a_{i+1}) , перейти на крок 9.

8. Змінній $c := a_i$, $d := a_{i+3}$. Визначити значення k (див. Алгоритм 1). Якщо $k = \phi$, то перейти до кроку 9, інакше виключити з повідомлення a слова a_{i+1} і a_{i+2} , доповнити графік D дугою (a_i, a_{i+3}) при $k = 12$, чи дугою (a_{i+3}, a_i) при $k = 21$ і перейти до кроку 1.

9. Якщо $i + 3 = l$, то перейти до кроку 10, інакше до кроку 6.

10. Кінець.

Даний підхід не тільки реалізує побудову синтаксичного графіка проєктованих повідомлень, але і здійснює контроль вхідних повідомлень на проєктивність.

Після побудови синтаксичного графіка виконуємо наступний алгоритм.

Алгоритм 7

1. Змінній k присвоїти значення, рівне числу всіх орланцюжків $\varepsilon(z) = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ довжини l в дереві D і пронумерувати їх числами від 1 до k , тобто представити графік D у вигляді множини $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$.

2. Сформувати пошукове розпорядження помістивши в множину $b_j (j = 1, k)$ орланцюжок c_j і всі орланцюжки довжиною 1, яким відповідають повідомлення внутрішньої мови представлені орланцюжком c_j

3. В множині $\omega(TLV)$ знайти сукупність всіх пошукових образів текстів, задовольняючих співвідношення (3), а в множині TLV – сукупність текстів $\Pi(z)$.

4. Кінець.

Якщо необхідно корегувати запит, то виконати алгоритм 8. При виконанні алгоритму корегується запит користувача. Вхідна інформація – множина $\Pi(z)$ текстів, знайдених по запиту $Z \in ZLV$. Вихідна інформація – відкоригований запит. Алгоритм включає наступні кроки.

Алгоритм 8

1. Якщо $\Pi(z) = \phi$, то перейти на крок 5, інакше – на крок 2.

2. $TLV : TLV \setminus \Pi(z)$

3. Видати користувачу текст $t \in \Pi(z)$, для якого значення функції відповідності мінімальне. Корегувати запит. Якщо корегування закінчено, відновити множину TLV і перейти до кроку 7, інакше перейти до кроку 4.

4. $\Pi(z) := \Pi(z) \setminus \{t\}$ Якщо $\Pi(z) \neq \phi$, то перейти на крок 3, інакше – на крок 5.

5. Якщо $\varepsilon(z) = 0$, то відновити множину TLV і перейти на крок 7, інакше виключити з пошукового розпорядження $\varepsilon(z) = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}$ ($k \geq 1$). Спочатку по одній множині $b_j (j = 1, l)$, потім по дві і т.д. і впорядкувати їх у вказаній послідовності, утворивши кортеж розпоряджень $p' = \langle p'_1, p'_2, \dots, p'_n \rangle$ ($n \geq 1$)

6. Якщо $p' = \emptyset$, то $\Pi(z) := TLV$, перейти на крок 1, інакше в множині $\omega(TLV)$ знайти сукупність всіх пошукових образів текстів по пошуковому розпорядженню p_1' . Виключити p_1' з множини p' пронумерувати розпорядження, які залишились числами 1,2,... Якщо хоч би один текст знайдено, позначити їх множину через $\Pi(z)$ і перейти на крок 2, інакше на крок 6.

7. Кінець алгоритму.

Висновки.

Розглянутий метод пошуку призначений для комплексного підвищення ефективності діагностування сучасних електронно-обчислювальних пристроїв і систем. Він використовується в діагностичних інформаційних системах при пошуку опису тексто-графічної інформації про об'єкти діагностування і властиві їм несправності.

Література

1. Муляр І. В., Джулій В. М. Представлення моделі ООБД інформаційного забезпечення тестового діагностування мікропроцесорних пристроїв // Вісник ТУП. – 2004. – № 2. Частина 1, том 1 – С.79– 83.
2. Муляр І.В., Джулій В.М. Інформаційні процеси та моделі їх представлення при тестовому комбінованому діагностуванні // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – № 4.
3. Муляр І.В., Джулій В.М. Гіпертекстова модель представлення інформації в базах діагностичних даних. // Вісник ТУП. – 2001. – № 1. – С.189– 191.
4. Локазюк В. М, Муляр І. В., Джулій В. М. Архітектура автоматизованої системи інтелектуалізації баз даних процесу тестового комбінованого діагностування // Вісник ТУП. – 2002. – № 3. – С.97– 100.

Надійшла 9.9.2009 р.

УДК 004.056

О.А. МЯСІЩЕВ, А.В. ДЖУЛІЙ
Хмельницький національний університет

НАПРЯМКИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖАХ

У даній статті розглядаються концепції безпеки захисту інформації в мережах, основні етапи забезпечення безпеки. Система інформаційної безпеки підприємства повинна враховувати появу нових технологій і сервісів, а також задовольняти загальним вимогам, поставленим сьогодні до будь-яких елементів корпоративної інформаційної системи. Наявність централізованих засобів керування продуктами безпеки є обов'язковою умовою для можливості їхнього застосування в корпоративному масштабі.

In this article conceptions of safety and defense of information are examined in networks, basic stages of providing of safety. The system of informative safety of enterprise must take into account appearance of new technologies and services, and also satisfy general requirements put today to any elements of the corporate informative system Presence the centralized facilities of management safety products is necessary condition for possibility of their application in a corporate scale.

Ключові слова: захист інформації в мережах.

Вступ. Сучасні системи захисту інформації повинні відповідати запитам сучасного бізнесу в умовах росту числа погроз безпеки інформації, що виходять із самої корпоративної мережі. Усе більше співробітників змушені працювати із чутливими ресурсами інформаційної системи, перебуваючи поза її межами. Неухильно зростає швидкість появи нових корпоративних додатків. Збільшуються масштаби й складність мереж. Із цих причин традиційна концепція побудови систем безпеки корпоративної мережі у вигляді захисту тільки зовнішніх каналів зв'язку офіс-офіс (LAN-LAN) уже недостатня. Сучасні системи безпеки повинні захищати не окремі елементи мережі, а інформацію у вигляді інформаційних ресурсів і потоків незалежно від місця й часу їхнього виникнення [1].

Концепція інформаційної безпеки. Інформаційна безпека є складовою частиною інформаційних технологій – області, що розвивається надзвичайно високими темпами. Розробка сучасної системи інформаційної безпеки вимагає, з одного боку, відстеження швидких змін в інформаційних технологіях і погрозах, що з'являються, а з іншого боку – обліку реальних характеристик апаратного й програмного забезпечення корпоративних мереж і систем. Процедура придбання пристроїв інформаційної безпеки не складна. Істотно більш складним є рішення проблем: як захищати і які засоби безпеки застосовувати? Це рішення охоплює й керування інформаційною безпекою, включаючи планування, розробку політики безпеки й проектування необхідних процедур безпеки [1, 2].

Під *інформаційною безпекою* розуміється захищеність інформації й підтримуючої інфраструктури від випадкових або навмисних впливів природного або штучного характеру, спрямованих на завдання збитків власникам або користувачам інформації й підтримуючої інфраструктури. Природа цих впливів може бути найрізноманітніша. Це й спроби проникнення зловмисників, і помилки персоналу, і вихід з ладу апаратних і програмних засобів, а також стихійні лиха (землетрус, ураган, пожежа й т.п.) [2].

Інформаційна безпека є одним з найважливіших аспектів інтегральної безпеки незалежно від розглянутого рівня – національного, галузевого, корпоративного або персонального. Слід зазначити, що інформаційна безпека не зводиться винятково до захисту інформації, це принципово більш широке поняття. Суб'єкт інформаційних відношень може постраждати (понести матеріальні або моральні збитки) не тільки від несанкціонованого доступу до інформації, але й від поломки системи, що викликала перерву в роботі. Крім того, трактування проблем, пов'язаних з інформаційною безпекою, для різних категорій суб'єктів може істотно розрізнятися. Наприклад, досить зіставити такі різні категорії суб'єктів, як режимні державні організації й комерційні структури. Інформаційна безпека представляє собою багатогранну сферу діяльності, у якій успіх можливий тільки при систематичному, комплексному підході.

У забезпеченні інформаційної безпеки виступають три основні категорії суб'єктів: державні організації, комерційні структури, окремі громадяни. Спектр інтересів суб'єктів, пов'язаних з використанням інформаційних систем, можна підрозділити на наступні основні категорії [2]:

- доступність (можливість за прийнятний час одержати необхідну інформаційну послугу);
- цілісність (актуальність і несуперечність інформації, її захищеність від руйнування й несанкціонованої зміни);
- конфіденційність (захист від несанкціонованого ознайомлення).

Політики безпеки в мережах. Розробка політики безпеки є ключовим етапом побудови захищеної інформаційної системи або мережі [3]. Слід зазначити, що складання політики або політик безпеки є тільки початком здійснення загальної програми забезпечення безпеки організації. Детальна програма забезпечення безпеки необхідна для створення ефективної системи безпеки організації на основі розробленої політики безпеки.

Основними етапами забезпечення безпеки є наступні:

- визначення цінності технологічних і інформаційних активів організації;
- оцінка ризиків цих активів (спочатку шляхом ідентифікації тих погроз, для яких кожний актив є цільовим об'єктом, а потім оцінкою ймовірності того, що ці погрози будуть реалізовані на практиці);
- установа рівня безпеки, що визначає захист кожного активу, тобто мір безпеки, які можна вважати рентабельними для застосування;
- формування політики безпеки організації на базі попередніх етапів;
- залучення необхідних фінансових ресурсів для реалізації політики безпеки, придбання й установа необхідних засобів безпеки;
- проведення роз'яснювальних заходів і навчання персоналу для підтримки співробітниками й керівництвом необхідних мір безпеки;
- регулярний контроль покрокової реалізації плану безпеки з метою виявлення поточних проблем, обліку зміни зовнішнього оточення й внесення необхідних змін до складу персоналу.

Досвід показав, що в цілому організації одержують істотну вигоду від реалізації добре розробленої методології розв'язання зазначених вище задач.

Політика безпеки повинна:

- указувати мету й причини, по яких потрібна політика;
- описувати, що саме охоплюється її складовими;
- визначити ролі, обов'язки й контакти;
- визначити, як будуть оброблятися порушення безпеки.

Політика безпеки повинна бути:

- реальною й здійсненою;
- лаконічною і доступною для розуміння;
- збалансованою по захисту й продуктивності.

Першими кроками по розробці політики безпеки є наступні:

- створення команди по розробці політики;
- ухвалення рішення про область дії й цілях політики. В області дії повинно зазначитись, хто охоплюється цією політикою;
- ухвалення рішення про особливості розроблюваної політики;
- визначення особи або органа для роботи як офіційного інтерпретатора політики.

До всіх розроблюваних політик безпеки доцільно застосовувати уніфікований процес проектування з однаковими вимогами до політики. Цей процес точно визначав би, хто створює початковий ескіз політики, які групи потрібні для розгляду й побудови кожної політики, якими повинні бути процеси твердження й реалізації політики.

Після аналізу й систематизації вимог бізнес-команда по розробці політики безпеки переходить до аналізу й оцінки ризиків. Використання інформаційних систем і мереж пов'язане з певною сукупністю ризиків. *Аналіз ризиків* є найважливішим етапом формування політики безпеки. Іноді цей етап називають

також аналізом вразливостей або оцінкою погроз.

На етапі аналізу ризиків здійснюються наступні дії:

- ідентифікація й оцінка вартості технологічних і інформаційних активів;
- постулювання й аналіз тих погроз, для яких даний актив є цільовим об'єктом;
- оцінка ймовірності того, що погроза буде реалізована на практиці;
- оцінка ризиків цих активів.

Оцінка ризику виявляє як найцінніші, так і найбільш уразливі активи, вона дозволяє точно встановити, на які проблеми потрібно звернути особливу увагу. Після оцінки ризиків активів можна переходити до встановлення рівня безпеки, що визначає захист кожного активу, тобто мір безпеки, які можна вважати рентабельними для застосування. Вартість захисту конкретного активу не повинна перевищувати вартості самого активу. Необхідно скласти докладний перелік всіх активів, що включає такі матеріальні об'єкти, як сервери й робочі станції, і такі нематеріальні об'єкти, як дані й програмне забезпечення. Повинні бути ідентифіковані директорії, які містять конфіденційні файли або файли цільового призначення. Після ідентифікації цих активів повинно бути проведене визначення вартості заміни кожного активу з метою призначення пріоритетів у переліку активів.

Для контролю ефективності діяльності в області безпеки й для обліку змін обстановки необхідна періодична переоцінка ризиків. Після проведення описаної вище попередньої роботи можна переходити до безпосереднього складання політики безпеки. У політиці безпеки організації повинні бути визначені використовувані стандарти, правила й процеси безпеки. *Стандарти* вказують, які критерії повинно використовувати керування безпекою. *Правила* докладно описують принципи й способи керування безпекою. *Процеси* повинні здійснювати точну реалізацію правил відповідно до прийнятих стандартів. Крім того, політика безпеки повинна визначити значимі для безпеки ролі й указати відповідальність цих ролей. Ролі встановлюються під час формулювання процесів. Як правило, процес складається з однієї або більше дій, де кожна дія включає чотири компоненти (рис. 1):

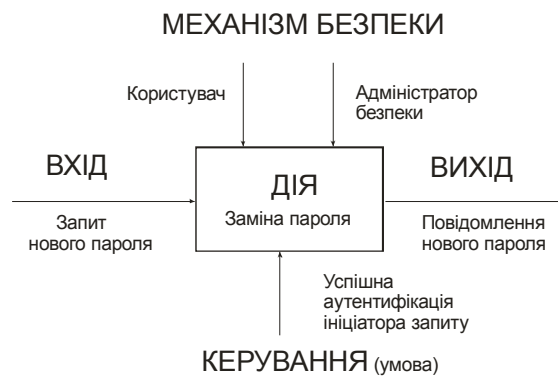


Рис. 1. Графічне подання дії в рамках процесу

1. ВХІД, наприклад, запит користувачем нового пароля.
2. МЕХАНІЗМ БЕЗПЕКИ – реалізує дану дію й указує засоби або ролі, за допомогою яких ця дія виконується. Іншими словами, він визначає, які ролі залучені в цю конкретну дію. У нашому прикладі такими ролями є користувач, що запитує новий пароль, і адміністратор безпеки.
3. КЕРУВАННЯ – описує алгоритм або умови, які керують цією дією. Наприклад, стандарт може задати наступну умову: при запиті нового пароля ініціатор запиту повинен успішно пройти аутентифікацію.
4. ВИХІД – є результатом цієї дії. У нашому прикладі таким виходом буде повідомлення користувачеві нового пароля.

Пов'язуючи разом всі дії, що входять у процес, ми одержуємо точне подання результуючого процесу й ролей, необхідних для його виконання. У даному прикладі процес складається з однієї дії – відновлення пароля користувача; ролі ідентифікуються як Користувач і Адміністратор безпеки. Стандарти, правила й процеси повинні бути документовані в рамках політики для цілей аудиту.

У політику безпеки організації можна виділити базову структуру, що звичайно називають базовою політикою безпеки. Опис базової політики безпеки представляє собою високорівневий документ, що встановлює, як організація обробляє інформацію, хто може одержати до неї доступ і як це можна зробити. У цьому документі визначаються дозволені й заборонені дії, а також вказуються необхідні засоби керування в рамках реалізованої архітектури безпеки. З базовою політикою безпеки, що виконує роль основної структури, узгоджуються спеціалізовані політики й процедури безпеки.

Спадний підхід, реалізований базовою політикою безпеки, дає можливість поступово й послідовно виконувати роботу зі створення системи безпеки, не намагаючись відразу виконати її на 100 %. Ця базова структура дозволяє в будь-який час ознайомитися з політикою безпеки в повному обсязі й з'ясувати поточний стан безпеки в організації [2].

Політика безпеки організації включає наступні елементи:

- огляд політики безпеки;
- опис базової політики безпеки;

- посібник з архітектури безпеки;
- спеціалізовані політики безпеки;
- процедури безпеки (рис. 2).

Огляд політики безпеки розкриває мету політики безпеки, описує структуру цього документа, докладно викладає, хто за що відповідає, установлює процедури й передбачувані тимчасові рамки для внесення змін. Залежно від масштабу організації політика безпеки може містити більше або менше розділів.

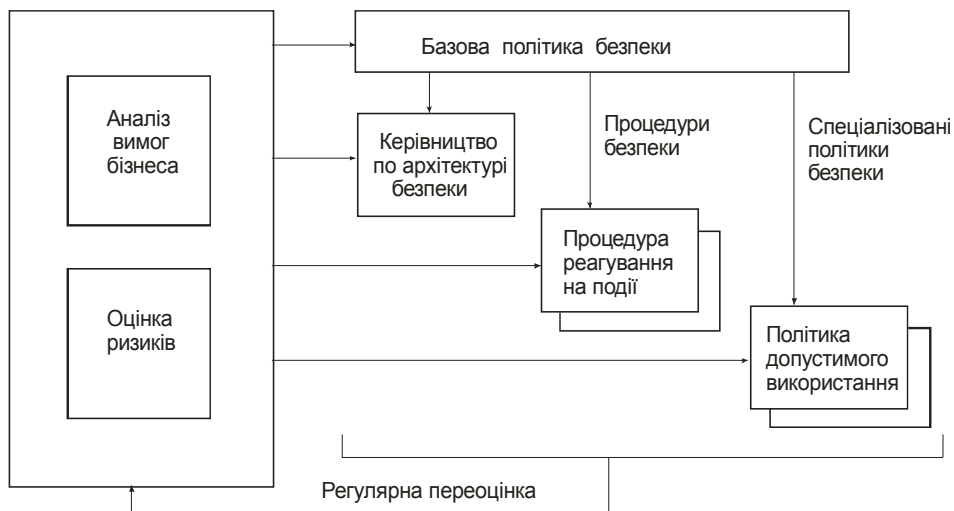


Рис. 2. Схема розробки політики безпеки

Моделі керування безпекою. Напрямки вирішення проблем захисту інформації в мережах. У більшості комп'ютерних середовищ засоби безпеки використовуються головним чином для керування ідентифікаторами ID користувачів і керування доступами до ресурсів. Ці дії часто носять рутинний, повторюваний характер. Вони необхідні для задоволення запитів ресурсів користувачами й підтримки встановленого рівня сервісу.

Достатня безпека системи може бути отримана тільки в тому випадку, якщо реалізується раціональна політика безпеки. Ця політика використовує точно певні ролі безпеки й щодня виконувани операції аудиту й контролю [4].

При створенні системи безпеки повинні застосовуватися методи й технології, що погоджуються з політикою безпеки. Це дозволяє знизити чисто адміністративні витрати й у той же час направити зусилля на використання більш ефективних операцій безпеки.

Адміністративно-організаційна модель керування безпекою, заснована на застосуванні таких категорій, як робочі функції й групи користувачів, дозволяє підвищити рівень безпеки й зменшити адміністративні витрати. *Робоча функція* визначає набір можливостей, необхідних для виконання заданої бізнес-діяльності; вона описує ресурси (файли, бази даних, програму, термінал). Робоча функція встановлює доступ з певними повноваженнями. Опис робочої функції відповідає на запитання: що я можу робити і з якими ресурсами? Іноді опис робочої функції називають *роллю*. *Група користувачів* визначає набір користувачів з подібними обов'язками усередині організації. У нашому випадку це поняття описує користувачів, що працюють в однаковій авторизації. Якщо ці групи зв'язуються з робочими функціями, членство в різних групах впливає на функції будь-якого конкретного користувача.

Якщо зв'язати ідентифікатор користувача із групами користувачів, а групи користувачів – з робочими функціями (ролями), то виходить ефективна модель для керування безпекою. Звичайно, користувачі можуть належати не до однієї, а до декількох груп, а кожна група може включати кілька ролей (рис. 3).

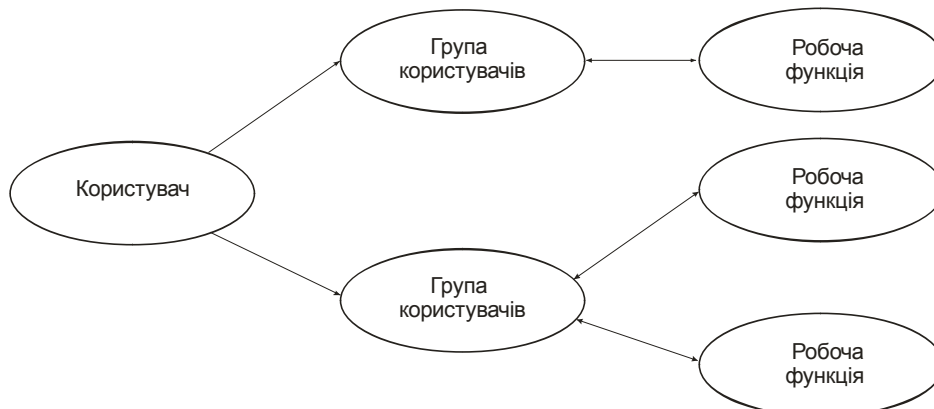


Рис. 3. Модель керування безпекою

При використанні даної моделі немає необхідності керувати доступом користувачів поодиноці. Краще керувати відразу асоціацією (групою) користувачів, що набагато ефективніше. Додавання користувача в групу, переміщення користувача з однієї групи в іншу або видалення користувача із групи – сукупність цих нескладних операцій забезпечує зручне й коректне керування доступом користувача до необхідного набору ресурсів. Ці ресурси можуть бути розподілені по багатьох різних системах, навіть різних типах платформ.

Адміністративно-організаційна модель керування безпекою, запропонована вище, може бути реалізована різним чином залежно від використовуюваного сервісу безпеки. Застосовується як традиційний підхід, заснований на групах, так і підхід, заснований на ролях. Розглянемо розходження між цими підходами.

Підхід, заснований на групах, визначає, хто може одержати доступ до ресурсу і при якому дозволі. Популярна реалізація цього підходу заснована на використанні списків керування доступом ACL (Access Control Lists) до об'єктів. Списки ACL точно вказують користувачів і групи з їхніми правами доступу до об'єктів. Цей підхід широко розповсюджений серед існуючих сервісів безпеки. Зокрема, цей підхід використовують UNIX, RACF і NT.

При використанні цього підходу необхідно визначити групи, прикріпити їх до об'єктів у якості отримуючих право доступу й потім зв'язати із цими групами користувальницькі ідентифікатори ID. Цей підхід добре працює, але є продукто-орієнтованим, суцільно технічним і слабко зв'язаним зі структурою компанії.

Підхід, заснований на ролях і групах, орієнтується на застосуванні концепції ролей. Адміністратор безпеки визначає ролі й призначає для кожної ролі права доступу до об'єктів. Такий підхід абстрагується від механізму керування доступом, реалізованого в кінцевій точці. Оскільки конкретний тип роботи може вимагати різні ролі (або робочі функції), а різні типи роботи спричиняють обов'язки, що перекриваються (ролі, робочі функції), то на додаток до ролей можна також використати концепцію груп.

Спільне використання концепцій ролей і груп забезпечує краще наближення до реального функціонування організації. Користувачі призначаються в групи відповідно до тієї роботи, що вони повинні виконувати, а групам призначаються ролі згідно з тими робочими функціями, які властиві конкретному типу роботи. Перевага цього підходу полягає в тому, що адміністратор безпеки працює з більш звичними концепціями, близькими до реального життя, що відповідають принципам функціонування його компанії.

Підтримка масових і різноманітних зв'язків підприємства через Internet з одночасним забезпеченням безпеки цих комунікацій є сьогодні основним фактором, що впливає на розвиток корпоративної інформаційної системи підприємства. Однією із найбільш актуальних задач, що стоїть зараз перед розроблювачами й постачальниками інформаційних технологій, є рішення проблем інформаційної безпеки, пов'язаної із широким поширенням Internet, intranet, extranet. Слід зазначити, що засоби злову комп'ютерних мереж і розкрадання інформації розвиваються так само швидко, як і всі високотехнологічні комп'ютерні галузі. У цих умовах забезпечення інформаційної безпеки є пріоритетним завданням для керівництва компанії, оскільки від збереження конфіденційності, цілісності й доступності корпоративних інформаційних ресурсів багато в чому залежить якість і оперативність прийняття стратегічних рішень і ефективність їхньої реалізації.

Створювана система інформаційної безпеки підприємства повинна враховувати появу нових технологій і сервісів, а також задовольняти загальним вимогам, пропонованим сьогодні до будь-яких елементів корпоративної інформаційної системи [5]:

- використання інтегрованих рішень;
- забезпечення масштабування в широких межах;
- застосування відкритих стандартів.

Для того, щоб забезпечити надійний захист ресурсів корпоративної інформаційної системи на сьогодні і на найближче майбутнє, у системі інформаційної безпеки повинні бути реалізовані самі прогресивні й перспективні технології інформаційної безпеки. До них відносяться:

- комплексний підхід до формування інформаційної безпеки, що забезпечує раціональне об'єднання технологій і засобів інформаційного захисту;
- застосування захищених віртуальних мереж VPN для захисту інформації, переданої по відкритих каналах зв'язку;
- криптографічне перетворення даних для забезпечення цілісності, дійсності й конфіденційності інформації;
- застосування міжмережевих екранів для захисту корпоративної мережі від зовнішніх погроз при підключенні до загальнодоступних мереж зв'язку;
- керування доступом на рівні користувачів і захист від несанкціонованого доступу до інформації;
- гарантована ідентифікація користувачів шляхом застосування токенів (смарт-карт, touch-методу, ключі для USB-портів і т.п.) та інших засобів аутентифікації;
- підтримка інфраструктури керування відкритими ключами PKI;
- захист інформації на файловому рівні (шляхом шифрування файлів і каталогів) для забезпечення її надійного зберігання;

- захист від вірусів з використанням спеціалізованих комплексів антивірусної профілактики й захисту;
- технологія виявлення вторгнень (Intrusion Detection) і активного дослідження захищеності інформаційних ресурсів;
- централізоване керування засобами інформаційної безпеки.

Наявність централізованих засобів керування продуктами безпеки є обов'язковою вимогою для можливості їхнього застосування в корпоративному масштабі. Необхідно зауважити, що системи централізованого керування продуктами безпеки різних виробників поки не сумісні одна з одною.

Література

1. Вихорев С. В., Березин А. С. Новые подходы к проектированию систем защиты информации // Документальная электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 35-37.
2. Галицкий А. В., Рябко С. Д., Шаньган В. Ф. Защита информации в сети – анализ технологий и синтез решений. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 616 с.: ил.
3. Козьминых С. И., Забияко С. В. Методологические принципы проектирования интегрированных систем безопасности // Конфидент. – 2002. – № 1. – С. 70-76.
4. Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Системный подход. – К.: ООО ТИД “ДС”, -2004. – 992 с.
5. Мамаев М., Петренко С. Технологии защиты информации в Интернете: Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 384 с.

Надійшла 18.9.2009 р.

УДК 519.852.35

Ю.М. ПАНОЧИШИН
Вінницький інститут економіки

ЗАДАЧА РОЗПОДІЛУ ПОТОКІВ У МЕРЕЖАХ ІЗ БАГАТЬМА ДЖЕРЕЛАМИ І СТОКАМИ

У статті формулюється задача розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками та пропонується алгоритм її розв'язання. Проведені дослідження дадуть можливість підвищити якість проектування та ефективність експлуатації різноманітних мережних систем.

The flows distribution problem in networks with many sources and sinks is formulated and the algorithm of its solution is offered in the paper. The researches will enable to increase planning quality and exploitation efficiency of the different network systems.

Ключові слова: потоки в мережах, алгоритм розв'язання.

Вступ. Останнім часом значно зростає зацікавленість учених та практиків мережними і поточковими моделями. Це пов'язано із впровадженням та активним розвитком різноманітних територіально розподілених систем: трубопровідних, транспортних, телекомунікаційних та ін. Основою таких систем є певна мережа (мережа трубопроводів, доріг, каналів зв'язку тощо), в якій циркулюють певні потоки (потоки речовин, транспорту, даних тощо), тому задачі, які доводиться розв'язувати при проектуванні та експлуатації систем з мережною структурою, часто зводяться до розробки математичних моделей розподілу потоків та постановки і розв'язання відповідних оптимізаційних задач.

Відомі моделі розподілу потоків у мережах [1] базуються на поняттях теорії графів [2]. Це пов'язано з тим, що граф дає можливість наочно відобразити структуру мережі, а параметри його вузлів і дуг – представити основними числовими характеристиками її елементів. Набір характеристик залежить від природи модельованої системи, а також характеру розв'язуваних задач, однак у поточкових моделях їх, як правило, представляють такими параметрами, як зовнішній потік у вузлі, потік по дузі, пропускна здатність дуги, вартість передавання одиниці потоку по дузі тощо.

Потокові задачі, як правило, зводяться до пошуку такого розподілу потоків у мережі, при якому б забезпечувався екстремум деякого критерію. При цьому мають враховуватися обмеження, що накладаються умовами збереження потоків у вузлах і неперевикнення потоками пропускної здатності дуг. Типовими поточковими задачами є задача про потік мінімальної вартості, про максимальний потік, транспортна задача, задача про призначення та інші. Для їх розв'язання розроблено чимало ефективних алгоритмів, сформувався навіть відповідний напрям обчислювальних методів під назвою поточкового програмування [1].

Не дивлячись на очевидний прогрес в області поточкового моделювання, при проектуванні та експлуатації різноманітних територіально розподілених систем часто виникають задачі, які важко віднести до одного з відомих типів, а тим більше запропонувати ефективний алгоритм їх розв'язання. Так, наприклад, в системах водо-, газо-, теплопостачання, водовідведення, зрошувальних системах часто виникає задача

розподілу певного ресурсу, який надходить у мережу від декількох джерел і відбирається з мережі багатьма споживачами. В термінах потокового моделювання таку задачу можна назвати задачею розподілу потоків у мережах з багатьма джерелами і стоками.

Мета цієї статті полягає у підвищенні якості проектування та ефективності експлуатації різноманітних мережних систем шляхом формулювання та розв'язання задачі розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками.

Основний матеріал. Нехай мережа з багатьма джерелами і стоками описується орієнтованим графом (N, M) , де N – множина вузлів, а M – множина дуг, які зв'язують вузли. У множині N виділимо підмножину вузлів-джерел N_d , через які в мережу надходять зовнішні потоки, і підмножину вузлів-стоків N_s , через які зовнішні потоки залишають мережу (рис. 1). Крім структури, відомими також будемо вважати значення пропускних здатностей c_k ($k \in M$) всіх дуг мережі, а також значення фіксованих зовнішніх потоків F_r ($r \in N_s$) у стоках мережі. Зовнішні потоки у джерелах V_p ($p \in N_d$) будемо вважати вільними.

Задача полягає в пошуку такого розподілу вільних зовнішніх потоків між джерелами і потоків по дугах мережі, при якому були б забезпечені всі фіксовані зовнішні потоки у стоках. При цьому має виконуватися умова збереження потоків у вузлах мережі та умова неперевищення потоками пропускної здатності дуг.

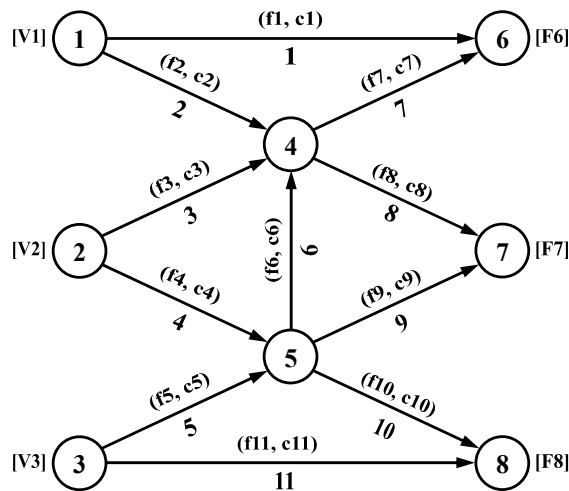


Рис. 1. Приклад мережі з багатьма джерелами і стоками

З урахуванням введених позначень та прийнятих умов задачу розподілу потоків у мережі з багатьма джерелами і стоками можна представити у вигляді такої задачі оптимізації:

$$\left| \sum_{p \in N_d} V_p + \sum_{r \in N_s} F_r \right| \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{k \in M_{B_i}} f_k - \sum_{k \in M_{E_i}} f_k = 0, \quad i \in N \cap N_d \cap N_s, \quad (2)$$

$$\sum_{k \in M_{B_p}} f_k - \sum_{k \in M_{E_p}} f_k - V_p = 0, \quad p \in N_d, \quad (3)$$

$$\sum_{k \in M_{B_r}} f_k - \sum_{k \in M_{E_r}} f_k + F_r = 0, \quad r \in N_s, \quad (4)$$

$$0 \leq f_k \leq c_k, \quad k \in M. \quad (5)$$

У наведеній математичній постановці задачі розподілу потоків у мережі з багатьма джерелами і стоками вираз (1) представляє критерій оптимізації, системи рівнянь (2), (3) і (4) – умову збереження потоків у проміжних вузлах мережі, у джерелах і у стоках відповідно, система нерівностей (5) – умову неперевищення потоками пропускної здатності дуг.

Для розв'язання задачі (1)- (5) можна використати стандартні обчислювальні методи, однак шляхом відповідного перетворення мережі задачу розподілу потоків у мережі з багатьма джерелами і стоками можна звести до задачі про максимальний потік у мережі з одним джерелом і стоком, і в підсумку скористатися для її розв'язання поточковими алгоритмами, які мають вищу обчислювальну ефективність, ніж стандартні методи. Для цього додамо до мережі з багатьма джерелами і стоками фіктивний вузол-джерело N_{df} і фіктивний вузол-стік N_{sf} . Фіктивне джерело з'єднаємо дугами із джерелами мережі (множину цих дуг позначимо як M_{df}), а стоки мережі – дугами з фіктивним стоком (множину цих дуг позначимо як M_{sf}). Пропускні здатності дуг, які з'єднують стоки з фіктивним стоком, обмежимо значеннями, рівними

фіксованим зовнішнім потокам у стоках, а пропускні здатності дуг, які з'єднують фіктивне джерело із джерелами, будемо вважати рівними нескінченності. Значення фіксованих зовнішніх потоків у джерелах і у стоках будемо вважати рівними нулю. У підсумку отримаємо таку мережу (рис. 2).

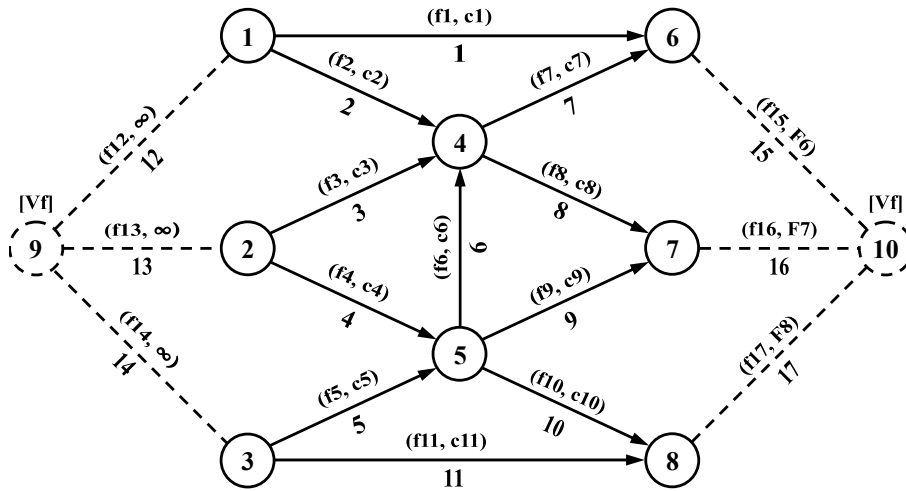


Рис. 2. Перетворення мережі з багатьма джерелами і стоками на мережу з одним джерелом і стоком

З урахуванням розглянутих перетворень та введених позначень задачу розподілу потоків у мережі з багатьма джерелами і стоками можна представити у вигляді такої задачі оптимізації:

$$Vf \rightarrow \max \tag{6}$$

$$\sum_{k \in M_{B_i}} f_k - \sum_{k \in M_{E_i}} f_k = 0, \quad i \in N, \tag{7}$$

$$\sum_{k \in M_{B_{Ndf}}} f_k - \sum_{k \in M_{E_{Ndf}}} f_k - Vf = 0, \tag{8}$$

$$\sum_{k \in M_{B_{Nsf}}} f_k - \sum_{k \in M_{E_{Nsf}}} f_k + Vf = 0, \tag{9}$$

$$0 \leq f_k \leq c_k, \quad k \in M \cup M_{sf}. \tag{10}$$

Отримана задача (6)- (10) відповідає задачі про максимальний потік. Для її розв'язання можна використати потіковий алгоритм збільшувальних ланцюгів, запропонований Фордом і Фалкерсоном [3]. Суть цього алгоритму полягає в наступному.

Спочатку потоки у всіх дугах мережі приймають рівними нулю. Далі шукають збільшувальний ланцюг, починаючи з найкоротшого. Збільшувальним ланцюгом у даному випадку називають послідовність дуг, яка починається у джерелі і закінчується у стокові, і в якій пропускні здатності усіх дуг дають можливість збільшити потік. Якщо збільшувальний ланцюг існує, то для кожної дуги k , що його формує, розраховують величину Δ_k ($\Delta_k = c_k - f_k$, якщо напрямок дуги співпадає з напрямком обходу ланцюга, і $\Delta_k = f_k$, якщо напрямок дуги не співпадає з напрямком обходу ланцюга), знаходять мінімальне значення серед усіх Δ_k і додають (віднімають) його до (від) потоків f_k тих дуг, напрямок яких співпадає (не співпадає) з напрямком обходу ланцюга. Далі шукають наступний найкоротший збільшувальний ланцюг і знову змінюють відповідні потоки по дугах на мінімальне значення серед усіх розрахованих Δ_k і т.д. Максимальний вільний зовнішній потік і відповідний йому розподіл потоків по дугах мережі буде досягнутий тоді, коли будуть перебрані всі збільшувальні ланцюги.

З урахуванням описаної схеми розв'язання задачі про максимальний потік алгоритм розв'язання задачі розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками можна сформулювати у вигляді такої послідовності кроків:

- 1) ввести множини вузлів і дуг мережі, обрати серед вузлів джерело і стоки, ввести значення пропускних здатностей дуг і фіксованих зовнішніх потоків у стоках;
- 2) виконати перетворення мережі: для цього додати фіктивне джерело і фіктивний стік; додати фіктивні дуги, що з'єднують фіктивне джерело із джерелами, і призначити їм пропускні здатності, що дорівнюють нескінченності; додати фіктивні дуги, що з'єднують стоки з фіктивним стоком, і призначити їм пропускні здатності, що дорівнюють відповідним фіксованим зовнішнім потокам у стоках;
- 3) в утвореній мережі прийняти всі потоки по дугах рівними нулю;
- 4) знайти збільшувальний ланцюг з фіктивного джерела у фіктивний стік; якщо він існує, то перейти до кроку 5, інакше – до кроку 6;
- 5) знайти максимально можливу величину зміни потоків по дугах збільшувального ланцюга;

змінити потоки по дугах збільшувального ланцюга на знайдену величину; повернутися до кроку 4;

б) виконати перетворення мережі: для цього відкинути фіктивне джерело і фіктивний стік; відкинути фіктивні дуги, що з'єднували фіктивне джерело з джерелами, і прийняти вільні зовнішні потоки у джерелах рівними потоками у фіктивних дугах; відкинути фіктивні дуги, що з'єднували стоки з фіктивним стоком, і прийняти фіксовані зовнішні потоки у стоках рівними значенням, введеним на кроці 1;

7) вивести розподіл вільних зовнішніх потоків у джерелах і потоків по дугах мережі.

Для підтвердження обчислювальної ефективності алгоритму розглянемо декілька прикладів.

Приклад 1. Знайти розподіл вільних зовнішніх потоків між джерелами і потоків по дугах для такої мережі (рис. 3, а): $N = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]$, $M = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]$, $Nd = [1, 2, 3]$, $Ns = [6, 7, 8]$, $B = [1, 1, 2, 2, 3, 5, 4, 4, 5, 5, 3]$, $E = [6, 4, 4, 5, 5, 4, 6, 7, 7, 8, 8]$; $c_1 = 2$, $c_2 = 6$, $c_3 = 7$, $c_4 = 2$, $c_5 = 8$, $c_6 = 2$, $c_7 = 12$, $c_8 = 16$, $c_9 = 4$, $c_{10} = 3$, $c_{11} = 2$, $F_6 = -14$, $F_7 = -7$, $F_8 = -5$.

Аналізуючи отримані за допомогою алгоритму результати, можна перекоонатися, що для отриманого розподілу потоків виконується умова збереження потоків у всіх вузлах мережі та умова неперевихнення потоками пропускної здатності дуг, при цьому значення критерію оптимізації дорівнює нулю.

Приклад 2. Знайти розподіл вільних зовнішніх потоків між джерелами і потоків по дугах для такої мережі (рис. 3, б): $N = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]$, $M = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]$, $Nd = [1, 2, 3]$, $Ns = [6, 7, 8]$, $B = [1, 1, 2, 2, 3, 5, 4, 4, 5, 5, 3]$, $E = [6, 4, 4, 5, 5, 4, 6, 7, 7, 8, 8]$; $c_1 = 2$, $c_2 = 6$, $c_3 = 7$, $c_4 = 2$, $c_5 = 8$, $c_6 = 2$, $c_7 = 12$, $c_8 = 16$, $c_9 = 4$, $c_{10} = 3$, $c_{11} = 2$, $F_6 = -12$, $F_7 = -6$, $F_8 = -10$.

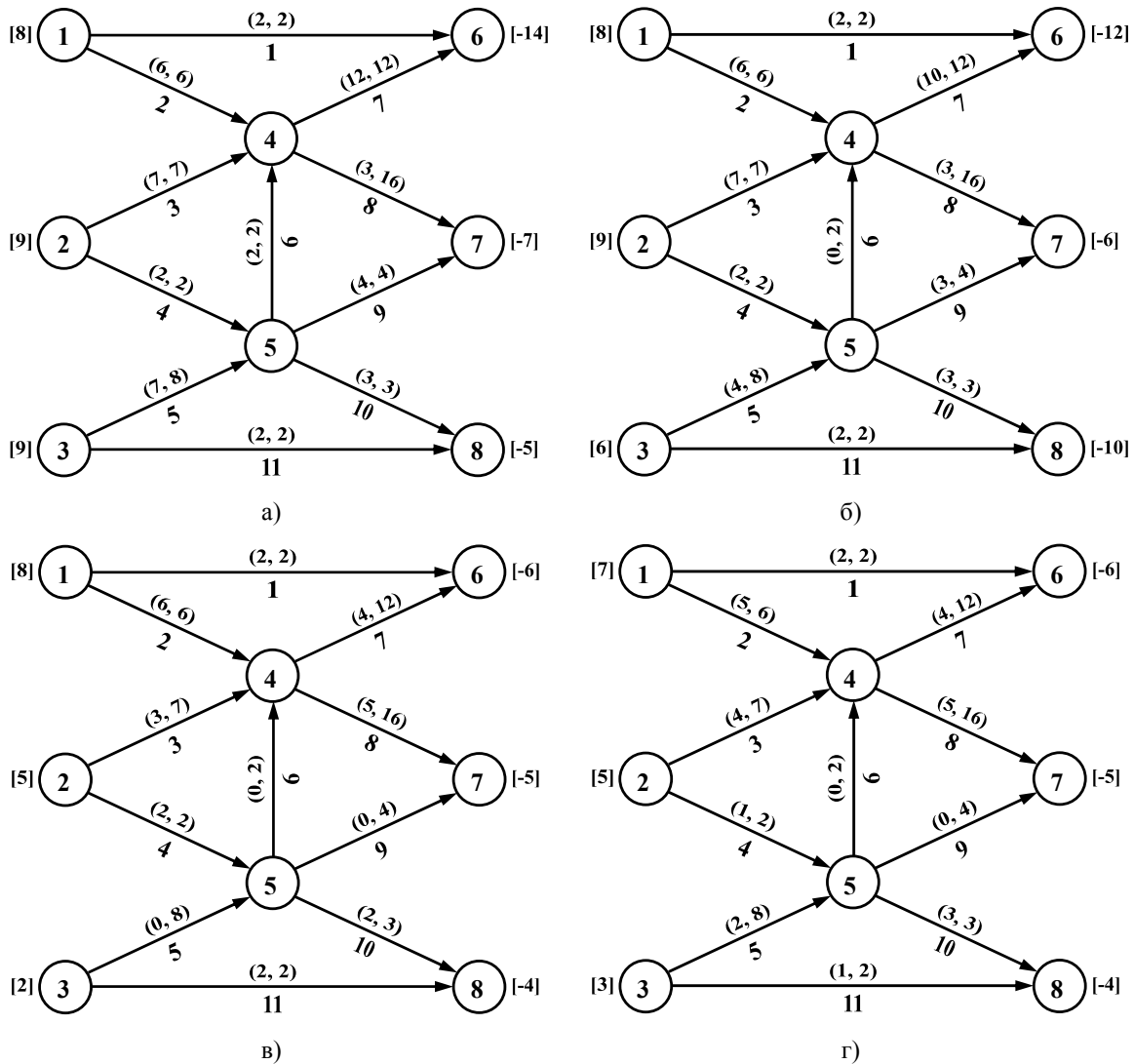


Рис. 3. Мережа з багатьма джерелами і стоками та розв'язок відповідної задачі розподілу потоків (а – до прикладу 1, б – до прикладу 2, в, г – до прикладу 3)

З аналізу отриманих за допомогою алгоритму результатів видно, що для отриманого розподілу потоків виконується умова неперевихнення потоками пропускної здатності дуг, однак умова збереження потоків у стоку 8 не виконується, і, як наслідок, значення критерію оптимізації не дорівнює нулю. Така ситуація пояснюється не недоліками алгоритму, а особливостями мережі. Аналізуючи її структуру та

параметри, можна виявити, що максимальний потік, який можна доставити від джерел до стоку 8, не може перевищувати 5 одиниць. Це очевидно, адже сумарна пропускна здатність дуг 10 і 11, через які потоки входять у стік 8, дорівнює 5.

Приклад 3. Знайти розподіл вільних зовнішніх потоків між джерелами і потоків по дугах для такої мережі (рис. 3, в): $N = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]$, $M = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]$, $Nd = [1, 2, 3]$, $Ns = [6, 7, 8]$, $B = [1, 1, 2, 2, 3, 5, 4, 4, 5, 5, 3]$, $E = [6, 4, 4, 5, 5, 4, 6, 7, 7, 8, 8]$; $c_1 = 2$, $c_2 = 6$, $c_3 = 7$, $c_4 = 2$, $c_5 = 8$, $c_6 = 2$, $c_7 = 12$, $c_8 = 16$, $c_9 = 4$, $c_{10} = 3$, $c_{11} = 2$, $F_6 = -6$, $F_7 = -5$, $F_8 = -4$.

Аналізуючи отримані за допомогою алгоритму результати, можна переконатися, що для отриманого розподілу потоків виконується умова збереження потоків у всіх вузлах мережі та умова неперевикнення потоками пропускної здатності дуг, при цьому значення критерію оптимізації дорівнює нулю.

Слід однак зазначити, що отриманий розв'язок не єдиний, для даного прикладу можливі й інші розв'язки. Так, на рис. 3, г показано розподіл потоків, який також відповідає обмеженням задачі і значення критерію оптимізації при цьому дорівнює нулю, але він відрізняється від попереднього величиною потоків по дугах 2, 3, 4, 5, 10, 11 та величиною вільних зовнішніх потоків у джерелах 1 і 3.

Очевидно, що задача розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками може мати багато оптимальних допустимих розв'язків, їх кількість залежить як від структури, так і від параметрів мережі, а отримання того чи іншого розв'язку, в свою чергу, залежить від обчислювальної схеми, яку використовують для розв'язання задачі. Зокрема, для розробленого алгоритму у випадку, коли задача розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками має декілька оптимальних допустимих розв'язків, розподіл потоків залежатиме від вибору початкового допустимого розв'язку і порядку підбору збільшувальних ланцюгів.

Для того, щоб при розв'язанні задачі розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками отримувати єдиний оптимальний допустимий розв'язок, потрібно ввести в неї додаткові обмеження. Вибір таких обмежень залежатиме як від фізичної природи системи, для опису якої використовується потокова модель, так і від цілей, які ставить перед собою дослідник. Наприклад, таким обмеженням бути умова використання мінімального чи навпаки максимального числа дуг, якими проходять потоки допустимого розв'язку. Використання додаткових умов однак вимагає і відповідної зміни математичної постановки задачі та алгоритму її розв'язання.

Висновки. На основі теорії графів та потокового моделювання сформульовано задачу розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками. Показано, що вихідну задачу шляхом відповідних перетворень мережі можна звести до задачі про максимальний потік, а для її розв'язання скористатися алгоритмом збільшувальних ланцюгів – запропонований підхід викладено у вигляді алгоритму. В ході досліджень розробленого алгоритму встановлено, що задача розподілу потоків у мережі з багатьма джерелами і стоками залежно від структури і параметрів мережі може мати один оптимальний розв'язок – у такому випадку алгоритм гарантовано його знаходить; може мати множину оптимальних розв'язків – у такому випадку алгоритм знаходить тільки один з цих розв'язків; може не мати допустимих розв'язків, однак отримані за допомогою алгоритму результати можна використати для прийняття відповідних висновків по системі, для опису якої використано потокову модель. Проведені дослідження дадуть можливість підвищити якість проектування та ефективність експлуатації різноманітних мережних систем. Подальші наукові дослідження можуть бути спрямовані на виявлення залежності між початковими умовами задачі розподілу потоків у мережах із багатьма джерелами і стоками та кількістю її оптимальних допустимих розв'язків, а також на оцінку обчислювальної ефективності алгоритму її розв'язання.

Література

1. Йенсен П., Барнес Д. Потокое программирование. – М.: Радио и связь, 1984. – 392 с.
2. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432 с.
3. Форд Л., Фалкерсон Д. Потоки в сетях. – М.: Мир, 1966. – 276 с.

Надійшла 10.9.2009 р.

МОДИФІКОВАНА МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИБОРІВ ТА СИСТЕМ ЯК ОБ'ЄКТІВ ПРОГНОЗУВАННЯ

В роботі описано модифіковану модель комп'ютерних пристроїв та систем як об'єктів прогнозування. Запропонована модель дозволяє використати апріорну діагностичну інформацію про об'єкт прогнозування, зокрема, інформацію про динаміку зміни попередніх технічних станів. Застосування модифікованої моделі дало можливість зменшити похибку прогнозування нейромережного методу до 14 відсотків.

It is offered and described modifying model of computer devices and systems as an object of forecasting. New model has allowed to use the aprioristic diagnostic information about process and object of forecasting, for example, information about preceding technical state of computer system. New model allowed decrease mistakes of neural network approach to forecast working capacity of computer systems till 14 percent.

Ключові слова: прогнозування, нейронні мережі.

Вступ

Використання штучних нейронних мереж та інших компонентів теорії штучного інтелекту для розв'язання задач прогнозування у багатьох галузях є достатньо дослідженими. Зокрема, відомі рішення щодо прогнозування рівня споживання електроенергії [1, 2], прогнозування в економіці [3, 4], прогнозування природних явищ [5] тощо. Разом з тим дослідження, з використанням компонентів теорії штучного інтелекту для прогнозування технічного стану, працездатності або надійності КП та С практично відсутні. Частково це можна пояснити неможливістю адаптувати для розв'язання даної задачі підходи, властиві, наприклад, прогнозуванню часових рядів. В даному випадку, об'єктом прогнозування є комп'ютерний пристрій чи система. Незважаючи на те, що вихідним для прогнозу залишається набір певних параметрів, які характеризують технічний стан об'єкта (в даний момент часу або протягом визначеного інтервалу), не можна залишати без уваги особливості комп'ютерних пристроїв та систем як об'єктів прогнозування. Саме внаслідок складних взаємозв'язків між параметрами об'єкта прогнозування (ОП) використання стандартних підходів прогнозування часових рядів є неефективним щодо КП та С. Застосування ж методів прогнозування стану складних технічних об'єктів [6, 7] щодо КС в цілому так і до їх складових компонентів зокрема ускладнюється рядом об'єктивних причин, серед яких найвагомішими є: громіздкість математичного апарату, необхідність розроблення математичних моделей окремо для кожного об'єкта, великі похибки, відсутність доступу до необхідних прогностичних параметрів та неврахування взаємовпливу компонентів.

Постановка задачі

В роботах [7-9] запропоновано використати в якості засобу прогнозування працездатності КП та С апарат штучних нейронних мереж, розроблено та описано нейромережний метод прогнозування, який враховує особливості КП та С як об'єктів прогнозування та на противагу відомим методам дозволяє врахувати взаємовплив компонентів, обмежитись доступними параметрами та формує єдину штучну нейронну мережу не для поодинокого об'єкта, а для класу об'єктів.

У [9] вказано на залежність точності та достовірності нейромережного прогнозування технічного стану комп'ютерних пристроїв та систем від якості та повноти навчальної вибірки, а також від вибору параметрів які стануть вихідними для побудови прогнозу. Тому забезпечення якісного інформаційного середовища нейромережного прогнозування працездатності КС та їх компонентів є актуальною задачею, вирішення якої дозволить підвищити якість прогнозування, а від так і надійність та ефективність функціонування КС та їх компонентів.

В нейромережному методі прогнозування працездатності КП та С інформаційне середовище визначається моделлю ОП та є обмеженим даними про об'єкт прогнозування, які є доступними на етапі експлуатації. Крім того, вихідною точкою для отримання прогнозу про працездатність об'єкта прогнозування є одноразове отримання значень його прогностичних параметрів. Це призводить до втрати такої важливої і цінної інформації, як динаміка зміни технічного стану об'єкта прогнозування. Також не враховується інформація про надійнісні аспекти об'єктів прогнозування, попередні прогнози та інша апріорна діагностична інформація.

Тому метою даної роботи є підвищення ефективності нейромережного методу прогнозування працездатності КС за рахунок внесення змін в модель КП та С, які дозволять використати апріорну діагностичну інформацію.

Модель комп'ютерних пристроїв та систем як об'єктів прогнозування

Нейромережний метод прогнозування працездатності КП та С обумовлює узагальнену модель об'єкта прогнозування:

$$M_{OP} = \langle O_G, O_D \rangle, \quad (1)$$

де M_{OP} – модель об'єкта прогнозування; O_G - множина його головних ознак; O_D - множина допоміжних ознак. Виділення в моделі двох складових частин дозволило розмежувати поняття класу об'єктів прогнозування, для яких розробляється система та окремого об'єкта (КП чи С).

В свою чергу, множина головних ознак визначається набором:

$$O_G = \langle M_{B\Phi}, M_{VE}, M_K \rangle, \quad (2)$$

де $M_{B\Phi}$ – множина виконуваних функцій; M_{VE} - множина показників умов експлуатації; M_K - множина компонентів, з яких складається ОП. З точки зору модифікації моделі ОП, множина головних ознак є достатньо зручною, оскільки дозволяє внести апріорну діагностичну інформацію (надійнісні характеристики, особливості впливу виконання різних функцій на технічний стан, оптимальність конфігурацій та інші). При цьому вигляд моделі не змінюється, що дозволяє залишити всі принципи та особливості вже розробленого та апробованого методу без змін. Змінюється лише наповнення моделі, а не її структура.

Множина допоміжних ознак складається з двох матриць:

$$O_D = \langle P_{zag}, P_{konkr} \rangle, \quad (3)$$

де P_{zag} – матриця загальних та системних характеристик ОП; P_{konkr} - матриця конкретних характеристик та значень параметрів ОП [7-10]. Можливості внесення додаткових інформаційних ознак в множину допоміжних ознак значно обмежені в порівнянні з головними. Матриця P_{konkr} має чітко визначену структуру та чітко обумовлює інформацію яка може міститися в ній. Тому внесення змін в цю частину моделі можливе тільки на структурному рівні та вимагатиме модифікації методу. Матриця P_{zag} містить частину, вміст якої може бути змінений без зміни методу. Це системні характеристики. Згідно поданого у [10] опису мікропроцесорних пристроїв та систем як об'єктів прогнозування під системними характеристиками розуміють опис ОП з точки зору єдності компонентів системи. Тобто, в якості параметрів розглядаються такі, що не можуть бути явно віднесені до одного з компонентів системи. Подібний опис допускає деяку варіативність, тому дозволяє внести обмежену кількість апріорної інформації щодо узагальнення впливу одних і тих же характеристик на стан об'єкта прогнозування в цілому.

Отже, беручи до уваги вищезгадане, слід зазначити, що при аналізі запропонованої моделі ОП не виявлено можливості використати найбільш вагомому апріорну діагностичну інформацію про ОП, а саме, інформацію щодо попередніх прогнозів та динаміки зміни технічного стану ОП. Без цієї інформації нейромережний метод є статичним і не дозволяє динамічно реагувати на погіршення чи поліпшення технічного стану ОП. Тому було вирішено внести зміни у модель КП та С як об'єктів прогнозування та дослідити ефективність прогнозування з використанням модифікованої моделі.

Місце апріорної діагностичної інформації в нейромережному методі прогнозування

Під апріорною діагностичною інформацією будемо розуміти діагностичну інформацію про ОП, процес та метод прогнозування, яка є доступною ще до початку проведення прогнозування, і може бути використана для підвищення його ефективності.

При розгляді прогнозування працездатності КС та їх компонентів апріорну інформацію доцільно розділити на чотири класи:

- інформація про мету прогнозування;
- інформація про предметну область;
- інформація про попередні прогнози;
- інформація про технологію формування навчальної вибірки та отримання кінцевих результатів.

Розглянемо кожен з виділених класів.

Інформація про мету прогнозування. Загальною метою прогнозування є отримання прогнозу про майбутній стан об'єкта, в кожній предметній галузі, однак, для кожної окремої системи можна конкретизувати поставлену задачу, визначивши особливості мети прогнозування. Наприклад, це може бути значення певного параметра пристрою або системи (або границі значення), на заданому інтервалі часу; імовірність знаходження об'єкта в працездатному стані на заданому інтервалі часу; час, протягом якого значення параметрів об'єкта будуть знаходитись у заданих межах і таке інше. Цей вид апріорної інформації визначає саму постановку задачі на прогнозування. В нейромережному методі, вказана інформація суттєво впливає на архітектуру прогноуючої ШНМ. Зокрема, мета прогнозування визначає сенс значень на виході штучної нейронної мережі.

Інформація про предметну область. Це найбільш багатий та різномірний клас апріорної інформації. З одного боку він містить інформацію про основні сутності предметної області, їх характеристики, взаємовплив і таке інше. З іншого боку клас містить інформацію про відображення сутностей предметної області на конкретні типи та класи об'єктів. Це достатньо добре корелюється з узагальненою моделлю об'єкта прогнозування. В нейромережному методі запропонований параметричний опис ОП, в якому

відокремлені параметри, які описують поточний технічний стан та параметри, які визначають клас об'єкта прогнозування та його місце у цьому класі.

Інформація про попередні прогнози є достатньо корисною та утворює третій клас апіорної діагностичної інформації. Якщо мова йде про конкретний акт прогнозування, то він починається з формування вихідних даних про поточний технічний стан ОП та закінчується отриманням прогнозу. Очевидним є те, що не ефективно починати новий акт, без врахування результатів попередніх прогнозувань. В свою чергу, особливістю нейромережного методу прогнозування працездатності КС [4, 5] є те, що при його розробленні автори намагались мінімізувати необхідність тривалого спостереження за технічним станом ОП. Це дає можливість прогнозувати працездатність нових об'єктів (моніторинг яких раніше не проводився) навіть при одноразовому визначенні технічного стану. Такий підхід є достатньо ефективним для одноразового прогнозування. Однак, в дійсності, для більшості компонентів КС, в обслуговуючих системах проводиться постійний моніторинг їх технічного стану. Від так з'являється можливість накопичувати такі дані та отримувати фактично додаткову діагностичну апіорну інформацію.

Отримана таким чином інформація про конкретний об'єкт прогнозування є достатньо вагомою як з точки зору прогнозування стану цього об'єкта, так і з точки зору корегування системи прогнозування в цілому (внесення додаткових даних про поведінку об'єктів класу). В нейромережному методі прогнозування працездатності мікропроцесорних засобі запропоновано використовувати отриману інформацію про ОП для донавчання нейронної мережі, що повинно забезпечити підвищення достовірності і точності прогнозу для даного конкретного об'єкта.

Однак технологія проведення донавчання штучної нейронної мережі вимагає від користувача формування векторів у формі: $\langle X_i^j, Y_i \rangle$, де $X_i = (X_{заг\ i}, X_{конкр\ i}^j, T_{пр\ i})$ - вектор «причин», який складається з $X_{заг\ i}$ - значення загальних параметрів, $X_{конкр\ i}^j$ - значення конкретних параметрів в момент часу t_j , $T_{пр\ i}$ - інтервал часу на який робиться прогноз, а Y_i - ймовірність знаходження відповідного ОП в працездатному стані через час $- T_{пр\ i}$. Якщо вектор X_i формується достатньо легко, то визначення Y_i може призвести до внесення додаткових похибок, що навпаки призведе до погіршення якості прогнозу. Адже про ймовірність Y_i абсолютно точно можна вести мову тільки в момент виходу з ладу ОП, тоді $Y_i = 0$, в решті випадків оцінити ймовірність Y_i з необхідною точністю є достатньо складною задачею. Отже отримаємо ситуацію, коли накопичена інформація може бути використана тільки для корегування поведінки об'єктів класу в цілому, і не забезпечує підвищення якості прогнозу для конкретного об'єкта. Тому необхідно провести адаптацію моделі ОП та методу прогнозування для врахування накопичуваної апіорної діагностичної інформації.

Четвертий клас містить інформацію про безпосередній метод проведення прогнозування. Висуваються вимоги до штучних нейронних мереж, даних, якості навчальної вибірки, класу використовуваних параметрів і таке інше. Ця інформація є корисною та використовуються на етапі проектування інтелектуальних систем прогнозування. На сьогодні, немає моделей використання та формалізованого опису цієї інформації щодо прогнозування працездатності КС. Задача вимагає додаткових досліджень, що виходять за межі даної роботи.

Модифікована модель КП та С як об'єктів прогнозування

Нейромережний метод прогнозування працездатності КС містить положення, що частково дозволили врахувати апіорну діагностичну інформацію, зокрема, першого та другого класів.

Другий клас, а саме апіорна діагностична інформація про предметну область, враховується при формуванні вигляду та значень матриці $P_{заг}$, яка містить значення загальних параметрів, що визначають місце конкретної КС у своєму класі. Також інформація про предметну область враховується при описі класу об'єктів, для яких розробляється інтелектуальна система прогнозування. Згідно з моделлю ОП, обов'язковою умовою при включенні об'єкта до класу є відповідність його множини виконуваних функцій, множини умов експлуатації та множини складових компонентів відповідним множинам класу.

Важливим аспектом використання апіорної діагностичної інформації другого класу (інформація про предметну область) є пошук оптимальних «загальних» параметрів, значення яких будуть складати матрицю $P_{заг}$. Як свідчать проведені дослідження, перенасичення матриці $P_{заг}$ призводить до «приглушення» чутливості прогнозуючої штучної нейронної мережі. На рис. 1 наведено залежність похибки навчання ШНМ від кількості використаних загальних параметрів КС. Як видно з графіку, суттєве зменшення похибки навчання, при конкретній реалізації, відбулося при зменшенні кількості загальних параметрів з 14 до 13. Тенденція зменшення похибки навчання при зменшенні кількості загальних параметрів відобразилася і при проведенні верифікації роботи навченої прогнозуючої мережі. Зрозуміло, що вплив кількості загальних параметрів на похибку навчання та похибку прогнозування ШНМ буде змінюватись залежно від загальної кількості параметрів, особливостей предметної області та ОП, інформативності кінцевих параметрів, розмірності класу і таке інше. Однак загальна тенденція зберігається. Тому важливим є застосування апіорної діагностичної інформації саме на етапі формування матриці загальних параметрів.



Рис. 1. Залежність отриманої похибки навчання від кількості загальних параметрів

Місцем для врахування апріорної діагностичної інформації третього класу, а саме дані про результати попередніх прогнозів, на нашу думку є матриця конкретних параметрів, яка для КС має вигляд:

$$P_{\text{конкр}}^j = \begin{array}{c|ccccccc} & 1 & 2 & \dots & i & i+1 & \dots & n \\ \hline name_1 & p_{11}^j & p_{12}^j & \dots & p_{1i}^j & p_{1(i+1)}^j & \dots & p_{1n}^j \\ \hline name_2 & p_{21}^j & p_{22}^j & \dots & p_{2i}^j & p_{2(i+1)}^j & \dots & - \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline name_k & p_{k1}^j & p_{k2}^j & \dots & p_{ki}^j & - & - & - \end{array}$$

де $P_{\text{конкр}}^j$ – матриця параметрів конкретного ОП, визначених у час t_j ; $name_k$ – вказівник на k -й компонент системи. Кількість компонентів в обох матрицях ($P_{\text{заг}}$ та $P_{\text{конкр}}^j$) однакова. Кожному рядку загальних параметрів матриці $P_{\text{заг}}$ відповідає рядок конкретних параметрів матриці $P_{\text{конкр}}^j$; p_{ki}^j – значення i -го параметра компонента k , в момент часу t_j . Кількість параметрів для кожного компонента відрізняється від інших та від кількості загальних параметрів того самого компонента в матриці $P_{\text{заг}}$, вона визначається конкретною моделлю компонента та можливостями, які надані для збору значень параметрів.

Отже в явному вигляді, інформація про попередні стани КС неврахована. Для врахування результатів попередніх прогнозів, матрицю конкретних параметрів пропонується модифікувати наступним чином: доповнити кожен рядок матриці ще двома рядками. Наприклад, перший рядок слід замінити на такі:

$$name_1 \rightarrow \begin{array}{c|ccccccc} & 1 & 2 & \dots & i & i+1 & \dots & n \\ \hline value & p_{11}^j & p_{12}^j & \dots & p_{1i}^j & p_{1(i+1)}^j & \dots & p_{1n}^j \\ \hline worst & p_{11}^w & p_{12}^w & \dots & p_{1i}^w & p_{1(i+1)}^w & \dots & p_{1n}^w \\ \hline reliab & r_{11}^w & r_{12}^w & \dots & r_{1i}^w & r_{1(i+1)}^w & \dots & r_{1n}^w \end{array}$$

В такому випадку, рядок позначений як *value* містить поточні значення параметрів технічного стану КС, рядок *worst* містить найгірші з зафіксованих значень відповідних параметрів під час проведення попередніх прогнозів, рядок *reliab* значення імовірності знаходження даної КС в працездатному стані на інтервалі, що відповідає поточному часу, але визначене у момент найгіршого значення відповідного параметра.

У випадку, якщо поточне значення параметру є найгіршим із зафіксованих, воно дублюється у другому рядку, третій рядок при цьому залишається пустим. Така ситуація відповідає першому формуванню матриці конкретних параметрів для отримання першого прогнозу.

Модифікована матриця конкретних параметрів вирішує декілька проблем. По-перше, визначається та враховується під час прогнозування динаміка зміни значень параметрів. По-друге, враховується прогноз, який теж може мати динамічний характер. Крім того, матриця зручна для співставлення та пошуку залежності між значенням конкретного параметру та кінцевим прогнозом.

Розроблені в процесі досліджень програмні засоби моніторингу та накопичення інформації про технічний стан КС, дозволяють накопичувати всю необхідну інформацію. Тому при формуванні навчальної вибірки не виникло проблем у зв'язку з модифікацією моделі ОП.

Проведені дослідження (моделювання роботи прогнозуючої штучної нейронної мережі) щодо порівняння використання існуючої та модифікованої моделі показали підвищення точності та достовірності прогнозування на одній і тій же навчальній вибірці.

Для формування навчальної вибірки V використані дані накопичені під час спостереження за

персональними комп'ютерами спеціалізованих лабораторій кафедри системного програмування Хмельницького національного університету. Формат збереження даних, обумовлений моделлю КС як об'єкту прогнозування, передбачав накопичення інформації окремо по кожному компоненту робочої станції, який входить до складу матриць $P_{заг}$ та $P_{конкр}^j$.

Під час навчання вся наявна вибірка V була розділена на дві частини: V_1 – навчальна вибірка та V_2 – вибірка для верифікації процесу навчання. Показник достовірності навчання D , що визначається на етапі верифікації, обраховувався як відносна кількість збігань значень істинного вектора Y_i^j , P_i -ї ситуації протоколу R , $i = 1..M$ та прогнозованого вектора Y_i^{net} – вихідних сигналів ШНМ:

$$D = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \xi_i = \frac{1}{Mz_3} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{z_3} g_{ji}, \quad (4)$$

де M – кількість ситуацій вибірки верифікації V_2 ; z_3 - кількість компонентів системи, стан яких прогнозується (розмірність вектора Y^{net}).

Змінна g_{ji} визначалась як:

$$\begin{cases} 1, & \text{якщо } \zeta_{ji} \leq \varepsilon_{ji}; \\ 0, & \text{якщо } \zeta_{ji} > \varepsilon_{ji}, \end{cases} \quad (5)$$

де ζ_{ji} – абсолютна, приведена до шкали, похибка прогнозування працездатного стану j -го компонента об'єкта прогнозування при подаванні на вхід навченої ШНМ i -го вектора X_i верифікаційної вибірки V_2 ; ε_{ji} – граничне значення абсолютної, приведеної до шкали похибки прогнозування ζ_{ji} .

Отримавши достатній рівень достовірності навчання штучної нейронної мережі прогнозування працездатності КС було проведено оцінку похибки прогнозування. Похибка прогнозування оцінювалась на вибірці V_3 , яка не містила векторів з V_1 та V_2 . В результаті, нейромережний метод дав похибку прогнозування 14 % при використанні модифікованої моделі на противагу 19 % при використанні моделі запропонованої у [10]. Разом з тим, було відмічено незначне збільшення похибки навчання ШНМ. Таке положення вимагає проведення подальших досліджень, зокрема, необхідно перевірити результати прогнозування з іншими навчальними вибірками інших класів об'єктів прогнозування.

Висновки

Підвищення точності та достовірності прогнозування технічного стану компонентів КС є актуальною науково-технічною задачею, що вимагає пошуку нових підходів та методів, які враховують особливості сучасних комп'ютерних пристроїв. Одним із перспективних напрямів проведення досліджень щодо підвищення точності та достовірності прогнозування є використання компонентів теорії штучного інтелекту, зокрема штучних нейронних мереж. Однак ефективність використання інтелектуальних методів прогнозування залежна від якості, кількості та виду діагностичної інформації. Тому, на сьогодні, в окресленому напрямі актуальними та пріоритетними є дослідження щодо уточнення складу апіорної діагностичної інформації, аналізу способів використання різної апіорної інформації на різних етапах процесу прогнозування, визначення методів представлення апіорної інформації.

Проведені у роботі дослідження свідчать, що модифікація моделі КП та С як ОП призвела до поліпшення результатів прогнозування. Насамперед, це відбулося завдяки отриманій можливості значно розширити інформаційне середовище процесу прогнозування та використати накопичену апіорну діагностичну інформацію. Важливим є той факт, що використання модифікованої моделі не примушує до збору додаткової інформації про ОП, а лише дозволяє використати вже накопичені дані.

Роботу виконано за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (Міністерства освіти і науки України) в межах гранту Ф25.1/121 «Дослідження методів внесення апіорної діагностичної інформації в структуру штучних нейронних мереж для реалізації процесу діагностування комп'ютерних систем».

Література

1. Connors J., Martin D., and Atlas L. Recurrent neural networks and robust time series prediction – IEEE Trans. Neural Networks, vol. 5, 1994. – pp. 240– 254.
2. Park D., M.El-Sharkawi, Marks R., Atlas L., and Damborg M. Electric load forecasting using an artificial neural network – IEEE Trans. Power Syst., vol. 6, 2001. – pp. 442– 449.
3. P. K. H. Phua, X. Zhu, C. H. Koh “Forecasting stock index increments using neural networks with trust

region methods, ” Proc. Int. Joint Conf. Neural Networks 2003, vol. 1. – pp. 260-265.

4. Castiglione F. Forecasting price increments using an artificial Neural Network // Adv. Complex Systems, vol. 1, 2002. – pp. 1-12.

5. Weigend and N. Gerschenfeld, Eds., Time Series Prediction: Forecasting the Future and Understanding the Past. Reading, MA: Addison-Wesley, 1994. – 184 p.

6. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалеvский А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Сов. Радио, 1974. – 224 с.

7. Медзатий Д.М. Прогнозування технічного стану мікропроцесорних пристроїв та систем // Вісник національного технічного університету «Львівська політехніка». – 2005. № 555. – С. 158-165.

8. Локазюк В.М., Поморова О.В., Медзатий Д.М. Метод прогнозування технічного стану комп'ютерних систем // Вісник Хмельницького національного університету – 2005. – № 4. – Ч.1. – Т.1. – С.81-85.

9. Victor Lokazyuk, Dmitro Medzatiy. Neural Network Approach to Forecast Working Capacity of Microprocessor and Digital Devices. – Збірник праць за результатами роботи МНПК "ACSN-2007", 1, № 1, 2007. – С.94-99.

10. Медзатий Д. М. Мікропроцесорні пристрої та системи як об'єкти прогнозування // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – № 2 (10). – 2005. – С.119-123.

Надійшла 28.9.2009 р.

УДК 004

В.М ДЖУЛІЙ, К.В. ІВАНОВ
Хмельницький національний університет

МЕТОД КЛАСТЕРИЗАЦІЇ СТИСНЕННЯ ВЕКТОРА ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК

У даній статті представлений метод кластеризації стиснення вектора характерних ознак. Базуючись на запропонованій методиці, розроблено алгоритм рандомізованої кластеризації з метою безпечного хешування, пропонується нова функція затрат для стиснення вектора характерних ознак при застосуванні перцептивного хешування.

In this article the presented method clusterisation compression vector of characteristic signs. Based on the offered method the algorithm of random clusterisation developed with the purpose of safe hashing, the new function of expenses is offered for the compression vector characteristic signs at application of perception hashing.

Ключові слова: алгоритм рандомізованої кластеризації.

Вступ. Проблему отримання хеш зображення розділено на два кроки [1]. Завдання першого кроку полягає в отриманні вектора характерних ознак зображення, тоді як на другому кроці необхідно стиснути цей вектор до остаточної хеш величини.

На першому кроці отримання характерних ознак, двомірне зображення відображається як одномірний вектор характерних ознак. Даний вектор повинен вловити перцептивні якості зображення. Тобто, два зображення, що є однаковими для людської зорової системи, повинні мати близькі на певній метричній відстані вектори характерних ознак. Два зображення, що є точно різними у своєму вигляді, повинні мати вектори характерних ознак, які відрізняються великою відстанню. На другому кроці необхідно стиснути перехідний хеш вектор до остаточної хеш величини. Це включатиме кластеризацію між перехідним хеш вектором введеного джерела (зображення) та перехідним хеш вектором перцептивно ідентичних версій. Вектор характерних ознак зображення формується сумуванням величин хвильових коефіцієнтів в обраних точках характерних ознак [1, 2].

Визначення проблеми. Представимо нотацію, що використовуватиметься у даній статті. Нехай V позначає метричний простір векторів перехідного хешу, отриманих на стадії хеш алгоритму [1, 2]. Нехай $L \in V$ позначає кінцевий ряд векторів $\{l_i\}_{i=1}^n$, до яких застосовується метод кластеризації/стиснення. Нехай $D: V \times V \rightarrow R_+$ буде метричною відстанню, визначеною на області перетину. І нарешті, нехай $C: L \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$ визначає область кластеризації. Необхідно знайти всі зображення, що візуально не можливо відрізнити, із однаковою хеш величиною та із високою вірогідністю. В даному разі хеш функція зображення подібна до квантування вектора (VQ) або до схеми кластеризації. Необхідно згрупувати зображення, вектори перехідного хешу яких метрично близькі, і з високою вірогідністю:

$$\text{if } D(l_i, l_j) < \varepsilon \text{ then } C(l_i) = C(l_j), \quad (1)$$

$$\text{if } D(l_i, l_j) > \delta \text{ then } C(l_i) \neq C(l_j), \quad (2)$$

де $0 < \varepsilon < \delta$. Нехай l_i, l_j позначають довільні вектори на l (відповідно розподілу перехідного хешу) і

нехай $C(l_i)$ та $C(l_j)$ позначають групи, до яких ці вектори відносяться після застосування методу кластеризації.

Підходи стиснення, основані на звичайному VQ. Мета кроку стиснення полягає в тому, щоб досягти кластеризації векторів перехідного хешу зображення I та векторів перехідного хешу зображення, що є однаковими за своїм виглядом до I із високою вірогідністю. Можливо стиснути вектори перехідного хешу, допускаючи певне викривлення. Проблема квантування вектора або схеми стиснення, що мінімізує середнє викривлення, полягає в отриманні K розбиття простору V , створюючи вектори кодів $\{C_k\}_{k=0}^{k-1}$ у V так як

$$\sum_{k=0}^{k-1} \sum_{l \in S_k} P(l) D(l, C_k) < \varepsilon, \quad (3)$$

де $P(l)$ позначає вірогідність місцезнаходження вектора l , а S_k позначає k^{th} групу. Середня мінімізація відстані – загальновідома проблема в літературі VQ і було запропоновано багато алгоритмів для її вирішення.

Проте, середня відстань визначає функцію затрат, яка по суті не зовсім підходить для застосування хешування [2]. По перше, так як модель шифрувальної книги [4] стверджує, що середнє викривлення менше за ε , то немає гарантії, що перцептивно чіткі вектори, тобто вектори перехідного хешу, які розділяються більше ніж на δ , насправді потрапляють до різних груп. У певних застосуваннях, таких як ідентифікація зображення, мета якого полягає у знаходженні змін змісту, такі гарантії можуть бути обов'язковими, тому що відображення перцептивно чітких векторів у однаковій остаточній хеш величині було б надзвичайно небажаним. Природа функції затрат (3) не дозволяє баланс між бажаними властивостями (1) та (2) хеш алгоритму.

По друге, затрати в (3) зростають лінійно, як і функція відстані між вектором перехідного хешу та вектором шифрувальної книги. Необхідно звертати більше уваги на такі моменти як, наприклад, якщо вектори, які насправді близькі, не згруповані разом, або вектори, які дуже далекі, стиснені до однакової остаточної хеш величини. Лінійна функція затрат не відображає такої поведінки.

Основоючись на таких зауваженнях, запропоновано нову функцію затрат для застосування перцептивного хешування, на яку не впливають обмеження вимірів середньої відстані.

Формулювання та оптимізація функції затрат. Сформулюємо функцію затрат, що мінімізується запропонованим методом кластеризації. По-перше, проаналізуємо кілька фундаментальних властивостей (1), (2) та перехідного хешу.

Помилка виникає, коли (1), або/та (2) не задовольняється жодною парою векторів (l_i, l_j) . Вимогу (1), насправді, неможливо гарантувати для кожної введеної пари. Тоді помилки виникають для векторів, які менш вірогідні, або кластеризація обов'язково має бути продиктована вірогідністю багаточисельної функції векторів в L .

Опишемо створення функції затрат кластеризації. Нехай $P: L \times L \rightarrow [0,1]$ є спільним розповсюдженням матриці пар перехідного хешу:

$$P = \begin{bmatrix} p(1,1) & p(1,2) & \cdot & \cdot & \cdot & p(1,n) \\ p(2,1) & p(2,2) & \cdot & \cdot & \cdot & p(2,n) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p(n,1) & p(n,2) & \cdot & \cdot & \cdot & p(n,n) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $p(i, j) = p(i)p(j)$. Тут $p(i), p(j)$ відповідно позначають вірогідність місця розташування векторів l_i, l_j та n є кількістю векторів на L .

Щоб визначити вірогідності, що представлені вище, застосуємо статистичну модель до векторів перехідного хешу l характерних ознак. Фундаментальний принцип, що лежить в основі, полягає у визначенні прямокутних зон (або підзображень) на зображенні, як реальне двомірне однорідне довільне поле Маркова (MRF) $X(m_1, m_2)$ на кінцевій решітці $(m_1, m_2) \in L \subset Z^2$. Основою для поєднання такого статистичного визначення до перцепції є гіпотеза, яку вперше озвучив Жулез [4], і яка була сформульована по новому кількома іншими науковцями: існує ряд функцій $\phi_k(X)$, $k = 1, 2, \dots, N$, таких, що приклади, отримані з будь-яких двох MRF, що є однаковими в очікуванні щодо цього ряду, абсолютно не можливо відрізнити.

Застосуємо універсальну параметричну статистичну модель для природних зображень, розроблену Портілою та Сімонкелі [4], що працює із складними надзавершеними хвильовими представленнями

зображення. Характерні ознаки, які отримані в [1, 2], базуються на такому представленні. Статистичні дескриптори Маркова, тобто ϕ_k , основані на парі хвильових коефіцієнтів у суміжних просторових положеннях, орієнтаціях та масштабах. Особливо, необхідно виміряти очікуваний результат необроблених пар коефіцієнтів (тобто кореляцію) та очікуваний результат їх величин.

Не існує жодної невід'ємної структури для вірогідності багаточисельної хеш функції, що асоціюється із цими довільними полями (за винятком властивості Маркова через просторову кореляцію в зображенні).

Математично привабливий вибір – максимальна ентропічна щільність форми

$$P(\bar{x}) \propto \prod_k e^{-\lambda_k \phi_k(\bar{x})}, \quad (5)$$

де $\bar{x} \in R^{|L|}$ відповідає векторизованому підзображенню, а λ_k – множники Лагранжа. Максимальна ентропічна щільність – оптимальна в тому змісті, що вона не вводить жодного нового обмеження для MRF, окрім перцептивної еквівалентності за очікуваних величин ϕ_k . Щільність в (5) визначається для MRF, що є частинами справжнього зображення. Так як характерні ознаки є функціями MRF, вірогідна щільність таким чином вводиться на векторах характерних ознак.

Вибір статистичної моделі, а не використання емпіричного розподілу щодо отриманих характерних ознак зображення, базується на стійкості параметрів моделі із додаванням все більшої кількості зразків (зображень). За законом великих чисел, відомо, що параметри моделі стають майже інваріантними, як тільки розглядається достатньо великий ряд зразків.

Далі визначаємо C_1 як матрицю загальних затрат для порушення (1), тобто оплачена ціна, якщо $D(l_i, l_j) < \epsilon$, все ще $C(l_i) \neq C(l_j)$. В особливості $\forall i, j = 1, 2, \dots, n$

$$C_1(i, j) = \begin{cases} \Gamma^{-\alpha D(l_i, l_j)} & \text{if } D(l_i, l_j) < \epsilon, C(l_i) \neq C(l_j), \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}, \quad (6)$$

де $\alpha > 0$ та $\Gamma > 1$ – параметри алгоритму. Ціна порушення (1) має бути більшою для менших відстаней, тобто, якщо вектори насправді близькі і не згруповані разом.

По аналогії і C_2 визначається як матриця загальних затрат для порушення (2)

$$C_2(i, j) = \begin{cases} \Gamma^{\alpha D(l_i, l_j)} & \text{if } D(l_i, l_j) > \delta, C(l_i) = C(l_j), \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}. \quad (7)$$

Проте, в цьому випадку, ціна – зростаюча функція відстані між (l_i, l_j) . Це також досить природно, так як нам би хотілось збільшити ціну, якщо віддалені вектори (і таким чином перцептивно чіткі) об'єднані разом. Визначаємо ті ж параметри, тобто Γ та α як в (6) та (7). Проте, це не обмеження. В загальному, дані параметри можна обрати окремо (оптимізувати емпірично) як для (6), так і для (7).

Далі, нехай матриці S_1 та S_2 визначаються як

$$S_1(i, j) = \begin{cases} \Gamma^{-\alpha D(l_i, l_j)} & \text{if } D(l_i, l_j) < \epsilon, \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}, \quad (8)$$

$$S_2(i, j) = \begin{cases} \Gamma^{\alpha D(l_i, l_j)} & \text{if } D(l_i, l_j) > \delta, \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}. \quad (9)$$

Зауважимо, що S_1 відрізняється від C_1 в тому змісті, що список S_1 включає ціну за всі можливі помилки, в той час як C_1 – це матриця затрат для помилок, що створюються алгоритмом кластеризації. Теж саме буде вірно і для S_2 та C_2 . Далі нормалізуємо списки в C_1 та C_2 для визначення нормалізованої матриці затрат \tilde{C}_1 та \tilde{C}_2 наступним чином

$$\tilde{C}_1 = \frac{C_1(i, j)}{\sum_i \sum_j S_1(i, j)}, \quad (10)$$

$$\tilde{C}_2 = \frac{C_2(i, j)}{\sum_i \sum_j S_2(i, j)}. \quad (11)$$

Дана нормалізація стверджує, що $\tilde{C}_1(i, j), \tilde{C}_2(i, j) \in [0, 1]$.

Таким чином, загальна функція затрат визначається як

$$P_{err} = E[\tilde{C}_1 + \tilde{C}_2]. \quad (12)$$

Очікування щодо загального розподілу (l_i, l_j) , тобто (12) можна переписати як

$$P_{err} = \sum_i \sum_j p(i) p(j) (\tilde{C}_1(i, j) + \tilde{C}_2(i, j)). \quad (13)$$

На даному етапі важливо відмітити, що функція відстані $D(l_i, l_j)$ може бути будь-якою функцією l_i та l_j , що задовольняє метричні властивості – симетрію та аксіому трикутника. Функція відстані $D(\cdot, \cdot)$ не обмежується до будь-якого класу функцій, окрім вимоги щоб вона була метрична. На практиці вибір $D(\cdot, \cdot)$ мотивується природою характерних ознак, отриманих на стадії хеш алгоритму.

Два додаткових члени в (12) $E[C_1]$ та $E[C_2]$ визначають кількість помилок, що є результатом порушення (1) та (2) відповідно. В особливості, $E[C_1]$ можна інтерпретувати як очікувану ціну порушення (1), так само і $E[C_2]$ визначає очікувану ціну, що є результатом порушення (2). Це саме та структура функції затрат (12), якою запропонований нами алгоритм кластеризації користується для полегшення балансу між цілями (1) та (2) хеш алгоритму. У випадку, якщо $\alpha = 0$, $E[C_1]$ та $E[C_2]$ представляють загальну вірогідність порушення (1) та (2) відповідно.

Наша мета – розвинути алгоритм кластеризації чи створити таблиці кодування, щоб мінімізувати функцію затрат в (12), що найбільш підходить для застосування перцептивного хешування зображення (або медіа).

Запропонований метод кластеризації. Знаходження оптимальної кластеризації, яка б досягла загального мінімуму для функції затрат в (12) є складною проблемою.

Детермінована кластеризація. Для подальшого викладення матеріалу вектори в L будемо називати «точками даних». Алгоритм 1 описує базовий алгоритм кластеризації, точки даних у введеному просторі покриваються у значній мірі гіперсферами (кластерами) радіусом $\varepsilon/2$ (рис. 1). Для кожної пари точок $(l_i, l_j) \in S_k$ та центру кластеру l_k , отримаємо

$$D(l_i, l_j) \leq D(l_i, l^k) + D(l^k, l_j). \quad (14)$$

Дана нерівність справедлива, тому що $D(\cdot, \cdot)$ – метрична. На основі кроків 3 та 5 базового алгоритму 1 кластеризації $D(l_i, l^k) < \frac{\varepsilon}{2}$, $D(l^k, l_j) < \frac{\varepsilon}{2}$, і таким чином $D(l_i, l_j) < \varepsilon$. Таким чином, алгоритм намагається згрупувати точки даних в ε і, крім того, центри кластерів обираються на основі функції їх вірогідної маси. Це гарантує, що «перцептивно близькі» точки даних з великою вірогідністю будуть згруповані разом.

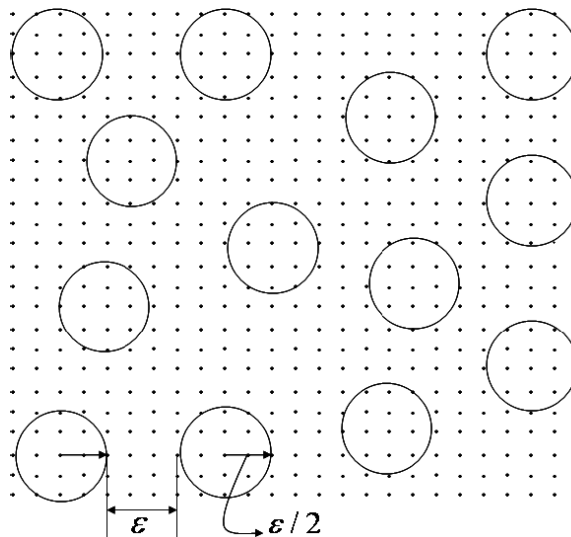


Рис. 1. Візуалізація базового алгоритму кластеризації

Базовий алгоритм кластеризації складається з наступних кроків:

Алгоритм 1.

1. Отримати визначені користувачем параметри ε та δ . Встановити число кластерів $k=1$.
2. Обрати точку даних, пов'язану із найбільш вірогідною масою, та позначити її як l^1 .
3. Створити перший кластер, включаючи всі точки даних l_j такі як $D(l^1, l_j) < \frac{\varepsilon}{2}$.

4. $k = k+1$. Вибрати найбільш вірогідну точку даних l^k серед не згрупованих точок так, щоб $\min_{S \in C} D(l^k, S) \geq \frac{3}{2} \varepsilon$, де S – будь-який кластер, C – позначає ряд кластерів, сформований для цього кроку алгоритму. $D(l^k, S)$ – вираховується із використанням поняття відстані ряду отриманого $D(x, S) = \min_{y \in C} D(x, y)$.

5. Сформувати k^{th} кластер S_k включаючи всі не згруповані точки даних l_j так, щоб $D(l^k, l_j) < \frac{\varepsilon}{2}$.

6. Повторити кроки 4 та 5 доти, поки всі кластери не будуть сформовані.

7. Кінець алгоритму.

На даному етапі можливо зробити наступні висновки щодо базового алгоритму кластеризації:

- Мінімальна відстань між будь-якими двома членами двох різних кластерів має нижній кордон ε і таким чином немає помилок від порушення (1), що гарантується кроком 4 базового алгоритму кластеризації.

- В середині кожного кластеру максимальна відстань між будь-якими двома точками є найбільшою ε , і тому що $\theta < \varepsilon < \delta$ немає порушення (2).

- Точки даних, що залишились не згрупованими, менші за $\frac{3}{2} \varepsilon$ будь-якого члену кожного кластеру.

Для перцептивної стійкості, тобто досягнення (1), бажано мінімізувати $E[C_1]$. Так само для того, щоб підтримати слабкість до візуально чітких вставок, бажано, щоб $E[C_2]$ було настільки малим, наскільки це можливо (в ідеалі 0). Повна мінімізація одного піддала б небезпеці іншого.

Висновки. Запропонований алгоритм кластеризації використовується для стиснення векторів характерних ознак, так як вимір відстані визначений на просторі результату $V \times V$ задовольняє метричні властивості. Розроблена нова функція затрат, що складається із двох додаткових експоненціальних членів. Такі затрати краще реагують на цілі перцептивного хешування, на відміну від традиційного типу вимірювання викривлень на основі середньої відстані.

Запропоноване рішення проблеми кластеризації досягається визначенням «більш ймовірних» та близьких векторів характерних ознак до однієї групи.

Вперше було розроблено базову кластеризацію, що дає можливість кластерам не зазнавати жодних затрат. Запропонована кластеризація перевершує відомі техніки стиснення традиційного VQ та декодування із виправленням помилок для перцептивного хеш стиснення.

Запропоновані алгоритми мають дві математичні властивості:

1) число кластерів (або еквівалентно довжина хешу) визначається автоматично;

2) кластеризацію можна застосувати до векторів в будь-якому метричному просторі, тобто не потрібно робити жодних припущень щодо топології простору.

Ці дві властивості зроблять запропоновані алгоритми цінними у застосуванні для інших медіа, та в загальному, у стисненні даних та / або зменшенні розмірів.

Література

1. Джулій В.М., Іванов К.В. Методика виявлення характерних ознак графічних зображень. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – № 2. – 2007. – С.115 – 119.
2. Джулій В.М., Іванов К.В. Методика формування перехідного хешу графічного зображення. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – № 2. – 2008. – С.136 – 140.
3. Нетравалі, Арун Н. та Хаскель, Баррі Г. "Цифрові зображення: Представлення і компресія". – Нью-Йорк. 2002. – 430 с.
4. Лин та Чанг. Створення надійного цифрового підпису для ідентифікації медіа. – М.: "Лори". 2000. – 270с.
5. Галицкий А. В., Рябко С. Д., Шаньган В. Ф. Защита информации в сети – анализ технологий и синтез решений. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 616 с.: ил.
6. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. – М.: "Наука". 1970. – 664 с.

Надійшла 6.9.2009 р.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЯМИ АДАПТИВНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

В статті розглянуто особливості керування пристроями адаптивного діагностування які дозволяють проводити аналіз діагностичних тестових дій при подачі їх на складні об'єкти діагностування які мають характеристики та параметри, що змінюються. В якості об'єкта діагностування розглядаються телекомунікаційні комп'ютерні системи які використовуються як засоби доступу, передачі та обробки інформації у різних сферах використання комп'ютерних систем.

In article are considered particularities of management device adaptive diagnostic which allow to conduct the analysis diagnostic test action when presenting them on complex diagnostic objects which have a features and parameters, which change. As diagnostic object is considered telecommunication computer systems which are used as facility of the access, issues and information handling in miscellaneous scope use the computer systems.

Ключові слова: пристрої адаптивного діагностування, система керування.

Вступ

Адаптація є основною реакцією живого організму, що забезпечує йому можливість виживання. Вона означає пристосування організму до зміни зовнішніх і внутрішніх умов. Реалізація цього принципу в технічних системах, а саме при адаптивному діагностуванні, має багато достоїнств, а іноді і просто необхідна. Поняття адаптації або адаптивності в техніці носить дуже широкий характер. Як відомо, за допомогою розімкнутого керування без зворотного зв'язку можна виключити вплив на вихідні параметри об'єкту деяких передбачуваних зовнішніх дій за умови, що характеристики окремих компонентів і елементів системи керування досить прості і їхні властивості не змінюються.

Ліквідувати вплив непередбачених зовнішніх дій на поведінку об'єкту можливо в рамках традиційної теорії керування. Для цього необхідно використовувати принцип зворотного зв'язку, тобто організувати замкнуту систему керування, властивості всіх елементів якої покладаються відомими і не змінюються в часі. Іноді може допускатися дрейф деяких характеристик, але в дуже незначних межах. Однак на практиці часто зустрічаються такі об'єкти керування, параметри яких варіюються в широких межах під дією зовнішніх причин з часом і в силу властивостей самого об'єкта. У той же час при керуванні складними об'єктами (адаптивною системою діагностування, що складається з багатьох одиниць устаткування) кількість зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на їхню роботу, різко зростає. Серед них можуть бути помилки позиціонування у потрібний момент, відхилення параметрів стику й інші подібні фактори, що вимагають адаптації керуючої системи, тобто самонастроювання і пристосування до реальних умов експлуатації. Реакція системи керування виявляється в зміні структури, параметрів, а іноді й алгоритму дій так, щоб гарантувати досягнення поставленої мети.

Постановка проблеми

Методи детермінованого діагностування розраховані на ідентифікацію одиночних несправностей визначеного класу за рахунок подачі відповідного блоку тест-векторів. При цьому підключаються усі канали зв'язку системи діагностування з об'єктом діагностування (ОД). Такий підхід сам по собі є складним. Одним з методів для підвищення ефективності діагностування телекомунікаційних комп'ютерних систем (ТКС) є використання методу адаптивного діагностування, який розглядає процес взаємодії ОД та обраної адаптивної системи діагностування (АСД), виходячи з визначеного критерію організації системи, надає можливість сформулювати вимоги як до об'єкту діагностування, так і до технічних засобів АСД з урахуванням специфіки використання ТКС. Аналіз роботи системи показує, що може спостерігатися прояв багаторазових несправностей, які належать до різних класів. При прояві одиночної несправності передбачається усунення дефекту, причиною якого вона є, і тільки після цього з'являється можливість подальшого діагностування. Це зв'язано з необхідністю дотримання принципів діагностування, що не руйнує.

При діагностуванні шляхом подачі тестових послідовностей необхідно розв'язувати задачу їхньої коректності. Сигнали тестових впливів, які подаються на ОД, у випадку наявності специфічних несправностей у його структурі не повинні призводити до катастрофічних відмовлень.

У процесі реалізації адаптивної системи діагностування на першому етапі виходять із ситуації і проблем, що можуть виникнути при перевірці такого складного, з технічної точки зору, об'єкту як телекомунікаційні комп'ютерні системи. Ці проблеми можуть бути зведені до конкретних задач, які необхідно вирішити при діагностуванні [1]:

- Визначити значення обраного критерію організації системи при заданих показниках, що характеризують властивості ТКС, АСД і процеси діагностування.
- Визначити значення показників, що характеризують процес діагностування ТКС і забезпечать заданий показник організації АСД. Подібна задача виникає в тому випадку, якщо призначення мережі, її конструктивні особливості і специфіка використання конкретно регламентують показники ТКС і АСД.

- Для заданих об'єкту діагностування і технічних засобів АСД ефективно організувати процес використання і діагностування ТКС. Проблема такого роду виникає тоді, коли є можливість вплинути на організацію використання ТКС із метою досягнення найбільшого ефекту з прийнятої організації АСД. Така ситуація складається при діагностуванні об'єктів які періодично обновляються (розширення телекомунікаційної комп'ютерної системи, модернізація апаратних засобів).

- Для заданої системи, у якій регламентовані процеси використання і діагностування, визначаються показники системи діагностування при визначеному значенні критерію організації АСД. Така задача виникає якщо АСД є зовнішньою, а прийнята організація використання і технічного обслуговування комп'ютерної системи не визначається твердими зовнішніми умовами (процесом адміністрування та експлуатації, технічними можливостями, чисельністю обслуговуючого персоналу й ін.).

- Для регламентованих процесів використання і діагностування ТКС визначаються показники об'єкта діагностування і системи, що забезпечують задані значення критерію організації АСД. Виходячи з призначення системи і зовнішніх умов, що впливають на характер використання, при діагностуванні визначають організацію використання ТКС і технічного обслуговування.

Аналіз систем діагностування на основі адаптивної моделі

В процесі вибору системи діагностування необхідно вибрати метод ідентифікації несправностей. Серед формальних методів розробки нелінійних динамічних моделей значну групу складають методи статистичної теорії нелінійних систем, до яких відносять [2]:

- методи, засновані на використанні дисперсійної функції випадкових процесів, що оперують з багатомірними законами розподілу випадкових функцій;

- метод лінеаризації нелінійної регресії на ділянках з постійними значеннями математичного сподівання умовної дисперсії випадкової функції на виході об'єкта щодо вхідного процесу;

- метод, заснований на використанні спеціального вхідного тестового сигналу, при якому невідомі параметри об'єкта визначають як коефіцієнти оператора в гільбертовому просторі (обмеження в застосуванні цього методу зв'язані з його непридатністю для нестационарних об'єктів);

- метод, заснований на застосуванні апарата умовних марківських процесів.

Для діагностування телекомунікаційних комп'ютерних систем та побудови системи діагностування найбільш придатними на думку автора є методи, в основі яких лежить схема безупинної (послідовної) ідентифікації, тобто ідентифікації на основі адаптивної моделі [3] (Рис. 1).

Найчастіше використовують параметричну адаптивну модель, тобто модель, у якій змінюються параметри при незмінній структурі. Однак можливе застосування моделі, у якій в процесі адаптації міняються не тільки параметри, але і структура [3].

При класичній побудові адаптивної моделі вибирають міру помилки між виходами моделі та об'єкта і розробляють алгоритм пошуку невідомих параметрів за умов мінімізації обраної міри помилки. Як міру помилки можна використовувати середню квадратичну помилку, максимальне значення помилки, інтеграл від квадрата помилки, інтеграл від абсолютного значення помилки, статистичні критерії максимуму апостеріорної імовірності і максимуму правдоподібності, різні варіанти названих критеріїв з використанням функцій ваги.

При розробці алгоритму пошуку невідомих параметрів найчастіше використовують методи випадкового пошуку, градієнтний метод і його стохастичний аналог – метод стохастичної апроксимації.

При розробці системи діагностування такого об'єкта діагностування як локальні комп'ютерні мережі і використанні ідентифікації методом адаптивної моделі обов'язковим є використання формального опису ОД – моделі. При побудові моделі будемо виходити з того, що складна система ТКС, підпорядковується визначеним законам: фізичним, електричним, механічним та іншим, які характеризують кількісні співвідношення різних компонентів структури мережі.

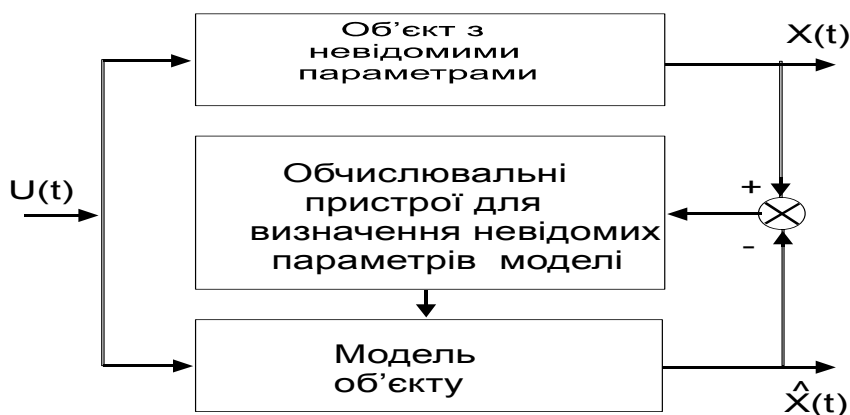


Рис. 1. Система ідентифікації на основі адаптивної моделі

Особливості системи керування АСД

Адаптивна система діагностування [2] – це система керування подачею, прийомом та аналізом

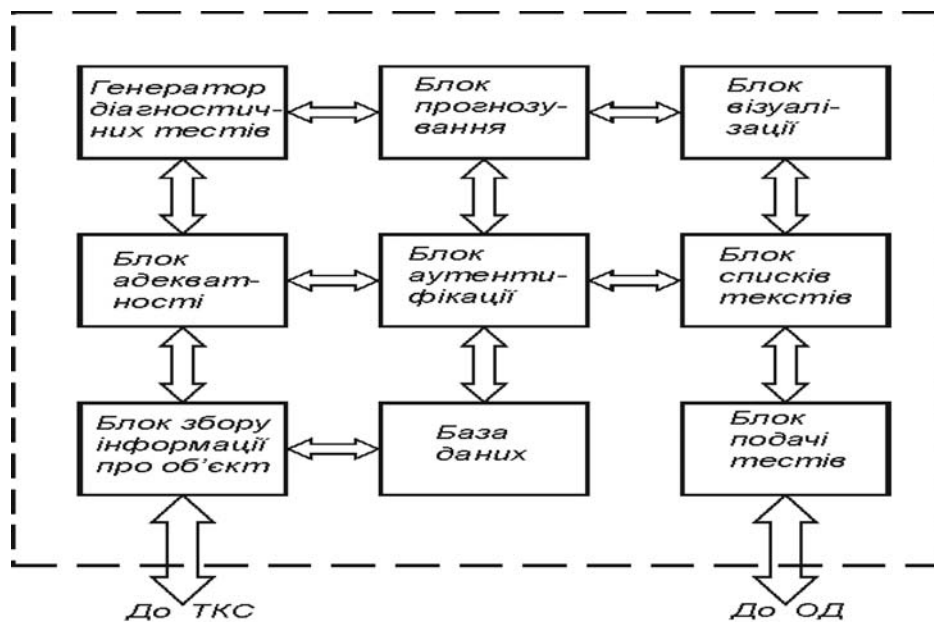
діагностичних тестових дій при подачі їх на телекомунікаційні комп'ютерні структури. Принцип дії АСД полягає в керуванні подачею тестових впливів на основі прогнозу вихідних характеристик об'єкту діагностування, що були одержані за допомогою регулярно оновлюваної моделі в зворотному зв'язку. Для адаптивної системи діагностування потрібне постійне уточнення моделі. До параметрів, що змінюються в часі, відносяться: постійна зміна трафіку в ТКС, кількість вузлів підключених до структури, модернізація та удосконалювання апаратного та програмного забезпечення, що в свою чергу, приводять до зміни характеристик і параметрів об'єкту діагностування. Для такого класу ОД зміни характеристик і зовнішніх впливів необхідно враховувати безпосередньо в процесі діагностування. В якості недоліків апріорної інформації про об'єкт діагностування як на стадії проектування системи, так і в процесі експлуатації можливо віднести велику інерцію структури, стохастичний характер зв'язків, що вимагають використання адекватної моделі ОД для керування АСД по подачі тестів на основі прогнозу вихідних змінних із врахуванням вхідних змінних. Застосування методів керування АСД, що базуються на постійній, незмінній моделі тут неможливе.

Для сучасних адаптивних технічних систем характерне сполучення в обчислювальній структурі функції адаптації до змін зовнішнього середовища і параметрів в роботі, а також використання широкого набору апаратних і програмних засобів самодіагностики й усунення дрібних несправностей у самій системі керування.

Особливістю даної структури адаптивної системи діагностування є можливість самодіагностики і само ремонту, що реалізується за допомогою блоку автентичності.

Адаптивна система діагностування складається з:

- генератора діагностичних тестів;
- блоку збору інформації про об'єкт діагностування (ТКС);
- блоку адекватності;
- блоку прогнозування;
- блоку автентичності;
- бази даних АСД;
- блоку візуалізації;
- блоку списку тестів;
- блоку подачі тестів на ОД.



Структура адаптивної системи діагностування

Рис. 2. Схема керування адаптивною системою діагностування

Функції керування адаптивною системою виконує блок списку тестів, який формує необхідні команди для інших блоків. Формування та генерування діагностичних тестів відбувається після аналізу стану та параметрів ОД- телекомунікаційної комп'ютерної структури. В базі даних зберігається діагностичні тести які вже були с генеровані в попередніх перевірках і ті тести які формуються для кожного оперативного кроку системи. Блок візуалізації забезпечує необхідний інтерфейс та зв'язок з оператором адаптивної системи діагностування, що може в разі необхідності вносити корективи в систему керування. Блоки автентичності, адекватності та прогнозування забезпечують необхідний рівень адаптації системи.

Керування адаптивною системою з ідентифікатором у каналі зворотного зв'язку

Процес адаптивного діагностування передбачає виконання наступних дій:

- подача тестових послідовностей і зняття відповідних реакцій з ОД може проводитися як у

робочих динамічних режимах, так і в статичних режимах;

- аналіз відповідних реакцій проводиться залежно від їх діагностичної цінності;
- діагностування використовується на різних рівнях і необхідній глибині пошуку несправностей;
- система адаптивного діагностування пристосовується при змінах відповідних реакцій з об'єкту

діагностування шляхом зміни алгоритму функціонування, пошуком оптимальних тестових впливів для відповідного рівня ієрархії;

- система може навчатися залежно від параметрів і критеріїв діагностування;
- використовується автоматичне доповнення баз даних системи діагностування новими видами помилок і несправностей;
- система вибирає найбільш ефективний тестовий вплив, виходячи з обраного алгоритму пошуку несправностей.

Адаптивна система діагностування з ідентифікатором у зворотному зв'язку – це система керування подачею, прийомом та аналізом тестових дій при подачі їх на складні об'єкти діагностування з характеристиками та параметрами, що змінюються. Принцип керування дією АСД розглянуто по аналогії [1] та полягає в керуванні подачею тестових впливів на основі прогнозу вихідних характеристик об'єкту діагностування, що були одержані за допомогою регулярно оновлюваної моделі в зворотному зв'язку.

Для адаптивної системи діагностування потрібне постійне уточнення моделі в зв'язку з характеристиками та параметрами, що змінюються в часі. До них відносяться постійна зміна трафіку у системі, кількість вузлів, підключених до системи, модернізація та удосконалювання апаратного та програмного і т.д., що в свою чергу, призводять до зміни характеристик і параметрів об'єкту. Для такого класу об'єктів діагностування зміни характеристик і зовнішніх впливів необхідно враховувати безпосередньо в процесі діагностування. Відсутність та недоліки апріорної інформації про об'єкт діагностування як на стадії проектування системи, так і в процесі експлуатації, велика інерція об'єкту, стохастичний характер зв'язків вимагають використання моделі ОД для керування СД по подачі тестів на основі прогнозу вихідних перемінних із врахуванням вхідних перемінних. Застосування методів керування СД, що базуються на постійній, незмінній моделі тут неможливо.

Для таких об'єктів діагностування необхідна можливість уточнення моделі в реальних умовах функціонування. Ця особливість призводить до необхідності мати в лінії зворотного зв'язку системи керування структурний елемент, що розв'язує задачу ідентифікації несправностей і в подальшому уточнення моделі об'єкту. Конструктивно цей елемент (ідентифікатор несправностей) може бути виділений у керуючій обчислювальній машині системи діагностування в окремий блок.

Принцип керування роботою АСД ілюструється схемою (рис. 3). Головним елементом у цій схемі є ідентифікатор несправностей, де здійснюється процес самонавчання: Вихідною інформацією для розв'язання задач ідентифікації є вхідні і вихідні змінні об'єкту діагностування, результати аналізу яких відповідними пристроями вводяться безупинно чи в задані моменти часу в ідентифікатор несправностей.

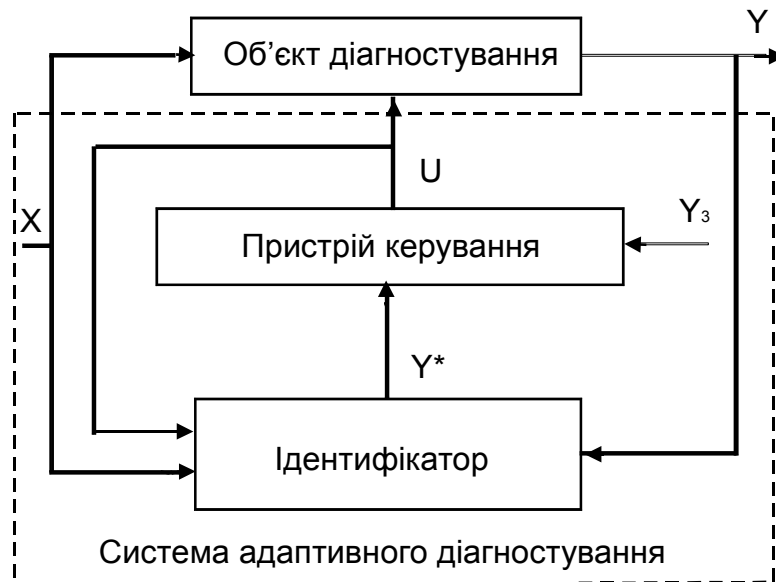


Рис. 3. Розміщення ідентифікатора несправностей в АСД

Розглянемо роботу АСД. Реальна телекомунікаційна комп'ютерна система представляється моделлю, структура якої може бути задана наступним рівнянням по аналогії [4] зв'язку між вихідною перемінною y в момент часу T_n і вхідними перемінними x_i в той же момент часу:

$$y(T) = \sum_{i=1}^n A_i x_i(T) + A_0 u \quad (1)$$

Завдання ідентифікатора несправностей полягає в побудові порівняльних характеристик A_i^*

параметрів моделі A_i у кожному N -му кроці на основі поточних результатів аналізу і попередніх характеристик (адаптивний підхід до побудови моделі). Найбільш прийнятне використання в АСД наступного одно крокового алгоритму ідентифікації несправностей:

$$A_i^*(T) = A_i^*(T-1) + \frac{y(T) - \sum_{i=1}^n A_i^*(T-1)x_i(T)}{\beta + \sum_{i=1}^n x_i^2(T)} x_i(T). \quad (2)$$

де β – параметр, що задається розробником. Збільшення β підвищує точність моделі, але зменшує швидкість збіжності алгоритму. Точність моделі можна також підвищити за допомогою багаторазового (повторного) використання алгоритму ідентифікації несправностей.

По завершенні процесу навчання, критерієм чого служить близькість передбачення по моделі Y^* і отриманого Y значень вихідної перемінної, АСД переходить до керуючих дій і подачі оновлених тестових впливів, продовжуючи в той же час уточнення моделі у кожному кроці. Керуючі дії по видачі оновлених впливів визначаються по формулі:

$$U(T) = \frac{1}{A_0} \left[\left(y_3 - \sum_{i=1}^n A_i^*(T-1)x_i(T) \right) \right]. \quad (3)$$

де y_3 – необхідне чи задане значення вихідної перемінної.

В реальній системі використовується ієрархічна структура АСД. Адаптивні системи нижнього рівня працюють у реальному часі і оптимізують роботу окремих блоків СД на основі критеріїв оптимальності та обмежень. Критерії задаються блоками АСД більш високого рівня за допомогою адаптивної моделі всього об'єкта діагностування в цілому, створюваної в ідентифікаторі, що входить до складу АСД. Блок АСД верхнього рівня працює поза реальним часом чи у режимі «порадника» і здійснює узгодження локальних критеріїв і обмежень для окремих підсистем АСД, виходячи з заданих показників якості функціонування системи в цілому.

Висновки

Особливості побудови телекомунікаційних комп'ютерних систем не дають можливості однозначно використати існуючі методи діагностування. Для виявлення та ідентифікації несправностей у таких системах, забезпечення необхідної імовірності і надійності діагностування, пошуку несправностей з визначеною глибиною і можливістю системи аналізувати та навчатися необхідно використати комплексний підхід, що може забезпечити метод та засоби адаптивного діагностування. В праці розглянута особливість системи керування роботою АСД з ідентифікацією на основі адаптивної моделі. Також розглянуто адаптивне діагностування з ідентифікатором у каналі зворотного.

Література

1. Хмельницький Ю.В. Метод адаптивного діагностування комп'ютерних мереж // Вісник ТУП. – Хмельницький. – № 3, 2003. – С. 43-48.
2. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 24 с.
3. Хмельницький Ю.В. Дослідження та аналіз несправностей локальних обчислювальних мереж. Вісник ТУП. – Хмельницький. – № 2, 1997. – С. 152-155.
4. Мозгалеvский А.В., Койда А.Н. Вопросы проектирования систем диагностирования. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.

Надійшла 29.9.2009 р.

КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ ЗАПИТІВ КОРИСТУВАЧА ПО БАЗАХ ЗНАНЬ МЕТАДАНИХ ПРО БІБЛІОТЕЧНІ РЕСУРСИ

Запропоновано формально-логічний підхід для представлення запитів користувача по бібліотечних ресурсах на основі баз знань метаданих, що дозволяє уніфікувати процес обробки знань в інформаційному програмному забезпеченні університетської бібліотеки.

The formal logical approach for representation of user queries to library resources based on knowledgebases of metadata is introduced that allows a way of knowledge based unification for IT systems which are used in university library.

Ключові слова: бібліотечні ресурси, база знань метаданих.

Вступ

Основним питанням в процесі створення бібліотек є організація великої кількості інформації таким чином, щоб користувачі мали змогу знайти релеванту інформацію. Для цього створено складні класифікаційні схеми та правила функціонування каталогів на основі метаданих. Метадані описують інформаційні ресурси, які є в бібліотеці. Метадані надають інформацію про корисність даних ресурсів, забезпечуючи основу для пошуку та визначення інтелектуального та інформаційного контексту релевантності [1].

Цифрові бібліотеки висувають більші вимоги до метаданих, ніж традиційні бібліотеки. У даному випадку кількість інформації є набагато більшою, а доступ забезпечується різноманітними засобами, які допомагають користувачу визначити та задовольнити свої інформаційні потреби. Більшість з цих послуг надається без допомоги людини. Таким чином, важливо, щоб метадані, які використовуються в цифрових бібліотеках, були такими які можуть опрацьовуватися засобами новітніх інформаційних технологій. Цифрові бібліотеки мають надавати пояснювальну інформацію про їх склад для переформулювання запитів, пристосування сервісів до завдань користувача, відслідковування процесів формування зв'язків між ресурсами та користувачем і таке інше.

Одним із ключових питань з точки зору математичного моделювання процесу побудови інформаційних інтелектуальних систем для бібліотечної справи є спосіб представлення знань, на основі якого система повинна приймати рішення в певній ситуації. Таким чином представлення знань повинно бути задано способом, який дозволяє перехід до представлення фрагментів інформації про бібліотечний ресурс в термінах структур баз знань (БЗ), зокрема баз знань метаданих як засобу підтримки логічного виведення на множині метаданих. Розглядатимемо таку базу знань з точки зору фактів і процесів, що призводять до їх зміни, тобто з погляду семантики і синтаксису такого представлення. Під синтаксисом будемо розуміти набір правил для поєднання символів в логічно коректні вирази, а під семантикою – спосіб інтерпретації виразів, що одержуються в результаті конкретних реалізацій синтаксичних правил. Не дослідженим залишається питання формального опису діалогу користувача з комплексними бібліотечними системами на основі баз даних та знань.

Таким чином, ціллю даного дослідження є розробка формально-логічного апарату підтримки діалогу користувача з інформаційно-інтелектуальними системами на основі баз знань метаданих та підтримки процесу побудови запитів користувача, що розглядаються в ході динаміки процесу оновлення і модифікації вихідної бази знань.

Побудова баз знань метаданих

Ми використовуємо метадані, що базуються на формальних онтологічних принципах підтримки належного обчислювального обґрунтування. Формальні онтологічні принципи використовують логіку для визначення зв'язків з іншими концепціями. Тому множини інформаційних ресурсів бібліотеки ми розглядаємо, виходячи з множини онтологічних концепцій. Це дає можливість досліджувати зв'язки між властивостями, що визначені в онтології, а також зв'язки з бібліотечними входженнями. Так, наприклад, можна визначити, коли одна послуга є специфікацією іншої, навіть якщо це співвідношення не представлено у визначенні. Тому заслуговує на увагу виділення та представлення у вигляді БЗ множини метаданих цифрової бібліотеки.

Формальна онтологія є відповідною технікою для моделювання комплексних доменів. Визначені концепції можуть утворювати мережі відносин без прив'язки до моделюючого інформаційного дерева. Концепції можуть мати багато описових вимірів (атрибутів), можуть бути також частково описані на будь-якому рівні концептуалізації (з будь-якою комбінацією вимірів) і можуть розглядатися з багатьох перспектив (оцінюватися різними послідовностями атрибутів). Вибір певного входження в онтології дозволяє підтримувати доступ з будь-якої перспективи на будь-якому рівні концептуалізації. Для порівняння, декларативні формалізми з меншою виразністю, такі як бази даних, створюють основу для побудови комбінацій та класифікацій вимірів відповідної бази знань.

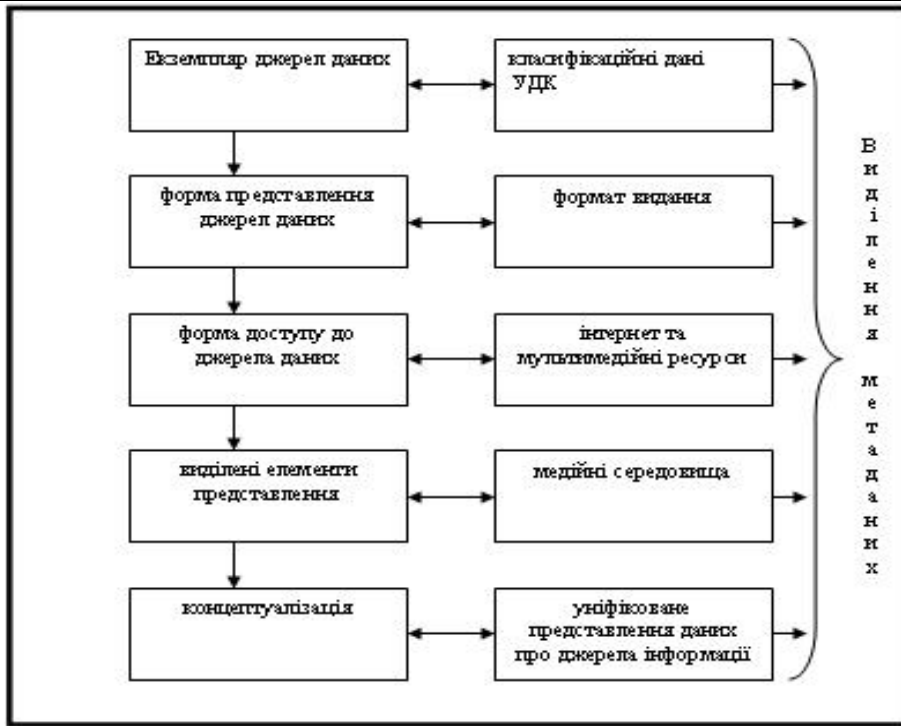


Рис. 1. Робоча ієрархія і зв'язані атрибути

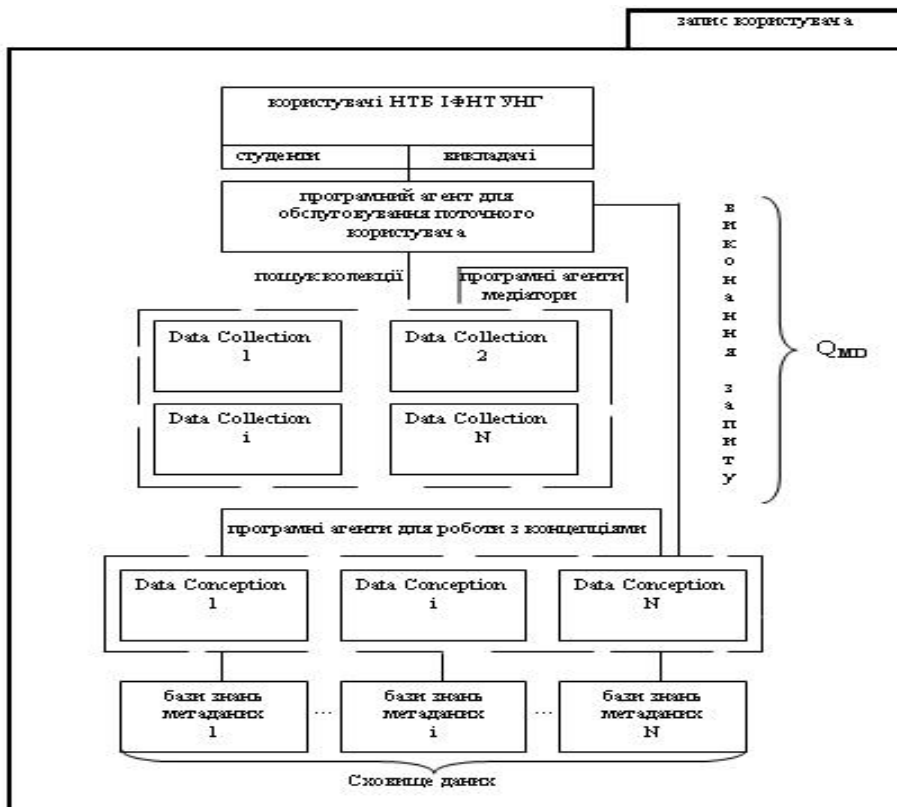


Рис. 2. Використання програмних агентів

Розглядатимемо БЗ метаданих онтології як набір інформаційних сутностей атомарних предикатів з деякого скінченного інформаційного простору O . Всі зміни, що відбуватимуться в БЗ, будемо розглядати як наслідок запитів користувача по бібліотечних ресурсах, що генеруються. Основою самих запитів є набір модифікаційних предикатних правил [2]. Розглядатимемо два типи правил:

$$KB_{MD+}(o) \ll KB_{MD+}(o_1), \dots, KB_{MD+}(o_l),$$

$$KB_{MD-}(p_1), \dots, KB_{MD-}(p_m)$$

$$KB_{MD-}(o) \ll KB_{MD+}(o_1), \dots, KB_{MD+}(o_l),$$

$$KB_{MD-}(p_1), \dots, KB_{MD-}(p_m)$$

де $o, o_i, p_i \in O$. Основна ідея такого запису правил полягає в тому, що $KB_{MD+}(o)$ означає, що атомарний предикат o повинен бути включений в БЗ KB_{MD} , а KB_{MD-} означає, що o повинен бути виключений з бази знань.

Таким чином запити по метаданих задають логічні обмеження щодо БЗ. Зокрема правило (1) накладає на БЗ наступну умову: o належить БЗ, або принаймні одне з $o_i \ 1 \leq i \leq l$ не належить БЗ, або принаймні одне з $p_j, \ 1 \leq j \leq m$ належить БЗ. Правило (2) стверджує, що для випадку, коли o і всі $o_i, \ 1 \leq i \leq l$ належать БЗ, а всі $p_j, \ 1 \leq j \leq m$ не належать БЗ, то можемо виключити o з БЗ, або вилучити одне з o_i , або додати одне з p_j .

Розглядатимемо тепер O як деяку скінчену множину, елементи якої називатимемо атомами. Розглянемо також множину $\{KB_{MD_1}, \dots, KB_{MD_l}\}$ БЗ, таких, що $KB_{MD_i} \subseteq O$, де $1 \leq i \leq l$. Вирази виду $KB_{MD+}(o), KB_{MD-}(o)$, де $o \in O$ – деякий атом розглядатимемо як модифікаційні літерали. Модифікаційні літерали $KB_{MD+}()$, $KB_{MD-}()$ розглядатимемо як взаємообернені.

Нехай Q_{MD} – запит користувача по бібліотечних ресурсах і KB_{MD} – база знань метаданих. Введення семантики задасть специфікацію для множин БЗ, кожна з яких може бути вибрана як модифікація вихідної бази знань KB_{MD}^{noch} , після виконання запиту по метаданих. Таку множину $\{KB_{MD_1}^m, \dots, KB_{MD_l}^m\}$ називатимемо множиною Q_{MD} – модифікацій вихідної БЗ KB_{MD}^{noch} . Кожна із Q_{MD} – модифікацій буде, в свою чергу, теж задовольняти всі обмеження, накладені на KB_{MD}^{noch} .

Кожний запит по метаданих можна розділити на дві частини: KB_{MD+} – правила, тобто такі, що:

$$\left(\{ \Delta \in Q_{MD} : head(\Delta) = KB_{MD+}(o), \right. \\ \left. \text{для деякого } o \in O \} \right)$$

і KB_{MD-} – правила, такі, що:

$$\left(\{ \Delta \in Q_{MD} : head(\Delta) = KB_{MD-}(o), \right. \\ \left. \text{для деякого } o \in O \} \right)$$

Причому

$$Q_{MD} = KB_{MD+}^+(Q_{MD}) \cup KB_{MD-}^-(Q_{MD}) \cup Q_{MD}^S,$$

де Q_{MD}^S – додаткові специфікації запиту по метаданих, які не описують жодних модифікацій стосовно вихідної бази знань. Кожна із таких модифікацій повинна бути описана в $KB_{MD+}^+(Q_{MD})$.

Почнемо розгляд процесу виконання модифікаційних запитів по базах знань метаданих для операції вилучення або додавання правил на основі певної стратегії (концепції). Тоді в термінах теорії множини одержимо, що:

$$KB_{MD}^{noch} \cup \{o\} \stackrel{ConceptionBased}{\Leftrightarrow} \{KB_{MD+}^{noch}(o) \ll \}, \\ KB_{MD}^{noch} \setminus \{o\} \stackrel{ConceptionBased}{\Leftrightarrow} \{KB_{MD-}^{noch}(o) \ll \}.$$

Нехай модифікаційний запит Q_{MD} для вихідної БЗ метаданих KB_{MD}^{noch} задано у вигляді:

$$\begin{matrix} KB_{MD+}(o_1) & \ll & \dots, & KB_{MD-}(o_l) & \ll & \dots, & KB_{MD-}(p_1) & \ll \\ \text{ConceptionBased} & & & \text{ConceptionBased} & & & \text{ConceptionBased} & \\ & & & & & & & \\ & \ll & \dots, & KB_{MD-}(p_m) & \ll & & & \end{matrix},$$

Якщо Q_{MD} не є логічно суперечливим, тобто $\{o_1, \dots, o_l\} \cap \{p_1, \dots, p_m\} = \emptyset$ тоді множина Q_{MD+} модифікацій для KB_{MD}^{noch} матиме вигляд

$$Q_M \Big|_{KB_{MD}^{noch}} \Leftrightarrow (KB_{MD}^{noch} \cup \{o_1, \dots, o_l\}) \setminus \{p_1, \dots, p_m\}.$$

Таким чином будь-яке оновлення вихідної БЗ KB_{MD}^{noch} можна розглядати як наслідок дії модифікаційного предикатного запиту. Але це є випадком найпростішого запиту даного типу. В загальному випадку виражатимемо комплексні логічні умови.

Твердження модифікаційного предикатного запиту для бази знань метаданих будується на принципі інерції БЗ [3]. В нашому випадку даний принцип говорить, що статус кожного елемента БЗ залишається

сталим, доки він не буде змінений в результаті модифікації. Таким чином, кожна зміна, внесена в БЗ в процесі виконання модифікаційного запиту, відповідає деякому модифікаційному предикатному правилу із загальної множини модифікаційних правил, на основі яких власне і виконується запит. Даний принцип інерції БЗ тісно пов'язаний із принципом теорії абстрактного логічного програмування [2], згідно з яким кожний атомарний предикат, що може бути хибним, слід розглядати як хибний.

Нехай KB_{MD}^{noch} – вихідна БЗ, яка ініціалізує всі атомарні предикати значенням “false”. Надалі покажемо, що введене нами поняття модифікаційного предикатного запиту включає в себе як частковий випадок згаданий принцип.

Основні ідеї теорії модифікаційних запитів тісно пов'язані із принципами логічного програмування [2]. Згідно з ними знання розглядається як множина логічних аксіом (правил), на якій вводиться поняття інтерпретатора, що дозволяє здійснювати логічний висновок на основі заданих початкових атомарних фактів. При такому підході правила БЗ інтерпретатора представлені у вигляді $T_d \leftarrow T_1, \dots, T_n$, де T_i – логічні твердження. Якщо T_1, \dots, T_n є істинними, тоді T_d – теж вважається істинним.

Семантично ініціалізації БЗ метаданих KB_{MD}^{init} позначають об'єкти, концепції позначають множини об'єктів і відношення позначають множини (кортежі) об'єктів:

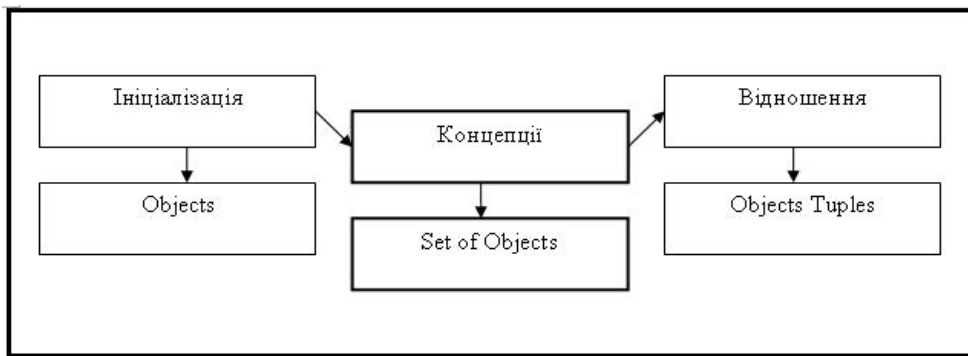


Рис. 3. Семантична ініціалізація баз знань метаданих

Означення 1. Будемо вважати, що концепція $Conception^1$ для KB_{MD} продукує іншу концепцію $Conception^2$, якщо кожна ініціалізація структури бази знань метаданих теж є відповідною продукцією.

Твердження 1. Модифікація $Conception^1 \rightarrow Conception^2$ має місце тоді і тільки тоді якщо $[Conception^2]^{Models} \subseteq [Conception^1]^{Models}$ для всіх логічних моделей бази знань метаданих $Models_{KB_{MD}}$, що задають відображення введених символів на універсум об'єктів предметної області, де $[Conception^2]^{Models}$ і $[Conception^1]^{Models}$ є розширеннями (тобто множинами об'єктів для цих концепцій).

Означення 2. Значення концепцій можна інтретувати функцією, що задає відображення з множини логічних моделей на можини розширень концепцій $f_{Conception} : Models_{KB_{MD}} \rightarrow Conception^{Models_{KB_{MD}}}$.

Означення 3. Формальну онтологію FO будемо розглядати як множину обмежень $Constr_{set}$, що накладена на множину можливих моделей $Models_{KB_{MD}}$.

Означення 4. Нехай Q_{MD} – модифікаційний запит по базі знань метаданих у виділеній концепції $SelectedConception$, а KB_{MD1} і KB_{MD2} дві БЗ. Означимо залишок для Q_{MD} стосовно (KB_{MD1}, KB_{MD2}) як $Q_{MD}^{KB_{MD2}} | KB_{MD1}$, який одержується в результаті:

1) видалення з Q_{MD} кожного модифікаційного правила, body-частина якого не співставляється з KB_{MD2} (в результаті одержимо $Q_{MD}^{KB_{MD2}}$) згідно з введеною множиною $Constr_{set}$;

2) видалення кожного модифікаційного літералу з body-частин правил в $Q_{MD}^{KB_{MD2}}$, що співставляється з KB_{MD1} в множині $Constr_{set}$.

Означення 5. Нехай Q_{MD} -модифікаційний запит по базі знань метаданих у виділеній концепції

SelectedConception і KB_{MD1}, KB_{MD2} – дві БЗ. Тоді справедливо:

$$\lambda_{nm}(Q_{MD}^{KB_{MD1}, KB_{MD2}}) \text{ є когерентним і } KB_{MD2} = KB_{MD1} \circ \lambda_{nm}(Q_{MD}^{KB_{MD1}, KB_{MD2}})|_{Constr_{set}},$$

$$\lambda_{nm}(Q_{MD}^{KB_{MD2}}|KB_{MD1}) \text{ є когерентним і } KB_{MD2} = KB_{MD1} \circ \lambda_{nm}(Q_{MD}^{KB_{MD2}}|KB_{MD1})|_{Constr_{set}}.$$

Означення 6. Нехай Q_{MD} -модифікаційний запит по базі знань метаданих у виділеній концепції *SelectedConception* і $KB_{MD2} \in Q_{MD}$ -модифікацією для KB_{MD1} в заданій системі обмежень $Constr_{set}$. Тоді

$$\lambda_{nm}(Q_{MD}^{KB_{MD1}, KB_{MD2}})|_{Constr_{set}} = \lambda_{nm}(Q_{MD}^{KB_{MD2}}|KB_{MD1})|_{Constr_{set}} = head(Q_{MD}^{KB_{MD2}}).$$

Означення 7. Виходячи із вище сказаного, справедливим буде наступне:

- 1) БЗ $KB_{MD2} \in Q_{MD}$ -модифікацією БЗ KB_{MD1} в заданій системі обмежень $Constr_{set}$
- 2) $\lambda_{nm}(Q_{MD} \cup \{o \in O : (KB_{MD1}, KB_{MD2})\}) \subset KB_{MD2}$.
- 3) $\lambda_{nm}(Q_{MD}^{KB_{MD1}, KB_{MD2}}) \cup O_I(KB_{MD1}, KB_{MD2}) \subset KB_{MD2}$.

Означення 8. Нехай Q_{MD} -модифікаційний запит по базі знань метаданих у виділеній концепції *SelectedConception* і KB_{MD1} – БЗ. Якщо БЗ $KB_{MD2} \in Q_{MD}$ – модифікацією для KB_{MD1} , тоді KB_{MD2} є моделлю $Model_{KB_{MD}}$ для Q_{MD} .

Введене нами означення модифікаційного запиту задовольняє також принцип мінімальності [2]. Тобто, якщо виконати $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ -модифікацією для KB_{MD1} , то одержана БЗ KB_{MD2} відрізнятиметься від вихідної мінімально. Для вимірювання цієї характеристики використаємо принцип симетричної різниці для БЗ [2]. А саме:

$$dist(KB_{MD1}, KB_{MD2}) = (KB_{MD1} \setminus KB_{MD2}) \cup (KB_{MD2} \setminus KB_{MD1})|_{Constr_{set}}$$

Означення 9. Нехай Q_{MD} -модифікаційний запит по базі знань метаданих у виділеній концепції *SelectedConception*, а KB_{MD1} – БЗ. Якщо $KB_{MD2} \in Q_{MD}$ -модифікацією для KB_{MD1} , тоді різниця $dist(KB_{MD2}, KB_{MD1})$ є мінімальною, тобто $dist(KB_{MD3}, KB_{MD1}) \Rightarrow KB_{MD3}$ є моделлю $Model_{KB_{MD}}$ для Q_{MD} . Таким чином, якщо додамо до модифікаційного запиту Q_{MD} деякі правила, що задовольняються процедурою модифікації, то це не вплине на результат модифікації вихідної БЗ KB_{MD1} в заданій системі обмежень.

Означення 10. Нехай $KB_{MD2} \in Q_{MD}^{Constr_{set}}$ -модифікацією для KB_{MD1} в заданій системі обмежень $Constr_{set}$. Припустимо, що Q_{MD} є модифікаційним запитом, таким, що KB_{MD2} є моделлю $Model_{KB_{MD}}$ для $Q_{MD}^{Constr_{set}}$. Тоді $K_{B_2} \in [(Q_{MD} \cup Q_{MD})]|_{Constr_{set}}$ -модифікацією для KB_{MD1} .

Означення 11. Якщо БЗ KB_{MD1} є результатом дії модифікаційного запиту $Q_{MD}^{Constr_{set}}$, тоді KB_{MD1} є унікальною $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ -модифікацією в заданій системі обмежень.

Нехай $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ – деякий модифікаційний запит. Введемо означення відповідного йому оберненого модифікаційного запиту $[Q_{MD}^{Constr_{set}}]^{-1}$, отриманого із $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ внаслідок одночасної заміни всіх модифікаційних літералів на їм обернені.

Означення 12. Нехай $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ -модифікаційний запит по базі знань метаданих у виділеній концепції *SelectedConception* в заданій системі обмежень $Constr_{set}$ і нехай KB_{MD1} – БЗ метаданих. Тоді $KB_{MD2} \in Q_{MD}^{Constr_{set}}$ -модифікацією для KB_{MD1} тоді і тільки тоді, якщо $[O \setminus KB_{MD2}]|_{Constr_{set}} \in [Q_{MD}^{Constr_{set}}]^{-1}$ модифікацією для $[O \setminus KB_{MD1}]|_{Constr_{set}}$.

Розглянемо твердження t логічної програми виду $S_A \leftarrow \xrightarrow{Constr_{set}} R_{A_1}, \dots, R_{A_1}(\overline{V_{A_1}, \dots, V_{A_m}})$, для

якого означимо модифікаційне предикатне правило $R_{Q_{MD}}(t)$ як:

$$KB_{MD+}(S_A) \ll^{Constrset} KB_{MD+}(R_{A_1}), \dots, KB_{MD+}(R_{A_l}), KB_{MD-}(V_{A_1}), \dots, KB_{MD-}(V_{A_m}).$$

Таким чином для логічної програми Δ_L означаємо відповідний модифікаційний предикатний запит $R_{Q_{MD}}^{Constrset}(\Delta_L)$

$$R_{Q_{MD}}^{Constrset}(\Delta_L) = \{R_{Q_{MD}}(t) : t \in \Delta_L\}.$$

Згідно з введеним означенням можна представити моделі логічних програм і стабільні моделі логічних програм [2], як прості моделі і $Q_{MD}^{Constrset}$ - модифікації для самих модифікаційних предикатних запитів в заданій системі обмежень, що дослідимо надалі.

Твердження 2. Нехай Δ_L - логічна програма. Тоді

- 1) Множина атомів $A_M \in$ моделлю для Δ_L тоді і тільки тоді, якщо $A_M \in$ моделлю для $R_{Q_{MD}}(\Delta_L)$.
- 2) Множина атомів для $A_M \in$ стабільною моделлю для Δ_L тоді і тільки тоді, якщо $A_M \in R_{Q_{MD}}(\Delta_L)$ -модифікацією для $\{0\}$.

Для того, щоб розширити коло застосування модифікаційних предикатних запитів по метаданих і зробити їх більш гнучкими, введемо поняття змінних для них. Семантичні аспекти такого розширення базових означень не виходитимуть за рамки базової семантики модифікаційних предикатних запитів.

Будемо дотримуватися тих самих означень для алфавіту, термінів, атомів, як і раніше, а також використаємо ті самі означення модифікаційних літералів, модифікаційних правил і модифікаційних предикатних запитів, тільки тепер атомарні предикати будуть містити змінні.

Екземпляри атомів конструюватимемо через заміну змінних в атомі на базові терми. Аналогічно екземпляри модифікаційних літералів будуть конструюватися через заміну змінних в модифікаційних правилах на базові терми. Екземпляром Гербранда [2] для модифікаційного запиту $Q_{MD}^{Constrset}$ в заданій системі обмежень будемо називати множину всіх базових екземплярів модифікаційних правил запиту Q_{MD} , що можуть бути сконструйовані з використанням базових термів універсуму Гербранда.

Введемо також змінні для початкової БЗ метаданих KB_{MD}^{noch} . Для цього розглядатимемо її як множину атомарних предикатів, які можуть містити змінні. Тоді введемо означення екземпляру Гербранда для БЗ KB_{MD}^{noch} , $E_H(KB_{MD}^{noch})$ як множину всіх базових екземплярів атомарних предикатів для БЗ KB_{MD}^{noch} .

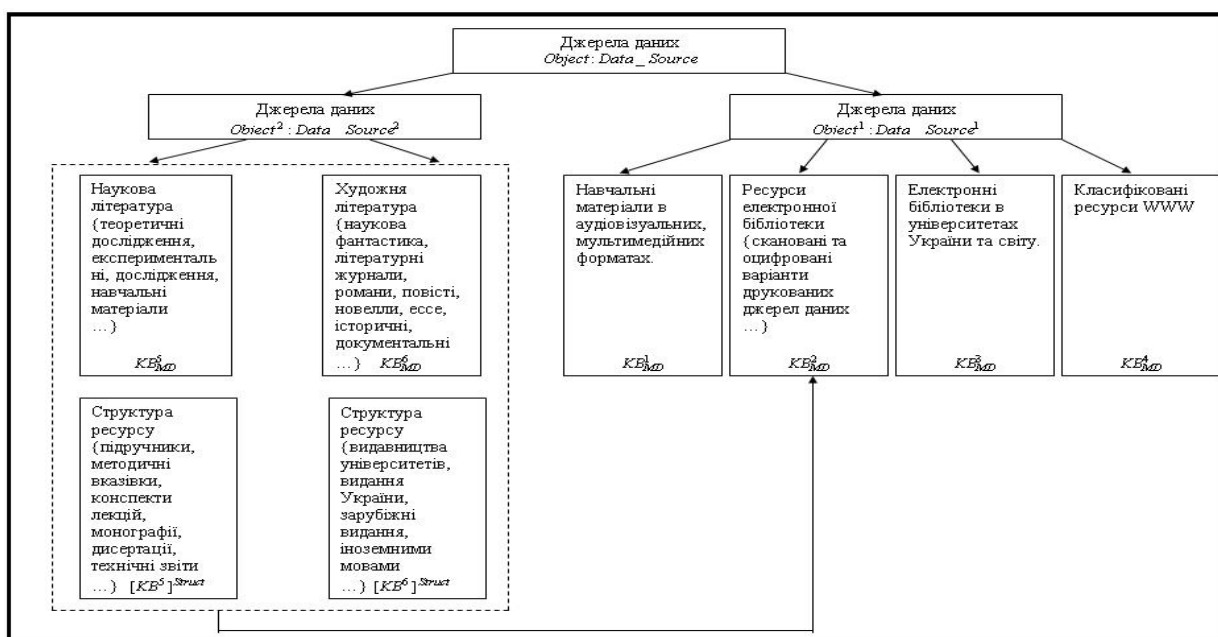


Рис. 4. Структура джерел метаданих

Тепер дамо нове означення для модифікаційного запиту:

Означення 13. Нехай $Q_{MD}^{Constrset}$ - модифікаційний запит по базі знань метаданих у виділеній

концепції *SelectedConception* і KB_{MD1} - вихідна БЗ метаданих, причому $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ і KB_{MD}^1 можуть містити змінні. БЗ KB_{MD2} є Q_{MD} -модифікацією KB_{MD1} в системі обмежень $Constr_{set}$, якщо KB_{MD2} є $E_H(Q_{MD}^{Constr_{set}})$ - модифікацією для $[E_H(KB_{MD1})]_{Constr_{set}}$. Проілюструємо введені означення на прикладі об'єктів ініціалізованих на множині бібліотечних ресурсів.

Приклад 1. Нехай алфавіт базових символів O_A складається з двох констант $\{verified, unverified\}$, однієї змінної $\{Y\}$ і двох унарних предикатів $\{Object^1(), Object^2()\}$. Нехай модифікаційний предикатний запит в деякій системі обмежень $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ задамо у вигляді

$$KB_{MD+}(Object^2(Y)) \ll^{Constr_{set}} KB_{MD+}(Object^1(Y))$$

$$KB_{MD-}(Object^1(Y)) \ll^{Constr_{set}} KB_{MD+}(Object^2(Y)).$$

Нехай $KB_{MD1}^{Constr_{set}} = \{(Object^1(Y), (Object^2(Y))\}$. Якщо $\{verified, unverified\}$ прийемо в якості універсуму Гербранда, то тоді базисом Гербранда буде

$$\{Object^1(verified), Object^2(unverified), Object^2(verified), Object^2(verified)\}$$

Екземпляром Гербранда для Q_{MD} буде:

$$\{KB_{MD-}^{Constr_{set}}(Object^2(verified)) \ll^{Constr_{set}} KB_{MD+}^{Constr_{set}}(Object^1(verified))\}$$

$$KB_{MD-}^{Constr_{set}}(Object^2(unverified)) \ll^{Constr_{set}} KB_{MD+}^{Constr_{set}}(Object^1(unverified))$$

$$KB_{MD-}^{Constr_{set}}(Object^1(verified)) \ll^{Constr_{set}} KB_{MD+}^{Constr_{set}}(Object^2(verified))$$

$$KB_{MD-}^{Constr_{set}}(Object^1(unverified)) \ll^{Constr_{set}} KB_{MD+}^{Constr_{set}}(Object^2(unverified))\}.$$

А екземпляром Гербранда для KB_{MD1} буде

$$\{Object^1(verified), Object^1(unverified), Object^2(verified), Object^2(verified)\}.$$

Таким чином, $Q_{MD}^{Constr_{set}}$ - модифікацією для KB_{MD1} будуть

$$[K_{MD2}^1]^{Constr_{set}} = \{Object^1(verified), Object^2(unverified)\}$$

$$[KB_{MD2}^2]^{Constr_{set}} = \{Object^2(verified), Object^1(unverified)\}.$$

Даний приклад завершує введення базових означень для формально-логічного апарату модифікаційних предикатних запитів по базі знань метаданих для інформаційних систем бібліотечних ресурсів. Введені означення є обґрунтованими, оскільки при їх побудові ми не виходили за рамки процедури обчислення обґрунтованих семантик прийнятих в теорії абстрактного логічного програмування і стабільних семантик для абстрактних логічних програм.

Висновок

В даній статті виконано побудову представлення формального логічного підходу опису запитів користувача по бібліотечних ресурсах на основі баз знань метаданих, що дозволить уніфікувати використання знань в інформаційних бібліотечних системах. Подальші дослідження даного напрямку будуть зосереджені на розширенні введених означень і дослідженні їх властивостей.

Література

1. Weinstein P., Birmingham W. Creating Ontological Metadata for Digital Library Content and Services // International Journal on Digital Libraries. – 1998.
2. Шекета В.І. Модифікаційні предикатні запити, як інструмент підтримки діалогу з користувачем в інформаційних системах на основі баз даних і знань // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Технічні науки – 2003. – Том 8. – № 4. – С.113-119.

Надійшла 13.9.2009 р.

МЕТОД ФОРМУВАННЯ КОМПОНЕНТНИХ СТРУКТУР ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ

У статті описано формальний метод формування компонентних відносин, який є основою процедурного підходу до діагностування цифрових пристроїв; введено правила коригування для вибору кінцевих варіантів розбиття цифрових об'єктів; доведено, що в оптимальних структурах формуються такі відносини компонентних утворень, характеристики яких співпадають з характеристиками повних графів при визначеній глибині діагностування цифрових об'єктів.

In article component relations forming formalistic method, underlying in procedure approach to digital devices diagnosis, was described; correction rules for choice of digital objects fragmentation final variants were puts; fact that in optimal structure component formation relations, characteristics of which agrees with characteristics of complete graphs under fixed digital devices diagnosis depth was proved.

Ключові слова: цифрові пристрої, формування компонентних структур.

Вступ

Декомпозиційний підхід до діагностування цифрових пристроїв (ЦП) має ефективність кожний раз, коли складну і трудомістку задачу пошуку несправностей намагаються представити розв'язанням рядом простих (більш приємних) задач шляхом електричного (комутаційного) формування структури об'єктів дослідження у вигляді взаємозв'язаних фрагментів схем для їх послідовного тестування. При цьому економляться не тільки інтелектуальні ресурси для підготовки відповідних процедур діагностування, але і час їх реалізації в цехових умовах виробництва [1].

Постановка задачі дослідження

В статті ставиться задача розробити метод комп'ютерного формування структур розбиття схем цифрових пристроїв щодо їх наступного тестування на основі декомпозиційних критеріїв створення компонентних множин покриття об'єктів досліджень.

Основні характеристики декомпозиції ЦП

Моделювання процесом розбиття об'єкту доцільно почати з визначення основної характеристики фрагментування об'єкту, а саме: λ – глибини покомпонентного діагностування ЦП, а також ступеня декомпозиції p і складності фрагментів схем, які формуються.

При цьому відомо, що основні характеристики графа розбиття ЦП взаємозв'язані наступними формальними залежностями

$$N = \sum_{i=1}^z i \cdot a_i = \lambda + \Delta, \quad (1)$$

де a_i – кількість компонентів λ -структури складністю i , при яких справедливі рівності $p = a_1 + a_2 + \dots + a_h$ і $\lambda = p + \Delta - \delta$ (2) (h – номер елемента ряду N з максимальною складністю $z = \max(i)$, Δ – число перетинань компонентів, δ – характеристика повноти компонентів, згідно з [2, 3]).

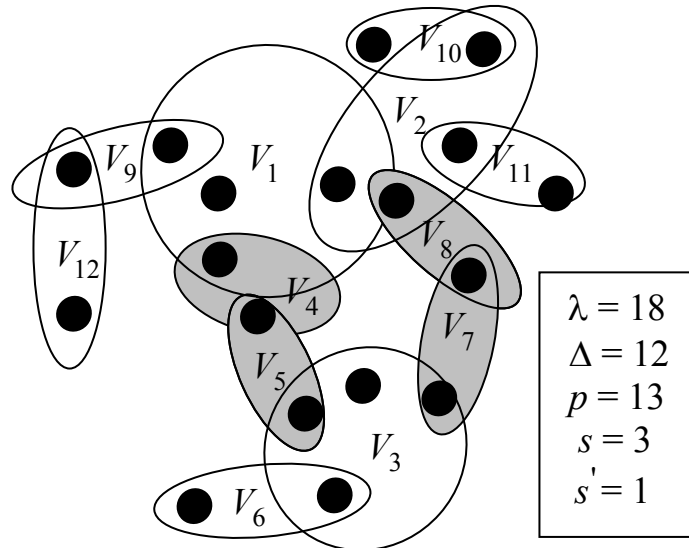
Введемо для аналізу структур ряд понять і визначень.

Визначення 1. Складним (простим) компонентом $V_i \in V$ будемо вважати фрагмент схеми, для якого $|V_i| > 2$ ($|V_i| = 2$), де V – множина компонентів λ -структури.

Визначення 2. Внутрішнім простим ланцюгом (ВПЛ) будемо називати послідовність простих компонентів, які перетинаються між собою і зв'язують складні фрагменти (загальне число таких зв'язків позначимо, як s).

Визначення 3. Виродженим ВПЛ-ланцюгом (без простих компонентів) будемо називати перетин складних фрагментів схем (де число вироджених ланцюгів зв'язку позначимо як $s' \leq s$).

На рис. 1 наведено приклад структури розбиття, де $(V_4 \cup V_5)$ і $(V_7 \cup V_8)$ – ВПЛ-ланцюги між складними компонентами V_1 , V_2 і V_3 , а $(V_1 \cap V_2)$ – вироджений ланцюг ВПЛ-зв'язку (для якого виконується умова $|V_1 \cap V_2| = 1$).

Рис. 1. Приклад λ -структури

Формування λ -структур починається з визначення і узгодженості складностей $\lambda' \in \lambda$ компонентів ($a = p - a_2$) за характеристикою N (де $\lambda' < \Delta$) декомпозиції об'єкту. Для спрощення процесу формування представимо, що всі ВПЛ-зв'язки вироджені. При цьому будемо враховувати наступну особливість структур.

Основна частина досліджень

Проаналізуємо залежності характеристик розбиття від глибини діагностування об'єкту для основних компонентних структур: ланцюгової, кільцевої і радіальної. На рис. 2 представлені числові данні (Δ , δ , а також їх графіки) формування подібних структур при зміні значень λ , а також наведені приклади таких структур. Виходячи з послідовностей даних для K -, L - і P -структур (таблиці 1, 2 і 3) справедливо висловлювання.

Твердження 1. Для формування радіальних, кільцевих і ланцюгових структур з параметрами $\langle \lambda, \Delta, \delta \rangle$ множини вершин графа G виконується рівність

$$\Delta = \left\lfloor \frac{\lambda}{2} \right\rfloor. \quad (3)$$

Доведення. Доведемо рівність (3) методом математичної індукції. Покажемо, що вона виконується при $\lambda = 4$. У цьому випадку маємо $\Delta = \left\lfloor \frac{4}{2} \right\rfloor = \left\lfloor 2 \right\rfloor = 2$ (для P - і L -структур згідно з таблиць 2 і 3).

Припустимо, що воно виконується при $\lambda = n$. Тоді воно повинно бути справедливим і при $\lambda = n + 1$. Існують два випадки: нехай $n = 2k$ (1-й випадок) де $\Delta = \left\lfloor \frac{2k}{2} \right\rfloor = \lfloor k \rfloor = k$, а при $n = 2k + 1$ (2-й випадок) отримаємо

$$\Delta = \left\lfloor \frac{2k+1}{2} \right\rfloor = \left\lfloor k + \frac{1}{2} \right\rfloor = \lfloor k \rfloor = k, \text{ де } k - \text{ціле число.}$$

Твердження доведено.

Слід відмітити, що для K -структур (таблиця 1) рівність (3) справедлива при $\lambda \geq 5$: так, при $\lambda = 3$ структура надлишкова, а при $\lambda = 4$ вона еквівалентна радіальній структурі.

Твердження 2. Для радіальних, кільцевих і ланцюгових структур з параметрами $\langle \lambda, \Delta, \delta \rangle$ виконується рівність

$$\delta = (\lambda + 1) \bmod 2. \quad (4)$$

Доведення. Доведемо рівність (4) методом індукції. Покажемо, що вона виконується при $\lambda = 4$. Маємо $(4+1) \bmod 2 = 1$, як непарне число. Припустимо, що воно виконується при $\lambda = n$. Тоді воно повинно бути справедливим і при $\lambda = n + 1$. Оскільки λ – будь-яке число, то розглянемо два випадки: нехай $n = 2k$ (1-й випадок), де маємо $(2k+1) \bmod 2 = 1$, а при $n = 2k + 1$ (випадок 2-й) отримаємо $(2k+1+1) \bmod 2 = 0$, як для парного числа, де k – ціле число.

Твердження доведено.

Відмітимо, що для кільцевих структур рівність (4) виконується при $\lambda \geq 5$ (таблиця 1). На рис. 2

показані залежності основних показників моделювання для різних структур розбиття (які наведені на рис. 3) від глибини діагностування λ об'єкту.

Пошук "компактних" відносин компонентів призвів до аналізу структур з максимальними показниками зв'язку (s^1) між складними фрагментами розбиття. Доведено, що показники подібних структур описуються характеристикам повного графу [3]. В цьому випадку кількість компонентів пов'язана з глибиною діагностування наступним рівнянням $\lambda = \frac{1}{2}p \cdot (p-1)$. Розглядаючи тільки цілі рішення і взявши умовно за модулем одне із значень коренів, отримаємо

$$p_1 = \left\lfloor \frac{1 - \sqrt{1 + 8 \cdot \lambda}}{2} \right\rfloor \quad \text{і} \quad p_2 = \frac{1 + \sqrt{1 + 8 \cdot \lambda}}{2}, \quad (5)$$

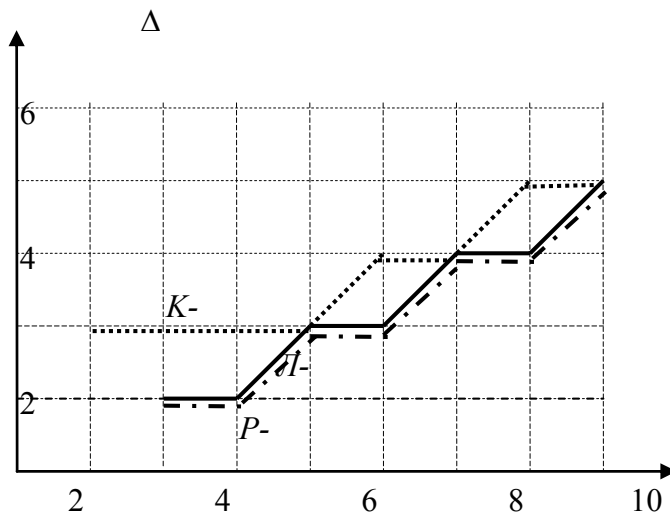
де $\lambda = 3, 6, 10, 15, 21 \dots$ – числа послідовність, а $\sqrt{1 + 8 \cdot \lambda}$ – непарне число. Це дає можливість описати послідовність наповнення (ядрами) неповних компонентів (при моделюванні значення λ) і описати компактні структури формування. Так, на рис. 5, а показана компактна структура з повними фрагментами схем, а на рис. 5б структура з максимум вироджених зв'язків при $\lambda = 10$. При збільшенні значення λ спостерігається властивість 1.

Таблиця 1 K -структура

λ	3	4	5	6	7	8	9	10...
Δ	3	3	3	3	4	4	5	5...
δ	3	2	1	0	1	0	1	0...

Таблиця 2 L -структура

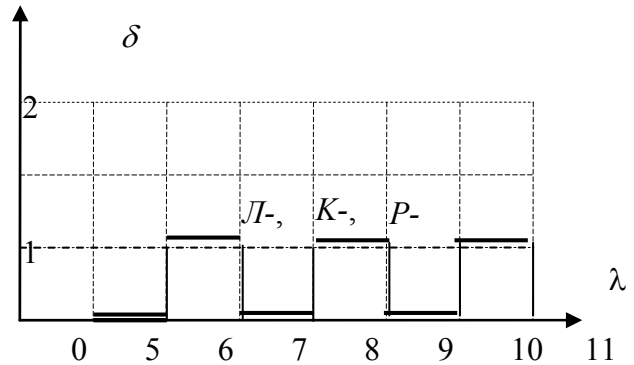
λ	4	5	6	7	8	9	10	11...
Δ	2	2	3	3	4	4	5	5...
δ	1	0	1	0	1	0	1	0...



а)

Таблиця 3 P -структура

λ	4	5	6	7	8	9...
Δ	2	2	3	3	4	4...
δ	1	0	1	0	1	0...



б)

Рис.2. Графіки Δ , δ показників від характеристики λ

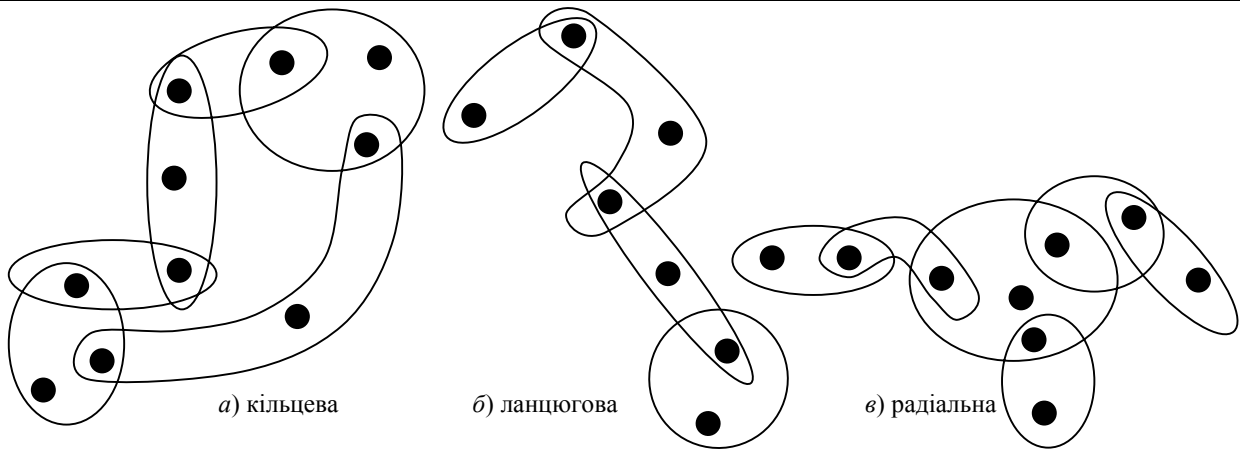


Рис. 3. Формування структур розбиття

Таблиця 4

PL-структура

λ	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	15...
Δ	3	3	3	3	6	6	6	6	6	10	10	10	10	10	10	15...
δ	3	2	1	0	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0	6...

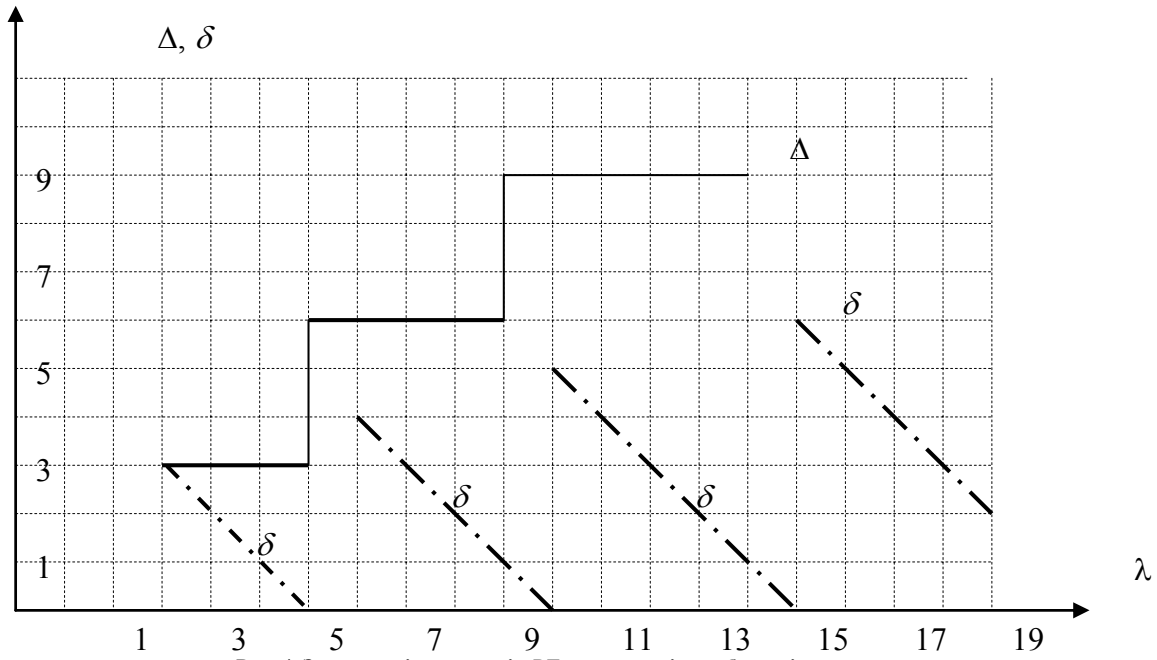


Рис. 4. Залежності показників *PL*-структур від глибини діагностування

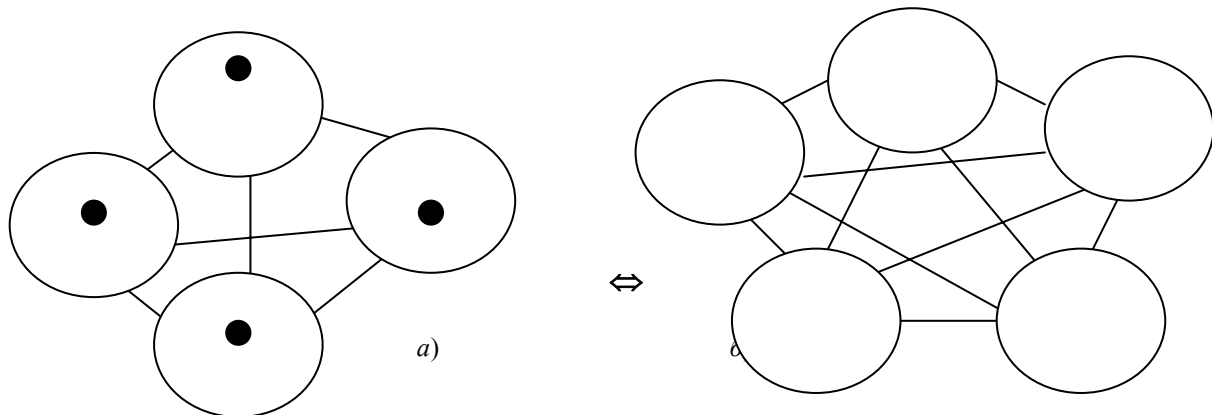


Рис. 5. Еквівалентні *PL*-структури при глибині діагностування $\lambda = 10$

В л а с т и в і с т ь 1. Для структур з характеристиками розбиття $\langle \lambda, \Delta, p_2, \delta \rangle$ справедливе висловлювання

$$\lambda + \delta = \lambda_{поч} + p_2,$$

де визначається як в (2), а $\lambda_{поч}$ - початкове значення (наприклад, згідно з таблиці 4 $\lambda_{поч} = 6, p_2 = 4$).

На рис. 3 наведені графіки залежностей $\Delta(\lambda)$ (де згідно з (1), а також враховуючи (2) маємо $\Delta = \lambda + \delta - p$) і $\delta(\lambda)$.

РЛ-структурам властива адитивність (як й іншим формуванням), яка сприяє декомпозиції складних структур на ряд незалежних простих угруповань, для яких справедливо $\lambda = \sum_i \lambda_i$. Такий процес

здійснюється за рахунок зменшення міжкомпонентних зв'язків і збільшення числа компонентів. Так, при $\lambda = 7$, структуру, яка має вигляд на рис. 6а, можна представити у вигляді двох простих підструктур, як показано на рис. 6 для $\lambda_1 = 4$ (рис. 6б) і $\lambda_2 = 3$ (рис. 6в). І навпаки, суміщення підструктур за визначеними правилами (композиційний підхід) формує об'єднану компоненту структуру. На рис. 7 показано композиційне формування *P*-моделі розбиття на прикладі об'єднання ланцюгових моделей (*L*-структур).

Моделювання λ -структурами передбачає початкове визначення співвідносини складових (δ_2, δ_a) характеристики $\delta = \delta_2 + \delta_a$. На основі знання кількості повних (неповних) компонентів формування можна знайти поточне значення t термінальних НПЛ. При цьому справедливе висловлювання.

Т в е р д ж е н н я 3. Для λ -структур з параметрами $\langle p, \Delta, t, \delta_2, \delta_a \rangle$ розбиття виконується рівність

$$t = a_2 - \delta_2 \tag{6}$$

Доведення. На основі правил перетворення структур ($\alpha_{t \rightarrow s}, \alpha_{s \rightarrow t}$) розглянемо для зручності формування, для якого виконується рівність $s^1 = s$.

Тоді число термінальних компонентів дорівнює $t = \frac{\lambda - s^1 - (a - \delta_a) - \delta_2}{2}$. Враховуючи, що $s^1 = \Delta - a_2$, при числі неповних фрагментів розбиття $a - \delta_a$, отримаємо чисельник $\lambda - \Delta + a_2 - a + \delta_a - \delta_2$. Використовуючи рівність $\lambda - \Delta = p - \delta$ і значення числа компонентів $p = a + a_2$, маємо $p - \delta + a_2 - a + \delta_a - \delta_2$. Після послідовних перетворень $a + a_2 - \delta_a - \delta_2 + \delta_a + a_2 - \delta_2 - a$, маємо результат $2a_2 - 2\delta_2 = 2(a_2 - \delta_2)$ і після підстановки у чисельник дроби, остаточно отримуємо рівність (6).

Твердження доведено.

На рис. 8 наведено приклади для структур (при $\lambda = 14$ і $\lambda = 11$) розрахунку поточного числа НПЛ ланцюгів.

Н а с л і д о к. Для структури розбиття з параметрами $\langle \lambda, a, a_2, \Delta, \delta_a \rangle$ виконується рівність $t = \sum_{i=3}^p i \cdot a_i - 2 \cdot s - (a - \delta_a)$, де $s = \Delta - a_2$, а $\delta_2 = a_2 - t$.

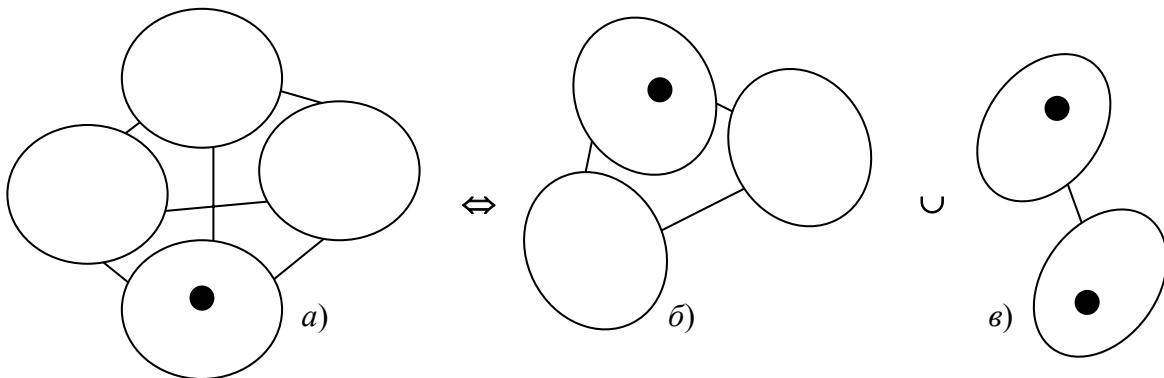


Рис. 6. Декомпозиція складних структур

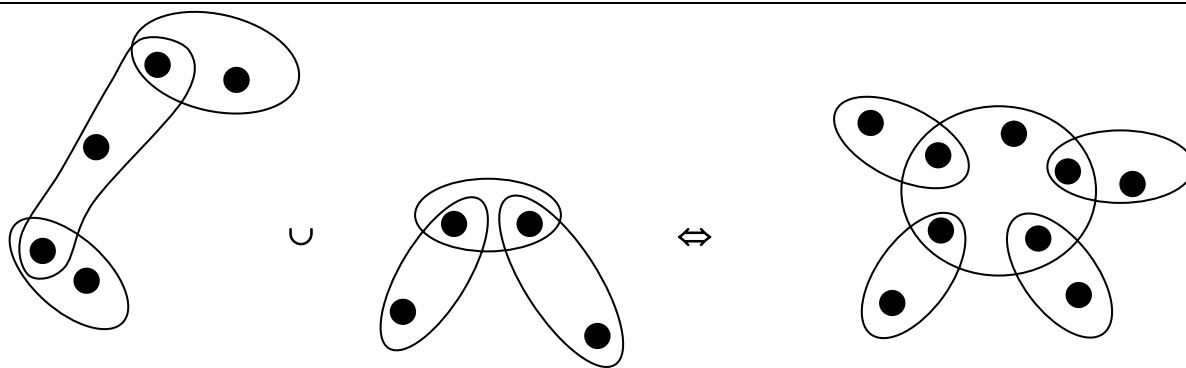


Рис. 7. Композиційний підхід формування

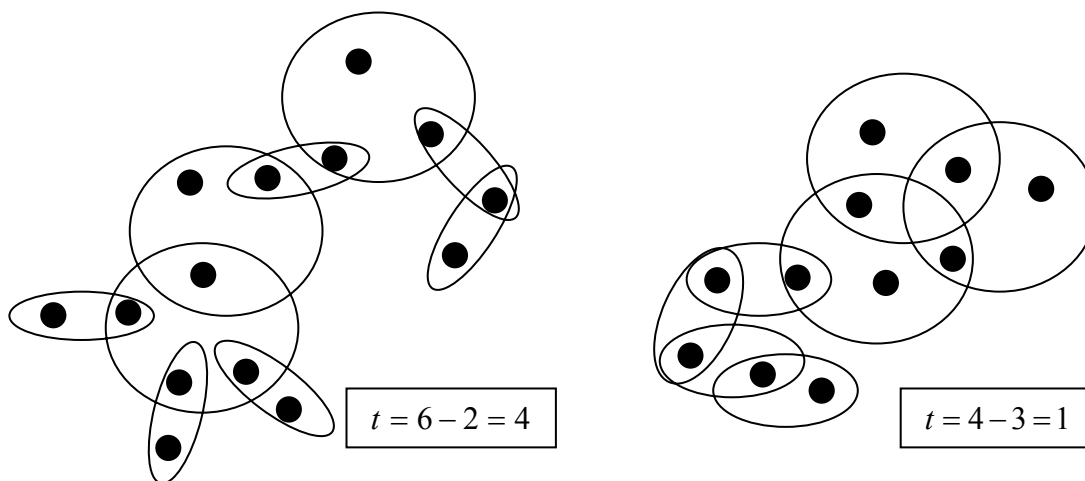


Рис. 8. Приклади розрахунку поточного параметра t

На рис. 8 показано приклади структур для розрахунків НПЛ

$$\lambda = 14: \quad t = \sum_{i=3}^4 i \cdot a_i - 2 \cdot 2 - (3 - 1) = 10 - 4 - 2 = 4, \text{ а } \delta_2 = 6 - 4 = 2;$$

$$\lambda = 12: \quad t = \sum_{i=3}^4 i \cdot a_i - 2 \cdot 3 - (3 - 0) = 10 - 6 - 3 = 1, \text{ а } \delta_2 = 4 - 1 = 3.$$

Слід відмітити, що моделювання зв'язками компонентів має свої особливості. Це можна побачити на матрицях МФ в процесі формування структур розбиття. Якщо доданки вершин, які віднімаються, розкласти на менше число ніж число розрядів початкового вектора зв'язків, то формуються окремі підструктури. Це відображено на рис. 9а і 9б. В протилежному випадку, коли число доданків доданку, який розкладається на максимальне число розрядів, то формуються компактні структури (“сильно” зв'язані, що нагадує РЛ-структури). Таку структуру можна побачити на рис. 9в. При цьому завжди виконується властивість структур, які формуються в процесі декомпозиції.

В л а с т и в і с т ь 2. Серед існуючих варіантів розбиття числа $2s$ на доданки завжди існує така послідовність доданків, які алгоритмічно віднімаються від його і призводять до повної реалізації зв'язків між компонентами.

Процес генерації варіантів зв'язків між компонентами може пропонувати некоректні сполучення таких зв'язків. Подібні структури можуть бути відхиленими, а можуть бути скорегованими відповідними процедурами $\alpha_{t(s) \rightarrow s(t)}$. На рис. 10 представлені способи такого корегування, які враховують типи кінцевих варіантів некоректного формування зв'язків компонентів: з'єднуються однократні (двократні) прості фрагменти між собою; з'єднуються однократні (двократні) зі складними компонентами (К). Результатом перетворення є зміна значень характеристик розбиття: p , δ , Δ загальної структури.

Розглянемо узагальнений алгоритм формування структур при заданому λ .

Крок 1. Задати параметр λ -розбиття.

Крок 2. Якщо генерація векторів L складностей компонентів закінчилась, то йти до кроку 20.

Крок 3. Згенерувати вектор $L = (l_1, l_2, \dots, l_h)$, де $2 \leq h \leq \left\lfloor \frac{\lambda}{2} \right\rfloor + 1$, $l_k \in \{0, 1\}$, а також

$k = \overline{1, h}$.

Крок 4. Якщо значення показника перетину закінчились, то йти до кроку 2.

Крок 5. Задати значення $\Delta(\frac{\lambda}{2} \leq \Delta \leq \lambda)$, а також підрахувати характеристику $N = \lambda + \Delta$ і показник $m = \sum_k l_k$.

Крок 6. Якщо варіанти розбиття числа N закінчились, то йти до кроку 4.

Крок 7. Згенерувати розбиття $\varphi(N, m) = (A_1, A_2, \dots, A_m)$.

Крок 8. Виконати зображення $\psi: I \rightarrow J$, де $\psi(i) = j$, а також $I = \{i | i \in \overline{1, m}\}$,
 $J = \{j | j \in \overline{1, \lfloor \frac{\lambda}{2} \rfloor + 1}\}$.

Крок 9. Якщо для всіх $i \in \overline{1, m}$ виконується умова $\left\lfloor \frac{A_i}{\psi(i)} \right\rfloor = \frac{A_i}{\psi(i)}$, то визначити для всіх i показники $a_i = \frac{A_i}{\psi(i)}$, а також підрахувати $S = \Delta - a_2$, $p = a_1 + a_2 + \dots + a_m$ і йти до кроку 10, інакше до кроку 6.

Крок 10. Сформувати упорядкований вектор розбиття складностей

$$((\underbrace{m, m, \dots, m}_{a_m}, \underbrace{m-1, m-1, \dots, m-1}_{a_{m-1}}, \dots, \underbrace{1, 1, \dots, 1}_{a_1})) = (A_m^1, A_{m-1}^1, \dots, A_1^1).$$

Крок 11. Реалізувати алгоритм 2.1 до нульового результату віднімання векторів зв'язків, де на кожній ітерації повинно виконуватися умова 2.10 і 2.11, як для доданків, які віднімаються, так і для результатів віднімання.

Крок 12. Визначити для кожної пари A_i^1, A_j^1 характеристику $\delta_2^{ij} = s^{ij} - 1$, де $i, j \in \overline{1, m}$.

Крок 13. Підрахувати δ_2 для всієї структури розбиття $\delta_2^1 = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \delta_2^{ij}$.

Крок 14. Якщо $a_2 < \delta_2^1$, то йти до кроку 6.

Крок 15. Якщо число пар k , зв'язаних між собою компонентів V_i і V_j (де $|V_i|, |V_j| = 1, a, i, j \in \overline{1, m}$) $k \geq 2$, то йти до кроку 6.

Крок 16. Якщо $k = 1$, то скоригувати структуру за типом 1, а також підрахувати $\Delta := \Delta - 1$, $p := p - 1$.

Крок 17. Якщо число пар k , зв'язаних між собою компонентів V_i і V_j (де $|V_i|, |V_j| = 2, a, i, j \in \overline{1, m}$) $k > 0$, то скоригувати структуру за типом 2. Підрахувати $\Delta := \Delta - k$, $\delta := \delta - k$ для всіх k пар; інакше йти до кроку 6.

Крок 18. Якщо $z = \sum_i V_i > 0$ (де $|V_i| \leq 2$, де $i \in \overline{1, m}$) зв'язані зі складними компонентами, то скоригувати структуру за типом 3 і 4 згідно правил 2.1 ÷ 2.4. Утворити $k \geq 0$ ($k \leq \min\{a, z\}$) повних фрагментів схем.

Крок 19. Підрахувати $\delta_a = a - k$, $\delta_2 = \delta - \delta_a$, $t = a_2 - \delta_2$. Зафіксувати структуру. Усунути надлишкові перетинання. Перерахувати основні характеристики структури розбиття. Йти до кроку 21.

Крок 20. Структури не існує.

Крок 21. Кінець алгоритму.

При цьому на кроці 18 слід перетворення структур виконувати згідно правилам зміни характеристик.

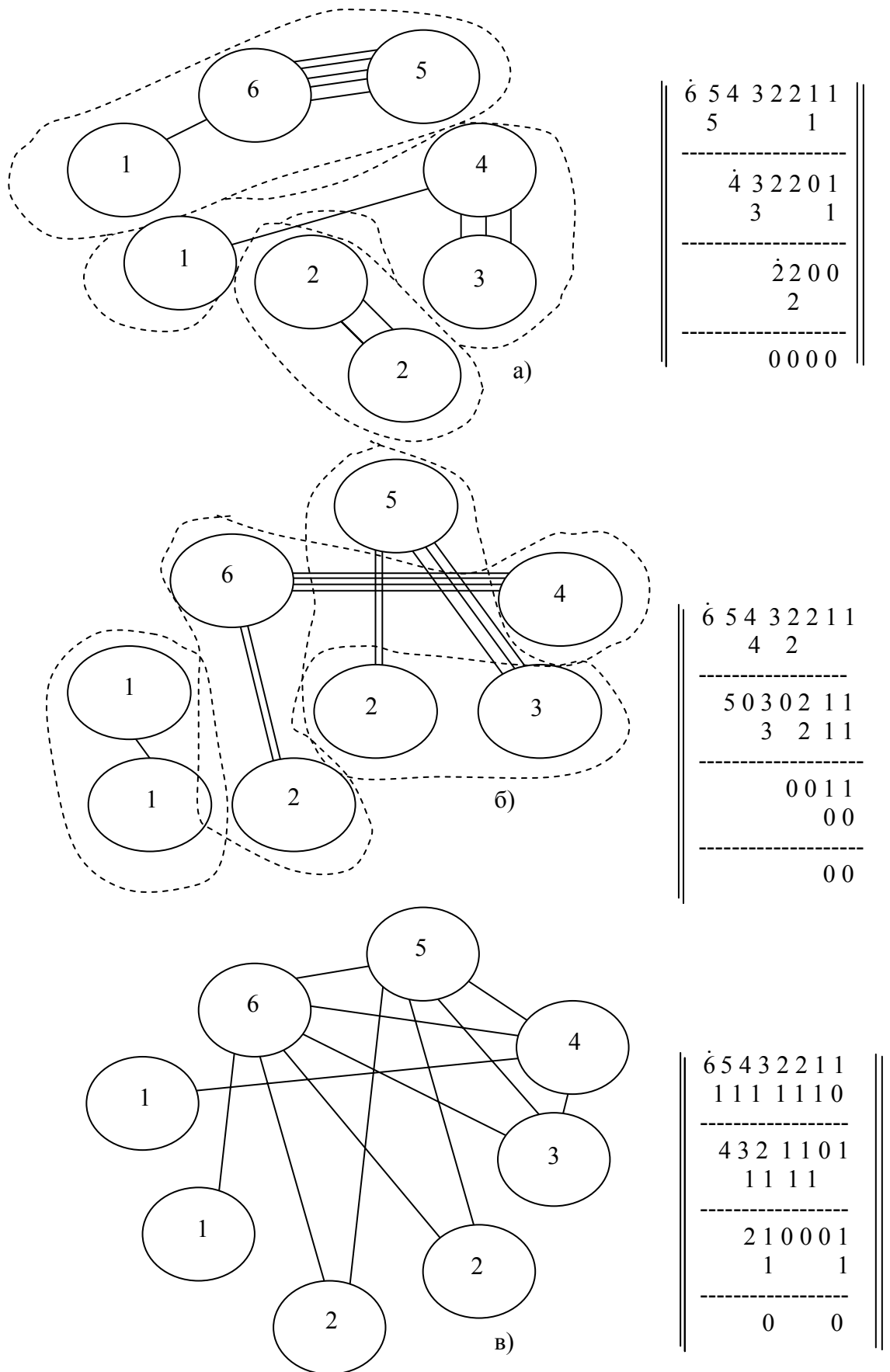


Рис. 9. Моделювання зв'язками компонентів

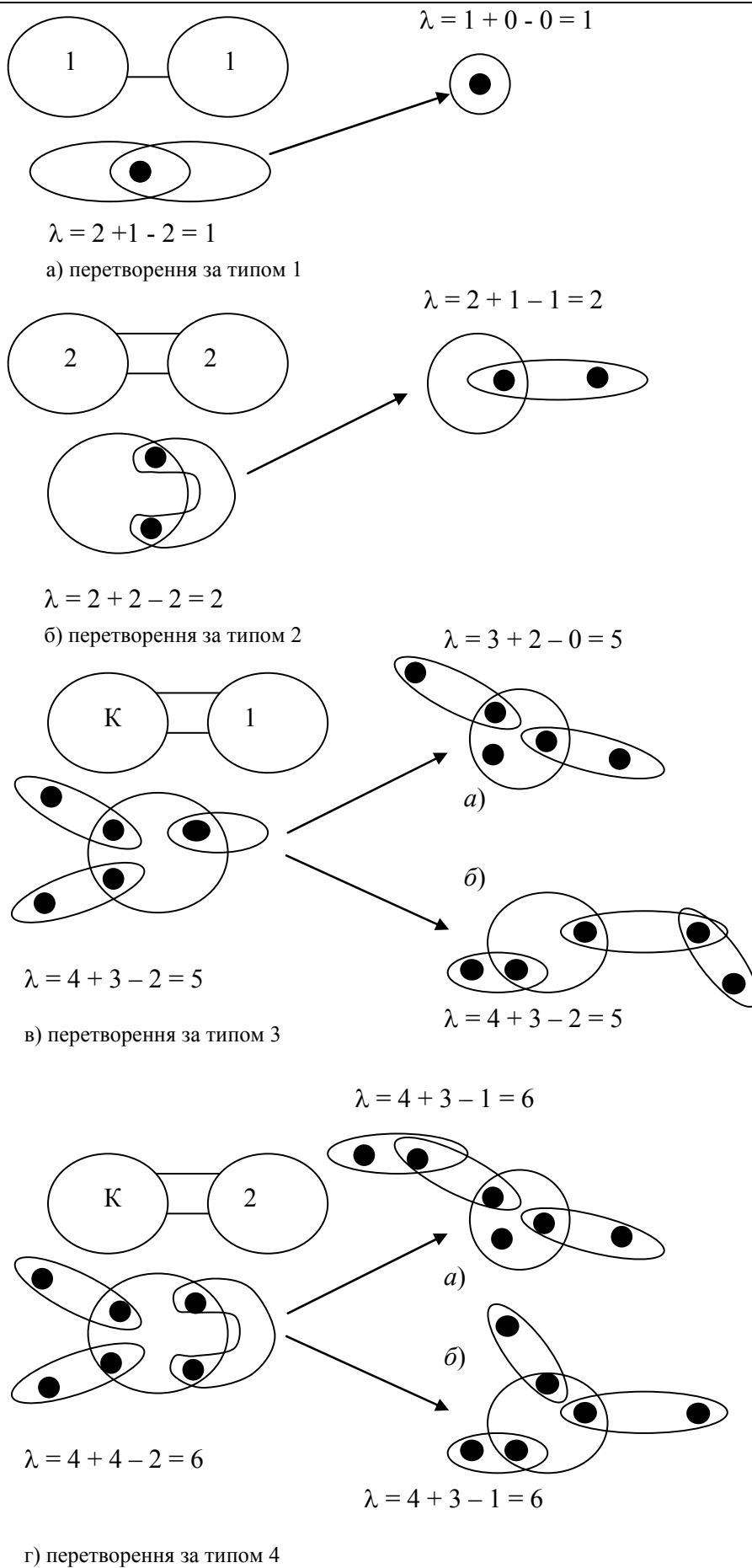


Рис. 10. Способи перетворення структур

Правило 1. При структурному перетворенні за типом 1 характеристики розбиття коригуються

$\delta := \delta - 2, \Delta := \Delta - 1, p := p - 1.$

П р а в и л о 2. Перетворення структури за типом 2 передбачає переозначення характеристик $\delta := \delta - 1, \Delta := \Delta - 1.$

П р а в и л о 3. Перетворення структури за типом 3а передбачає зміну характеристик $\Delta := \Delta - 1, p := p - 1, \delta := \delta - 2.$

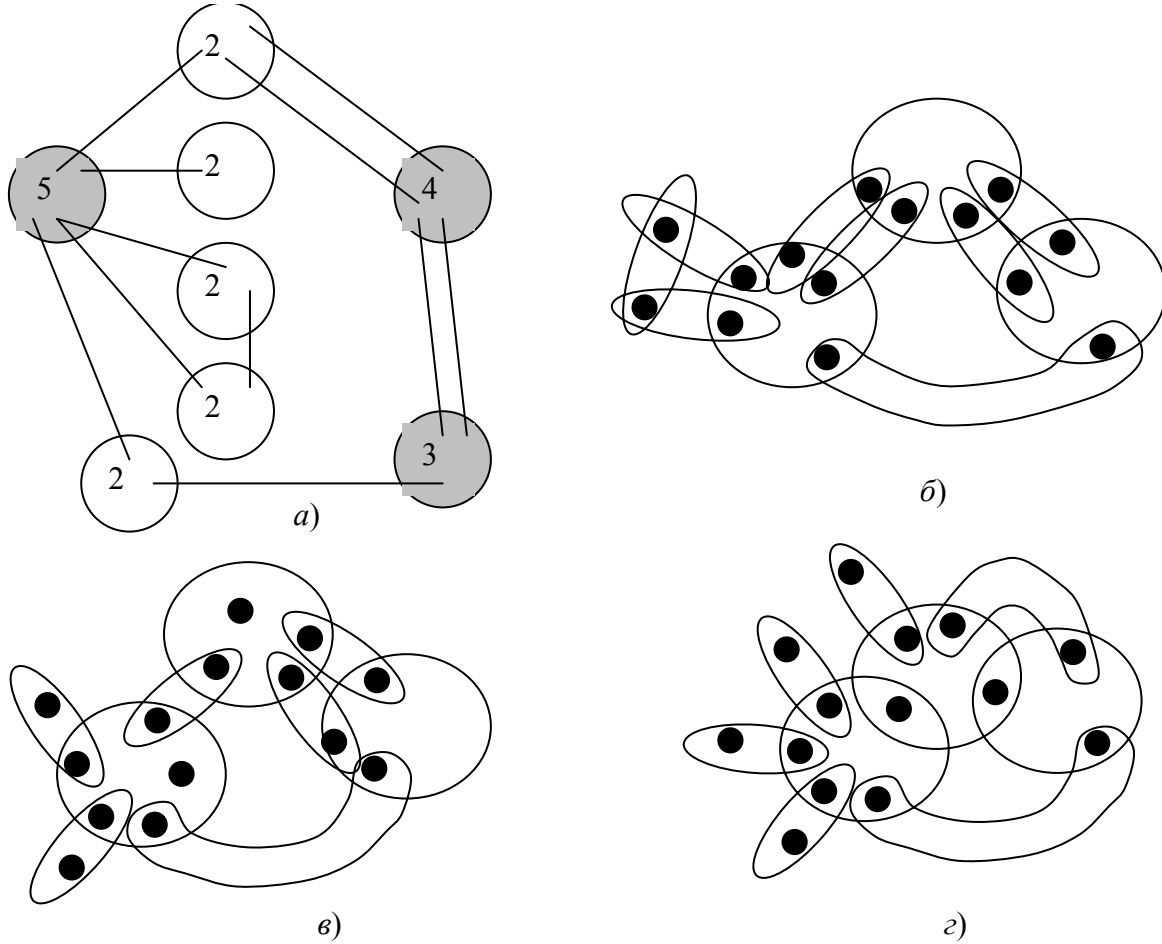


Рис. 11. Проектування компонентної структури при t_{max}

П р а в и л о 4. Перетворення результуючої структури за типом 4, а і 4, б передбачає зміну характеристик

$$\delta := \delta - 1, \Delta := \Delta - 1.$$

Розглянемо роботу алгоритму на прикладі для $\lambda = 14$. Нехай на кроці 3 буде згенеровано вектор складностей $L = (0, 1, 1, 1, 1)$. На кроці 5 вибираємо значення $\Delta = 8$. Нехай також на кроці 7 алгоритму буде зафіксоване розбиття числа $\varphi(N, m) = (A_1, A_2, \dots, A_5) = (0, 10, 3, 4, 5) = \lambda + \Delta = 22$. Відображення ψ дає наступний вектор послідовностей складностей компонентів (2, 3, 4, 5) (крок 8). Встановлюємо, що на кроці 9 для всіх $i \in \overline{1, m}$ його елементів виконується умова $\left\lfloor \frac{A_i}{\psi(i)} \right\rfloor = \frac{A_i}{\psi(i)}: a_2 = \frac{A_2}{\psi(2)} = 5,$

$$a_3 = \frac{A_3}{\psi(3)} = 1, \quad a_4 = \frac{A_4}{\psi(4)} = 1, \quad a_5 = \frac{A_5}{\psi(5)} = 1. \quad \text{На кроці 10 формується вектор}$$

$(A_m^1, A_{m-1}^1, \dots, A_1^1) = (5, 4, 3, 2, 2, 2, 2, 2)$ розбиття складностей компонентів. Реалізацію алгоритму можна побачити на прикладі перетворення матриці формування зв'язків фрагментів схем (крок 11).

$$\begin{array}{r}
 N = 5 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 5 \\
 \downarrow \\
 N_1 = 6 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 5
 \end{array}
 \left\| \begin{array}{l}
 \dot{5} \ 4 \ 3 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \\
 \quad 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 \dot{4} \ 3 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \\
 \quad 2 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 \dot{1} \ 0 \ 0 \ 1 \ \dot{1} \ 1 \\
 \quad \quad 1 \ 0 \ 1 \\
 \hline
 \quad \quad 0 \quad 0
 \end{array} \right\|$$

На рис. 11 показано формування компонентної структури: на рис. 11, *a* – ескіз структури; на рис. 11, *b* – початковий вигляд; на рис. 11, *в* – після усунення надлишковості перетину; на рис. 11, *г* – кінцевий вигляд, наприклад, при максимальному числі НПЛ-ланцюгів.

Висновки

1. Знайдено формальний метод формування компонентних відносин (зв'язків між складними елементами розбиття), який лежить в основі процедурного підходу до діагностування цифрових пристроїв.

2. Вибір кінцевих варіантів комп'ютерного розбиття цифрових об'єктів (або їх відхилення, як некоректних утворень) серед множини згенерованих структур доцільно здійснювати на основі запропонованих правил корегування.

3. Показано, що в оптимальних структурах формуються такі відносини компонентних утворень, характеристики яких співпадають з характеристиками повних графів при визначеній глибині діагностування цифрових об'єктів.

Література

1. Перевозников С. И., Очкуров М. А., Озеранський В. С. Стратегії прискореного діагностування цифрових пристроїв // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – № 1. – С. 44-55.
2. Перевозников С. И. Анализ свойств и характеристики компонентных структур цифровых устройств для систем внутрисхемного тестового диагностирования // Электронное моделирование. – 2001. – Т. 23, № 3. – С. 70-78.
3. Разработка программного обеспечения для систем покомпонентного диагностирования цифровых устройств / Перевозников С. И., Биличенко Н. А., Озеранский В. С., Перевозникова Н. С // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2003. – № 2. – С. 132-138.

Надійшла 15.9.2009 р.

УДК 681.142

А.Р. ВОРОНИЧ

Карпатський державний центр інформаційних засобів і технологій НАН України

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ ЗІ ЗМІННОЮ ЕНТРОПІЄЮ ДЛЯ ПРОВІДНИХ І БЕЗПРОВІДНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

В статті представлено метод формування та опрацювання шумоподібних ентропійно-маніпульованих сигналів, як в провідних, так і в безпровідних системах. Запропонований метод характеризується захищеністю від впливу інтенсивних промислових завод і несанкціонованого доступу.

The method of forming and working of noise-type entropic- manipulated signals is presented in the article, both in the leading and in wireless systems. The offered method is characterized by protected from influence of intensive industrial hindrances and unapproved access.

Ключові слова: комп'ютерні системи, формування сигналів.

Вступ. В галузі інформаційних технологій активно ведуться роботи, щодо впровадження сучасних безпровідних технологій на низових рівнях розподілених комп'ютерних систем (РКС). Сучасні технології передавання даних повинні забезпечувати високий захист від впливу інтенсивних промислових завод і несанкціонованого доступу. Такий рівень захисту надають методи формування сигналів зі змінною ентропією, як для провідних, так і безпровідних комп'ютерних систем.

Аналіз методу формування та опрацювання маніпульованих сигналів зі змінною ентропією, обчислюваною за дисперсією. Мірою заводостійкості обміну дискретними повідомленнями є залежність ймовірності спотворення двійкового символу від відношення енергії сигналу та спектральної густини

потужності завади, а також залежність відношення потужностей сигнал/завада в точці прийняття рішень від такого відношення на вході спецпроцесорів опрацювання сигналів.

В роботах [1, 2] запропоновано амплітудно-ентропійний метод маніпуляції сигналів для низових рівнів РКС. В основу методу покладено амплітудний метод маніпуляції широкосмугових сигналів з пасивною паузою та його опрацювання на основі обчислення дисперсії диференційної ентропії:

$$H_{dn}(x) = \log_2 \sqrt{2\pi\sigma(x)^2}, \quad (1)$$

де $\sigma(x)^2$ – дисперсія вхідного сигналу x . При цьому залежність ймовірності спотворення двійкового символу розраховується на основі виразу:

$$P_b = Q \left(\frac{\log_2 \left(1 + 2 \frac{S}{N} \right)}{4\sigma_0} \right), \quad (2)$$

або спрощених залежностей:

$$P_b \approx Q \left(0,245 \cdot \log_2 \left(1 + 2 \frac{S}{N} \right) \cdot \sqrt{n-1} \right); \quad (3)$$

$$P_b \approx Q \left(0,245 \cdot \log_2 \left(1 + \frac{4E_b}{N_0 n} \right) \cdot \sqrt{n-1} \right), \quad (4)$$

де E_b – середня енергія, що припадає на один оброблюваний двійковий символ, N_0 – спектральна густина потужності завади, S – середня потужність корисного сигналу, N – середня потужність завади, σ_0 – середньоквадратичне відхилення завади на виході блоку оцінювання ентропії; $Q(x)$ – гаусів інтеграл помилок.

Перевагою методу є більш простий алгоритм опрацювання сигналів на основі розрахунку ентропії згідно диференційної ентропії в порівнянні з кореляційними методами.

Описаний метод характеризується рядом недоліків: є особливо чутливий до впливу мультиплікативних широкосмугових завад, що мають місце на низових рівнях РКС; не є оптимальним, оскільки не дозволяє застосувати найбільш ефективне інтегрально-диференціальне цифрове опрацювання з виживанням; не забезпечує фазонечутливу символну синхронізацію, тобто обмежує об'єм даних між старто-стопними блоковими сигналами.

З іншої сторони, при передаванні даних невеликими блоками в побайтовому режимі, наявність кодів преамбули, флагів, та біт-стафінга призводить до 3-5-и кратної надлишковості потоків даних на низових рівнях РКС.

Метод квазітрійкового формування широкосмугових ентропійно-маніпульованих сигналів для комп'ютерних систем з фізичними каналами. Суть методу формування та опрацювання квазітрійкових сигналів зі змінною ентропією (рис. 1) полягає в тому, що двійковим символам інформаційного повідомлення ставиться у відповідність значення розподілу ентропії сигналу [3, 4]. Так, в каналі зв'язку є постійна складова (рис. 1,а), яка використовується для позначення повторення, початку і кінця повідомлення. Інформаційним символам «0» (рис. 1, б) і «1» (рис. 1, в) ставиться у відповідність значення ентропії шумоподібного сигналу з маніпульованим математичним сподіванням.

Приклад квазітрійкового сигналу зі змінною ентропією для інформаційного повідомлення розміром в 1 байт зображено в табл. 1, де: I – структура фрейма, II – реалізація фізичного рівня ентропійноманіпульованих сигналів, III – квазітрійковий код маніпульованих сигналів, IV – характеристики Гаусівського розподілу сигналів зі змінною ентропією.

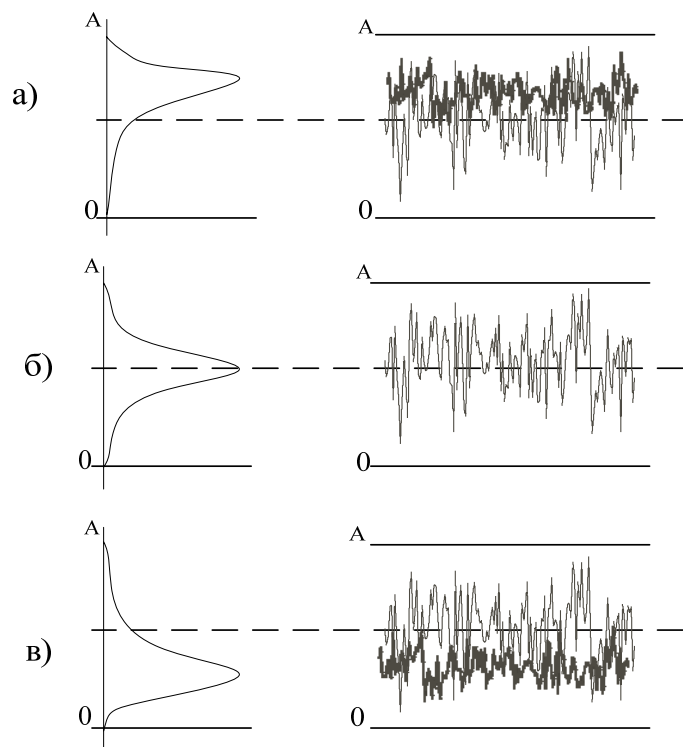


Рис. 1. Представлення інформаційних повідомлень при маніпуляції квазітрійкових сигналів зі змінною ентропією: а) «1»; в) «синхро»; б) «0»

Як видно із таблиці 1, за допомогою квазітрійкового сигналу можна не змінюючи структуру сигналу організувати «старт» і «стоп» біти, а також виключити повторення інформаційних символів, що забезпечує якісну бітову синхронізацію.

Таблиця 1

Приклад квазітрійкового сигналу зі змінною ентропією

I	START	0	1	1	0	0	1	0	1	STOP		
II												
III	с	с	0	1	с	0	с	1	0	1	с	с
IV												

Метод формування та опрацювання шумоподібних ентропійно-маніпульованих сигналів для комп'ютерних систем з безпроводними каналами. При формуванні та опрацюванні шумоподібних ентропійно-маніпульованих сигналів у безпроводних комп'ютерних системах виникає проблема, яка полягає в тому, що антена, яка використовується для безпроводної передачі сигналів виступає в ролі диференціюючої ланки, що призводить до неможливості маніпуляції сигналів на основі математичного сподівання в смузі шуму. Тому коректне розшифрування прийнятої інформації, набагато ускладнюється чи унеможлиблюється взагалі.

Для вирішення даної проблеми в передаючій пристрій потрібно ввести інтегруючу ланку, яка б формувала попередньо інтегрований сигнал і перекривала дію антени, як диференціатора. На рис. 2 показаний запропонований метод формування інтегральноманіпульованих шумоподібних сигналів.

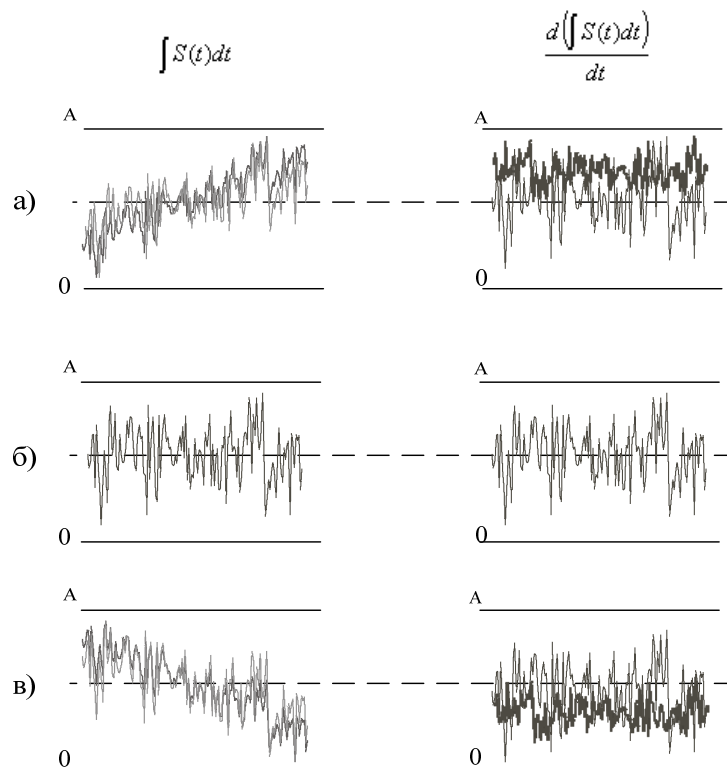


Рис. 2. Представлення інформаційних повідомлень для інтегральноманіпульованих шумоподібних сигналів: а) «1»; в) «синхро»; б) «0»

Структура спецпроцесора, який можна використовувати в якості генератора і приймача для формування ентропійноманіпульованих сигналів, зображена на рис. 3.

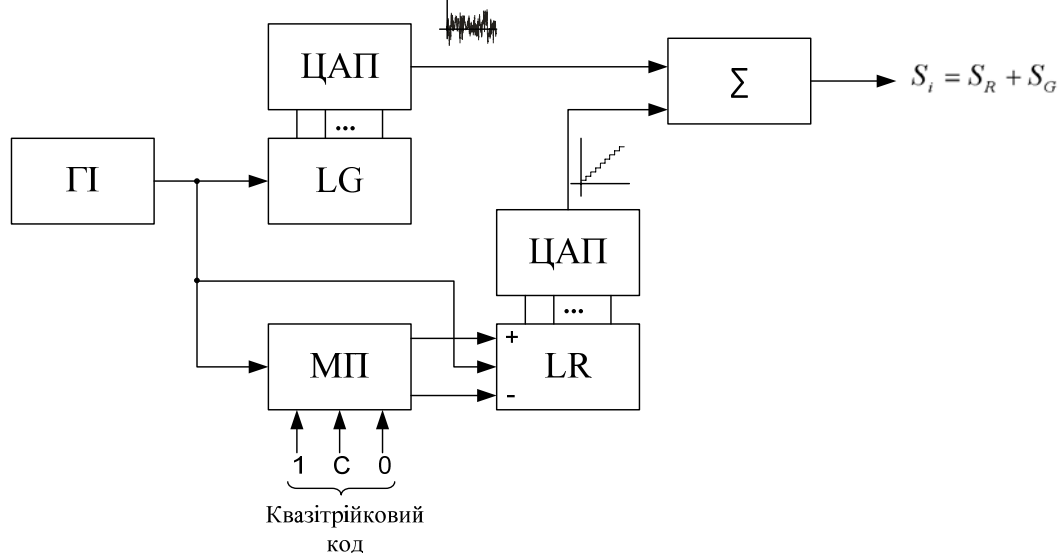


Рис. 3. Структура спецпроцесора формування інтегральних ентропійноманіпульованих квазітрійкових шумоподібних сигналів: ГІ – генератор імпульсів, ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач, LG – лічильник Галуа, МП – мультиплексор, LR – лічильник Радемахера, Σ – суматор

Висновки

Запропонований метод формування та опрацювання шумоподібних ентропійно-маніпульованих сигналів як в провідних, так і в безпроводних системах є доволі перспективним і характеризується захищеністю від впливу інтенсивних промислових завод і несанкціонованого доступу. Запропонована структура спецпроцесора формування інтегральних ентропійноманіпульованих квазітрійкових шумоподібних сигналів потребує подальших глибоких теоретико-прикладних досліджень особливо в аспекті апаратної реалізації на базі мікропроцесорних платформ для вдосконалення РКС.

Література

1. Козленко М. І. Мельничук С. І. Дослідження завадостійкості способу передавання та приймання інформації на основі широкосмугових сигналів із змінною ентропією для дискретних повідомлень // Електроніка та зв'язок. – 2007. – 2 (37), 2007.
2. Пат. 81017 Україна, МПК (2006) H084B 1/69. Спосіб передавання та приймання інформації / Мельничук С.І., Козленко М.І. (Україна). – № а 2005 08893; заявл. 19.09.2005; опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19.
3. Николайчук Я. М., Зевелев С. Синтез структуры цифрового модема с трехчастотной манипуляцией // Автоматизация и теле-механизация нефтяной промышленности. – № 4. – 1977.
4. А.С. № 851460. Николайчук Я. М., Турчанинов Ю. Н., Зевелев С. Я. Способ магнитной записи цифровой информации. – Бюллетень № 28. – 1981.

Надійшла 13.9.2009 р.

МЕТОД ЗДОБУТТЯ ЗНАНЬ ДЛЯ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ

У роботі запропоновано метод здобуття знань для систем інтелектуального діагностування мікропроцесорних систем. Метод забезпечує виявлення нових знань та усунення недовизначеностей у базах знань шляхом виявлення правил залежностей між підмножинами атрибутів, що відповідають властивостям об'єктів діагностування, та ієрархічних залежностей між самими прикладами.

In work is offered the method of receipt of knowledges for the systems of the microprocessor systems intellectual diagnosing. The method is provided by the exposure of new knowledges and removal of ambiguity in the bases of knowledges by the exposure of dependences rules between the subsets of attributes that answer properties of the objects diagnosing, and hierarchical dependences between examples.

Ключові слова: мікропроцесорні системи, діагностування.

Вступ. Сучасні мікропроцесорні системи (МПС) є складними апаратно-програмними системами, для діагностування яких використовують інтелектуальні системи діагностування (ІСД) [1], або системи діагностування, що використовують окремі компоненти штучного інтелекту [2, 3].

Обов'язковою складовою таких систем є база знань (БЗ) чи інші модулі, починаючи з окремих файлів зі знаннями, і аж до сховищ знань, у яких зберігаються знання, необхідні для реалізації процесу інтелектуального діагностування (діагностичні знання). Ефективність інтелектуального діагностування МПС у великій мірі визначається складом та повнотою знань про об'єкти діагностування, особливостями процесу діагностування, методами та алгоритмами діагностування і т. і.

Машинне навчання дає можливість покращити якість функціонування систем діагностування та автоматизувати процес одержання нових знань шляхом аналізу результатів попередніх успішних чи невдалих сеансів діагностування.

Суттєвий вклад у розширення поля знань предметної галузі "інтелектуальне діагностування МПС" і наповнення його діагностичною інформацією для машинного навчання є приклади реалізації процесу діагностування МПС, здобуті з Web, e-mail, форумів та блогів. Такі приклади необхідно знаходити, перевіряти, узагальнювати та накопичувати їх у базах знань ІСД МПС.

Метою статті є розроблення методу здобуття знань для систем інтелектуального діагностування на основі прикладів реалізації процесу діагностування МПС.

Огляд відомих рішень. *Функціонування систем міркувань на основі прикладів (CBR систем)* базується на результатах попередніх рішень, які називають прикладами [4, 5]. Приклади рішень багаторазово використовуються у нових ситуаціях в адаптованому вигляді.

На сьогодні існує ряд реалізацій прикладних систем технічного діагностування, висновки яких базуються на попередніх прикладах розв'язання задач.

У [6] для представлення прикладів використовуються ідентифікаційний номер, частота, ознаки та дії щодо об'єктів діагностування. Для пошуку використовується метрика оцінки прикладів, що базується на їх подібності чи відмінності. Обговорюється проблема створення бази прикладів для нових задач і її розв'язання з використанням двох баз прикладів – загальної та спеціалізованої. Загальна база прикладів зберігає діагностичні правила, що створені на основі причинно-наслідкових зв'язків "ознака – несправність". Спеціалізована база формується на основі прикладів, характерних для конкретної задачі з врахуванням їх частот.

У [7] представлено нарощувану систему діагностування електронної апаратури, що базується на прикладах. Для початкового пошуку придатних прикладів використовується їх мінімальний опис. Множина підходящих прикладів перевіряється тестами, які запускає діагност. Результати тестів використовуються для визначення відмінностей та відбору придатних прикладів.

Систему діагностування цифрових схем на етапі виробництва після операції електронного монтажу описано у [8]. Діагностування проводиться у реальному часі. Спочатку виконується пошук підходящих прикладів та проводяться додаткові тести з використанням технологій динамічного програмування чи евристичного аналізу для оптимізації відібраної множини прикладів. База прикладів оновлюється після кожного сеансу діагностування з врахуванням нововиявлених типів несправностей. Після 5 тижнів експлуатації система виявляла 95 % несправностей.

Ряд баз знань будується на основі наявних баз даних та прикладів [9]. Такий підхід вирішує проблему надбання експертних знань та автоматичної їх генерації на основі вже існуючих ресурсів. Він використовується для тих областей, де вже є великі масиви даних, а для нових областей він не є корисним [10].

У [11] описано базу знань, що була створена на основі бази даних фірми General Motors. Використовувана база даних містила 300 тис. прикладів виявлення ознак несправностей та інформацію

щодо усунення несправностей. Для формування правил з цих даних використовувалися методи побудови дерев рішень на основі розширеної форми алгоритму ID3 [12]. Цей алгоритм використовував приклади з бази даних для генерації дерев рішень, які далі були основою для формування діагностичних правил. Розширення алгоритму полягало у наявності незавершених (неповних) наборів даних, що з'являлись тоді, коли використовувалися множини прикладів були недостатніми для визначення єдиного заключного результату. Використання вже наявної інформації для автоматизації створення баз знань дало змогу значно прискорити процес їх створення та частково вирішити проблему надбання знань.

Однак цей підхід може бути використаний лише у тих областях, де вже створені великі бази даних. Він неприйнятний для створення систем діагностування нових моделей МПС [13].

Отже, ефективність CBR систем діагностування залежить від наявності даних для створення баз прикладів (часто використовуються статистичні або змодельовані дані), ефективності використовуваних методів пошуку, відбору та адаптування прикладів. Основним недоліком CBR систем є те, що результати та висновки системи діагностування не є очевидними і іноді їх важко логічно обґрунтувати.

Діагностування МПС на основі прикладів розв'язання задачі діагностування. Для забезпечення можливості повторного використання прикладів при реалізації процесу діагностування МПС необхідно:

- організувати представлення прикладів у системі діагностування;
- забезпечити пошук прикладів, адекватних ситуації, що склалася;
- налагодити повторне використання прикладів;
- періодично переглядати приклади та адаптувати їх;
- зберігати та досліджувати нові приклади.

Представлення прикладів містить рішення, що описує історію прикладу у відповідності до структури представлення змісту прикладу, і рішення, що відповідають схемі індексації прикладів, для організації ефективного пошуку у базі прикладів.

Пошук прикладів передбачає такі кроки, як ідентифікація ознак, що описують проблему чи ситуацію, використання ознак для пошуку подібних прикладів у пам'яті системи діагностування (вони оцінюються за ступенем схожості) та фінальне узгодження поточного прикладу за допомогою більш детального аналізу прикладів, відібраних на попередньому кроці. Таким чином обирається найбільш адекватний приклад [5].

Повторне використання прикладу полягає у визначенні відмінностей між попередньою та поточною ситуацією і пристосуванні попереднього прикладу до ситуації, що розглядається. Загальні форми адаптації включають заміну старих значень атрибутів прикладу новими та їх перетворення з використанням евристик.

Перегляд прикладу полягає у якісній оцінці рішень на основі прикладу, відібраного для повторного використання, і, при потребі, заміні тих частин рішень, що вносять неадекватність. Також здійснюється оцінка ефективності використання рішення у реальній ситуації, що дає змогу у подальшому підвищити адекватність використання прикладу.

Після кожного використання прикладу у базу знань додається інформація, що стосується ролі прикладу при вирішенні задачі. У базу знань вноситься інформація не тільки про вдалі приклади рішень, а й про ті, що призвели до помилкових результатів. Це потрібно для того, щоб не повторювати помилок, зроблених при розв'язанні попередніх задач діагностування.

Збереження результатів розв'язання задач діагностування здійснюється у вигляді доповнення існуючих прикладів або додавання нового прикладу у БЗ.

Метод здобуття знань на основі прикладів діагностування МПС. Частина діагностичних знань предметної галузі "інтелектуальне діагностування МПС" представлена у формі прикладів реалізації процесу діагностування. Називатимемо такі знання CBR базою знань. Для очищення і підвищення якості CBR бази знань використаємо метод аналізу формальних понять (АФП) [14].

Основою методу аналізу формальних понять є твердження, що за будь-яким бінарним відношенням можна однозначно побудувати повну решітку. АФП використовують для аналізу даних, представлення знань та управління інформацією. Діагностичну інформацію представимо за допомогою формального контексту – таблиці, рядками якої є приклади реалізації процесу діагностування $G = \{g_i\}_{i=1}^p$, а стовпцями –

атрибути $M = \{m_j\}_{j=1}^q$, що відповідають властивостям об'єкту діагностування, про який йде мова у прикладі. Якщо приклад має властивість, що представлена атрибутом, то на перетині стовпця і рядка стоїть "1", тобто визначено відображення $I \subseteq G \times M : (g, m) \in I$.

Використання прикладів ускладнюється їх різнотипністю та неформалізованістю опису, неточностями та дублюванням діагностичної інформації, тому перед занесенням прикладів у CBR базу знань їх необхідно попередньо опрацювати, привівши до загальної форми представлення прикладу. Приклади занесемо у таблицю, стовпці якої є переліком атрибутів (властивостей об'єктів діагностування), а стрічки є прикладами, що містяться у базі знань. Якщо атрибут присутній при описі прикладу, то на перетині стрічки прикладу та стовпця з атрибутом ставиться "1", інакше "0" (таблиця 1).

У результаті усі приклади описуються бінарними послідовностями довжини, рівної кількості атрибутів предметної галузі. Порівняння та аналіз цих бінарних послідовностей дає змогу виявити схожі приклади та узагальнити їх. Таке представлення відповідає представленню діагностичної інформації у

вигляді набору виду "приклад реалізації процесу діагностування – властивість об'єкту діагностування, що використовується у прикладі".

Таблиця 1

Табличне представлення прикладів розв'язання задач діагностування МПС та відповідних їм властивостей об'єктів діагностування

	m_1	m_2	...	m_q
Приклад 1	1	0	...	1
Приклад 2	1	0	...	0
Приклад 3	0	1	...	1
...
Приклад р	0	0	...	1

Формальним контекстом K називають трійку: $K = (G, M, I)$. Нехай $\forall X \subseteq G$ існує множина їх спільних атрибутів: $X' = \{m \mid m \in M, \forall g \in X : g I m\}$, а для $Y \subseteq M$ визначена множина $Y' = \{g \mid g \in G, \forall m \in Y, g I m\}$, елементами якої є приклади, яким відповідають усі атрибути з Y .

Пару (X, Y) називають *формальним поняттям* контексту K , якщо $X = Y'$ і $Y = X'$, X називають об'ємом, а Y – вмістом поняття (X, Y) . Множина $B(K) = \{(X, Y)\}$ представляє множину усіх *понять* контексту K . Формальне поняття (X_1, Y_1) є підпоняттям поняття (X_2, Y_2) , якщо $X_1 \subseteq X_2$ або $Y_1 \supseteq Y_2$. Тоді виконується умова, що $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2)$. Це відношення задає на множині усіх понять замкнуту решітку $(B(K); \leq)$, яку називають *решіткою понять*.

Відношення порядку на множині усіх понять формального контексту предметної галузі "Інтелектуальне діагностування МПС" визначає структуру узагальнюючих понять цієї предметної галузі і ієрархію прикладів, що описують результати розв'язання задач з цієї предметної галузі. Візуалізацію решіток понять здійснимо за допомогою ациклічних розмічених орграфів, котрі називають *діаграмами Хассе*.

Для відображення M побудуємо діаграму Хассе, що фактично є формалізованим представленням прикладів – контекстом процесу інтелектуального діагностування. Висхідні частини лінії сегменту представляють відношення – підпоняття-суперпоняття. Відповідно до [15] діаграма Хассе відображає ієрархію прикладів з механізмом відповідності їм атрибутів, а ієрархія прикладів, у свою чергу, відображає множинне наслідування атрибутів (рис. 1).

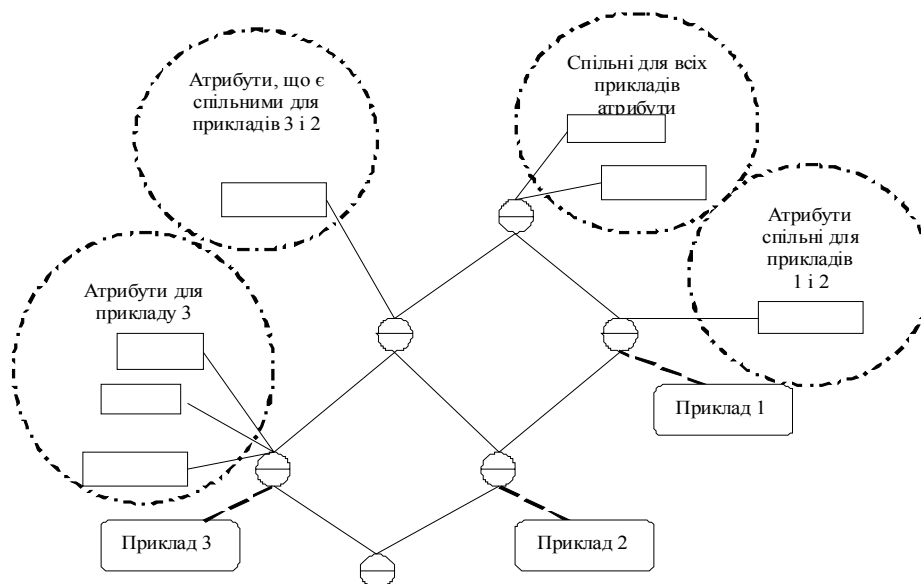


Рис. 1. Діаграма Хассе, що відображає ієрархію прикладів розв'язання задач діагностування МПС

Ієрархія прикладів, побудована на основі діаграми Хассе, має властивості:

- $(X, Y) \in B(K)$;
- приклад (X_2, Y_2, G_2) є більш загальним описом процесу розв'язання задачі діагностування ніж приклад (X_1, Y_1, G_1) якщо $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2)$;

- множини відмінних ознак двох, будь-яких прикладів диз'юнктивні: $G_1 \cap G_2 = \emptyset$.

Діаграма дає можливість виявити правила залежностей між підмножинами атрибутів та ієрархічні залежності між прикладами. Виявлення таких залежностей дозволяє визначити релевантність прикладів ситуаціям чи запитам користувача. Залежності між прикладами представляються у формі правил залежностей атрибутів, що описують приклади.

Наприклад:

Правило 1. Атрибути, що стоять у нижчих вузлах, базуються на атрибутах, що знаходяться вище: $M1 \rightarrow M2$, де $M1, M2 \subseteq M$.

Правило 2. Атрибути, що знаходяться у одному вузлі, є співатрибути (характеристиками) усіх атрибутів для усіх випадків прикладу: $\{M1 \rightarrow M2\} \text{ AND } \{M1 \rightarrow M2\}$, де $M1, M2 \subseteq M$.

У результаті одержимо базу правил-продукцій, які описують усі відомі приклади, ієрархію відношень прикладів, а також залежності їх атрибутів.

Суть методу здобуття знань полягає в наступному:

- формується база прикладів розв'язання задачі діагностування МПС;
- складається перелік властивостей-атрибутів об'єктів діагностування, що згадуються у прикладах;
- будується табличне представлення прикладів розв'язання задач діагностування МПС та відповідних їм властивостей об'єктів діагностування;
- генеруються відповідні табличному представленню бінарні послідовності опису прикладів;
- будується діаграма Хассе, що відображає ієрархію прикладів розв'язання задач діагностування МПС з механізмом відповідності їм атрибутів;
- на основі діаграми генерується множина правил залежностей атрибутів, що описують приклади;
- правила переглядаються та коригуються експертами.

Якщо виявлено невірне правило, то експерт створює контрприклад, який руйнує невірний зв'язок прикладу та відповідних йому атрибутів. Коригуються табличне представлення прикладів та діаграма Хассе. Таким чином усуваються недовизначеності у базі прикладів, а відповідно підвищується і якість рішень задач діагностування на основі цих прикладів.

При вирішенні задач діагностування пошук прикладу у базі знань здійснюється наступним чином:

- запит користувача представляється у вигляді назви об'єкта діагностування та списку тих його атрибутів, що цікавлять користувача;
- запит перетворюється у бінарну послідовність;
- відбір прикладів, релевантних запиту, здійснюється на основі опрацювання отриманої від користувача бінарної послідовності та виявлення відповідних їй правил залежностей атрибутів, що описують приклади, з подальшим відбором адекватних запиту прикладів.

Процес пошуку прикладу (-ів), що відповідає запиту, представлено на рис. 2.

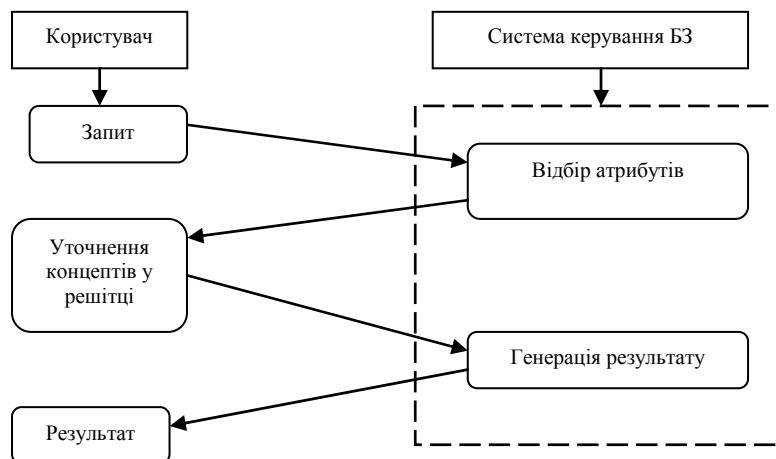


Рис. 2. Процес пошуку прикладів у базі знань, що релевантні запиту користувача

Програмне забезпечення здобуття знань для інтелектуальних систем діагностування МПС.

Для створення БЗ предметної галузі "інтелектуальне діагностування МПС" необхідно автоматизувати представлений метод шляхом розроблення програмного забезпечення для:

- заповнення таблиць прикладів рішень;
- формування таксономії класів предметних галузей "діагностування МПС" та "штучний інтелект";
- побудови діаграми Хассе.

Для побудови БЗ предметної галузі "інтелектуальне діагностування МПС" використовувався перелік понять з предметних галузей: "діагностування МПС" та "штучний інтелект".

Заповнення словників та таблиць здійснювалося на основі діагностичних знань, отриманих

експертним шляхом та на основі прикладів рішень задачі діагностування МПС із врахуванням явних та прихованих рівнів діагностичної інформації.

Встановлення зв'язку між поняттями, котрі вносяться до таблиць БЗ здійснюється за принципом: якщо об'єкту належить відповідна властивість, то на перетині рядка і стовпця ставиться – «1», інакше – «0», якщо недостатньо діагностичної інформації, щоб визначити належність властивості об'єкту – «?».

Зовнішній вигляд словника предметної галузі "діагностування МПС" наведено на рис. 3.

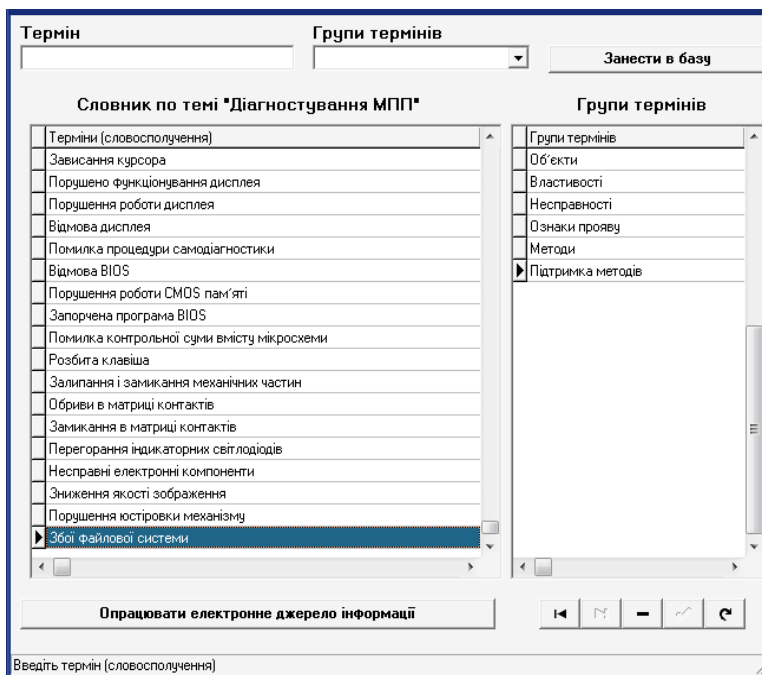


Рис. 3. Словник предметної галузі "діагностування МПС"

Предметну галузь "діагностування МПС" описано таблицями: "МПС та їх типові характеристики", "МПС та їх типові несправності", "типові несправності МПС та ознаки їх прояву", "типові несправності МПС та методи їх виявлення" і "методи виявлення несправностей та їх підтримка".

На рис. 4 наведено фрагмент таблиці "типові несправності МПС та їх ознаки прояву". Предметна галузь "штучний інтелект" описується аналогічно.

Аналіз відношень між об'єктами та їх властивостями забезпечується автоматичною генерацією таксономії класів, що розроблялася окремо для кожної предметної галузі.

Для побудови таксономії із загальної кількості записів, що містяться у таблицях виду "об'єкт – властивість" визначаємо кількість рівнів ієрархії, формуємо надклас з об'єктів та підкласи для кожного виявленого класу. Виявлення класів здійснюється на основі констатації факту наявності тих чи інших властивостей у окремого об'єкта. Наприклад, для предметної галузі "діагностування МПС", формуємо клас типових несправностей об'єкта в таксономії класів та, поки є ознаки прояву, формуємо підкласи для цього класу.

Приклад побудови таксономії класів для предметних галузей "діагностування МПС" та "штучний інтелект" наведено на рис. 5.

Типові несправності компонентів комп'ютерної системи та ознаки їх прояву																			
Зберегти виправлення Додати термін до словника																			
Локалізувати за несправностями об'єкт :																			
Несправність	Суб'єктивні фактори	Вузко реалізовані базові функції	Некоректна величина чергування	Порушення герметизації	Збільшення кількості перешкод в лінії	Завищена напруга живлення	Підвищене для старішого розрядів	Потрешення якості каналу зв'язку	Зависання віддаленого комп'ютера	Помилкове живлення ліній зв'язку	Надвелький сигнальний провід	Зовнішні експлуатаційні фактори	Внутрішні експлуатаційні фактори	Переплади напруги в мережі	Встановлено некоректний драйвер	Підано заборонені комбінації сигналів	Невірний діапазон адрес	Неправильне розташування перемичок	Слабке використання ліній запису
Помилка файлової системи	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Неможливість встановлення ОС	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Довільна зміна розмірів програми	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Порушення цілісності роботи ОС	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Фатальна помилка	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
Перепрів компонентів	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Зависання комп'ютера	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	?	1	1	1	1
Перехід в режим BSOD	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Програмні збої в роботі	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	?	1	1	1	1	1
Відмова головок чит/запису	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Відмова контролера	0	0	0	0	?	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Помилка розцентровки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?	1	0	0	0	0	0	0	0
Помилка розташування термоблоку	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Відмова механіки	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 4. Фрагмент таблиці типові несправності МПС та ознаки їх прояву

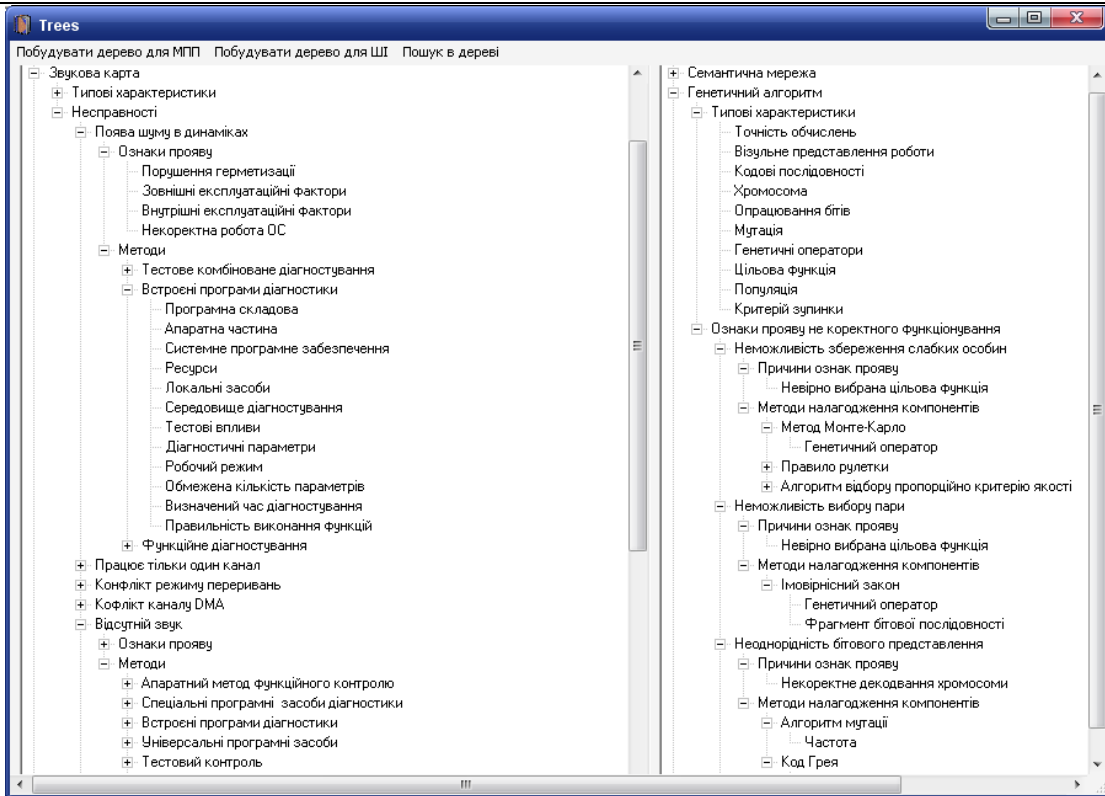


Рис. 5. Таксономія класів предметних галузей "діагностування МПС" та "штучний інтелект"

На основі таблиць, з яких складається БЗ предметної галузі "інтелектуальне діагностування МПС", здійснюється класифікація об'єктів цієї предметної галузі, агрегування об'єктів, тобто об'єднання їх у класи, та асоціювання об'єктів з врахуванням кількості різних властивостей для двох класів.

Розроблену базову таксономію класів об'єктів предметної галузі "інтелектуальне діагностування МПС" можна доповнювати при появі нової діагностичної інформації.

Візуалізація БЗ предметної галузі "інтелектуальне діагностування МПС" здійснюється за допомогою діаграми Хассе (рис. 6).

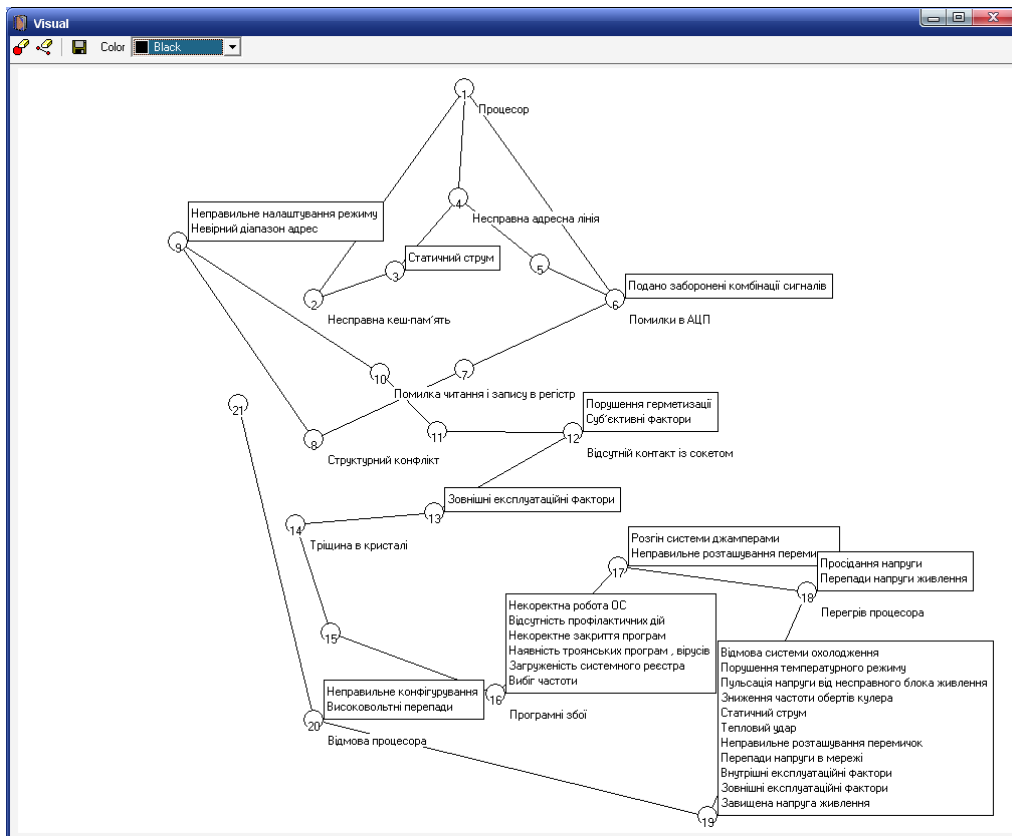


Рис. 6. Фрагмент діаграми Хассе для предметної галузі "діагностування МПС"

Висновки. Дослідження відомих інтелектуальних систем технічного діагностування показало, що одним із засобів покращення якості їх рішень та автоматизації процесу одержання нових знань є використання результатів попередніх успішних чи невдалих сеансів діагностування у вигляді прикладів розв'язання задач діагностування.

Розроблений метод здобуття діагностичних знань забезпечує усунення недовизначеностей у базах прикладів шляхом виявлення правил залежностей між підмножинами атрибутів, що відповідають властивостям об'єкту діагностування, та ієрархічних залежностей між самими прикладами.

Виявлення таких залежностей також дозволяє визначити релевантність прикладів ситуаціям чи запитам користувача, а відповідно, підвищити і якість рішень задач діагностування на основі цих прикладів.

Запропонований метод є основою для розроблення алгоритмів та програмного забезпечення для очищення, усунення протиріч та підвищення якості діагностичних знань у базах знань систем діагностування МПС.

Роботу виконано за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (Міністерства освіти і науки України) в межах гранту Ф25.1/121 «Дослідження методів внесення апріорної діагностичної інформації в структуру штучних нейронних мереж для реалізації процесу діагностування комп'ютерних систем».

Література

1. Поморова О.В. Теоретичні основи, методи та засоби інтелектуального діагностування комп'ютерних систем: Монографія. – Хмельницький: ТОВ «Тріада-М», 2007. – 253 с.
2. Локазюк В.М., Поморова О.В., Домінов А.О. Інтелектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем: Навч. посібник для вузів. – Київ: Такі справи, 2001. – 286 с.
3. Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю. Логическое моделирование и тестирование цифровых устройств. – Донецк: ИПММ НАН Украины, ДонНТУ, 2005. – 436 с.
4. Люгер Д. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – 4-е изд. – М. – : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
5. Stubblefield W.A., Luger G. F. Source selection for analogical reasoning: an empirical approach // Proc. Thirteenth National Conference on Artificial Intelligence, 1996.
6. Sugimatsu H. et al. A CBR application: Service productivity improvement by sharing experience // in Proc. IEEE Symp. Emerging Technol. Factory Automat. – 1994. – P. 132-141.
7. Cunningham P., Smyth B., Bonzano A. An incremental retrieval mechanism for case-based electronic fault diagnosis // Knowledge-Based Syst. – 1998. – vol. 11. – P. 239-248.
8. Balakrishnan A., Semmelbauer T. Circuit diagnosis support system for electronic assembly operations // Dec. Support Syst. – 1999. – vol. 25. – P. 251-269.
9. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Навч. посібник / Герасимов Б.М., Локазюк В.М., Оксіюк О.Г., Поморова О.В.. – К.: Вид-во Європ.ун-ту, 2007. – 355 с.
10. Поморова О.В. Життєвий цикл інформації у системах інтелектуального діагностування обчислювальних засобів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2003. – № 1. – С. 99- 101.
11. Uthurusamy R. et al., Extracting knowledge from diagnostic databases // IEEE Expert. – Dec., 1993. – P. 27-38.
12. Luger G. F., Stubblefield W. A. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving. Reading, MA: Addison-Wesley, 1998.
13. Поморова О.В., Олар О.Я. Метод представлення знань у багатокомпонентних інтелектуальних системах діагностування мікропроцесорних пристроїв // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 6 (18). – С.110 – 114.
14. Diar-Agudo B., Gonzales-Calero P.A. Formal concept analysis as a support technique for CBR // Knowledge-based systems, 14 (3-4), Elsevier, 2001. – P.163-172.
15. Смирнов С.В. Онтологический анализ: определения и алгоритмы // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды III международной конф. Самара: СНЦ РАН. – 2001.

Надійшла 15.9.2009 р.

УДК 687. 016.5

Г.С. ШВЕЦЬ

Хмельницький національний університет

АНТРОПОМЕТРИЧНА МОДИФІКАЦІЯ ГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ПОВЕРХНІ ТАЗОВОЇ ЧАСТИНИ МАНЕКЕНА НА СУМІЖНІ РОЗМІРИ І ПОВНОТИ ТИПОВИХ ФІГУР

Запропоновані два способи антропометричної модифікації графічної моделі поверхні тазової частини манекена на суміжні розміри і повноти типових фігур. Доведена доцільність використання цих способів для отримання графічних моделей манекенів різних розмірів на основі вихідного.

Two methods of anthropometric modification of graphic model of surface of pelvic part of model on contiguous sizes and plenitude of typical figures are offered. The well-proven expedience of the use of these methods is for the receipt of graphic models of models of different sizes on the basis of initial.

Ключові слова: графічна модель, суміжні розміри і повноти типових фігур.

Постановка проблеми

План розвитку легкої промисловості України на період до 2016 року передбачає інтенсифікацію виробництва високоякісних виробів для всебічного задоволення потреб споживачів.

Внаслідок зростання вимог до якості одягу, частоти його змінювання та різноманітності, а також ринкових умов господарчої діяльності підприємств, виникає нагальна потреба в переосмисленні всього процесу створення нових моделей, особливо з позицій застосування сучасних САПР.

Вирішення проблеми комплексної автоматизації процесу конструкторської підготовки виробництва одягу неможливе без формалізації етапу створення модельних конструкцій, який в цілому визначає якість проекту. На сьогоднішній день в проектуванні найбільш перспективним є конструювання в системі 3D, оскільки воно ґрунтується на формалізації методів інженерного конструювання другого класу. Дослідження з цього напрямку ведуться як в наукових установах України (КНУТД, ХНУ), так і за кордоном (СПБДУТД, МДУДТ, ІДТА, МГАСБ, Рос ЗІТЛП).

При цьому, одним із напрямків удосконалення систем автоматизованого проектування є проектування конструкцій нових моделей одягу в інтерактивному режимі по заданій поверхні фігури у вигляді жорстких розгортки.

Питання взаємозв'язку двох об'ємно-просторових структур (фігури людини і одягу), як правило, досліджується шляхом пристосування матеріалу до фігури з позицій розвитку форми виробу з урахуванням оптимальності художнього і технічного проекту костюма [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогодні дослідженню інформаційних моделей поверхні манекена присвячена значна кількість робіт [2-5].

Слід відмітити, що у комп'ютерній графіці для опису об'єкта обов'язкова наявність електронного документа, а саме, цифрової моделі об'єкта [4, 6].

Підвищення точності задання поверхні із використанням каркаса досягається за рахунок збільшення кількості горизонтальних перерізів та раціонального розташування на поверхні манекена вертикально-радіальних (циліндричних) перерізів, які проходять через основні антропометричні точки тіла людини. Слід відмітити, що сітчастий каркас найкраще адаптується до тривимірного проектування в AutoCAD і легко перетворюється в лінійний каркас конструкції деталі [3, 4, 6].

На основі аналізу досліджень [3, 4] переважаючими є два способи побудови креслення графічної поверхні тазової частини манекена: при використанні цифрової моделі манекена (ЦМм) у циліндричній системі координат та декартовій системі координат.

Отже, розробка тривимірних об'єктів, а саме манекенів, виконується за допомогою графічного формування креслення за заданими параметрами каркасу як традиційними, так і автоматизованими методами.

Однак аналіз викладених вище досліджень показує, що цифрова модель тазової частини манекена (ЦМтм) не сформована. Тому, основним завданням для побудови ЦМтм є достовірна інформація з опису його поверхні.

Мета і завдання досліджень

Мета дослідження полягає у розробці способів антропометричної модифікації графічної моделі поверхні тазової частини манекена на суміжні розміри і повноти типових фігур.

На сьогодні у швейній промисловості ставиться завдання отримання та доповнення інформації

щодо побудови поверхонь жіночих типових фігур різних розмірів та повнотних груп, яка спрямована на удосконалення процесу розрахунку конструкції одягу на основі розгортки досліджуваних поверхонь. В цьому випадку виникає необхідність формування бази даних всіх груп розмірів манекенів для побудови їхніх цифрових моделей в автоматизованому режимі, яка полягає у визначенні координат вузлових точок досліджуваних поверхонь.

Виклад основного матеріалу

Слід відмітити, що розробка тривимірної моделі об'єкту потребує заданих параметрів та відповідної інформації про вихідні дані. Тому, проаналізувавши дослідження щодо відповідності поверхні типового манекена сучасній популяції населення [3, 6], за тривимірну модель об'єкта обрано жіночий типовий манекен 158-88-96.

Для створення цифрової моделі тазової частини типового манекена (ЦМтм) розміру 158-88-96 використано точковий метод геометричного моделювання. В якості типу інформаційної моделі поверхні типового манекена обрано сітчастий каркас [6].

Побудова графічних моделей поверхонь тазової частини типових манекенів жіночих фігур суміжних розмірів запропоновано виконувати наступними способами:

на основі цифрової моделі (ЦМтм) сітчастого каркасу досліджуваної поверхні типового манекена;

на основі графічної моделі поверхні тазової частини поверхні типового манекена.

Для розробки графічної моделі поверхні тазової частини типового манекена було зроблено припущення, що довжини горизонтальних перерізів досліджуваної ділянки змінюються прямо пропорційно відносно зміни основних розмірних ознак тазового відділу, а саме обхвату стегон та обхвату талії. Необхідно зауважити, що ці розмірні ознаки визначають межі 20-и горизонтальних перерізів, задіяних в графічній моделі поверхні тазової частини типового манекена. Зокрема, розмірна ознака Т20 належить 1-му горизонтальному перерізу, Т18 – 20-му горизонтальному перерізу.

Слід відзначити, що для побудови графічної моделі поверхні тазової частини типового манекена жіночої фігури суміжного розміру (повноти) першим способом необхідно здійснити перерахунок довжин полярних радіусів вузлових точок манекена 158-88-96 за формулою:

$$\rho_{ij\text{ сум}} = \frac{l_i}{l_i \pm n} \cdot \rho_{ij}, \quad (1)$$

де $\rho_{ij\text{ сум}}$ – полярний радіус вузлової точки типового манекена суміжного розміру;

l_i – довжина i -го горизонтального перерізу типового манекена 158-88-96; $i=1...20$;

n – різниця суміжних величин розмірної ознаки, яка входить в i -й горизонтальний переріз;

ρ_{ij} – полярний радіус точки i -го горизонтального перерізу типового манекена 158-88-96.

Кожна точка горизонтального перерізу графічної моделі поверхні типового манекена суміжного розміру характеризується координатами $T_{\text{сум}}(\varphi, \rho_{ij\text{ сум}}, z)$.

Знак „-” у знаменнику виразу (1) використовується при трансформації графічної моделі поверхні типового манекена у графічну модель манекена меншого розміру, знак „+” – більшого.

Враховуючи, що в розмірних стандартах різниця у величинах розмірних ознак фігур суміжних розмірів, зростає та повнот характеризується величиною приросту, їхні значення обрані як нормативні для розрахунків (табл. 1).

Таблиця 1

Величини приростів розмірних ознак в першій групі розмірів типових жіночих фігур [7]

Номер та позначення розмірної ознаки	Характеристика приросту	Величини приросту за ГОСТ 17522-72, см
Обхват талії (Т18)	за розмірами	4,2
	за повнотами	2,2
Обхват стегон без урахування виступу живота (Т20)	за розмірами	3,3
	за повнотами	3,2

Як зазначалось вище, довжини горизонтальних перерізів, які характеризують поверхню тазової частини типового манекена, перетворюються прямо пропорційно трансформації основних перерізів, а саме 1-го (Т20) та 20-го (Т18). Тому, розрахунок довжин полярних радіусів вузлових точок манекена, які розташовані на перерізах 2...19, здійснюється за формулою:

$$\rho_{ij\text{ сум}} = k \cdot \rho_{ij}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт пропорційності при зміні довжини i -го горизонтального перерізу поверхні тазової частини типового манекена 158-88-96 в процесі трансформації.

Коефіцієнт пропорційності розраховується наступним чином:

$$k = \frac{l_{i\text{ сум}}}{l_i}, \quad (3)$$

де l_i – довжина i -го горизонтального перерізу поверхні типового манекена 158-88-96;

$l_{i\text{сум}}$ – довжина i -го горизонтального перерізу поверхні типового манекена суміжного розміру.

З табл. 1 випливає, що обхват талії та обхват стегон за розмірами (як і за повнотами) змінюються з різними приростами розмірних ознак. Тому, для більш точного відтворення трансформованої досліджуваної ділянки поверхні типового манекена її запропоновано розділити на верхню та нижню частини відносно перерізу, що проходить через виступаючу точку живота (12-й горизонтальний переріз). Такий поділ пояснюється тим, що тазова частина поверхні типового манекена має складну поверхню, яку доцільно розбити на більш однорідні поверхні, які по формі наближені до зрізаних конусів.

Розрахунок складається із наступних етапів:

I. Введення координат вузлових точок сітчастого каркасу типового манекена 158-88-96, які є вихідною інформацією для модифікації каркасу поверхні манекена.

II. Формування антропометричної бази приростів розмірних ознак ($\Delta T18$, $\Delta T20$) для процесу трансформації каркасу поверхні.

III. Присвоєння горизонтальним перерізам каркасу (i) номерів від 1 до 20 (по кількості перерізів).

IV. Присвоєння вертикально-радіальним січним напівплощинам каркасу (j) номерів від 1 до 23 (по кількості перерізів).

V. Вибір варіанту трансформації поверхні – збільшення або зменшення розміру (повноти).

VI. – VII. Вибір величини приросту відповідно до варіанту трансформації поверхні: зі знаком „+” – при збільшенні розміру (повноти), зі знаком „-” – при зменшенні розміру (повноти).

VIII. Розрахунок довжин основних горизонтальних перерізів (1-ий та 20-ий) трансформованої поверхні типового манекена.

IX. Розрахунок коефіцієнтів пропорційності для трансформації проміжних горизонтальних перерізів (2-ий та 19-ий).

X – XIII. Розрахунок координат точок горизонтальних перерізів сітчастого каркасу поверхні тазової частини типового манекена суміжного розміру з урахуванням місця їх розміщення на поверхні типового манекена відносно антропометричних точок.

XIV. Здійснення контролю розрахунку координат точок усіх вертикально-радіальних січних напівплощин сітчастого каркасу ($j=1...23$).

XV. Контроль розрахунку координат точок усіх горизонтальних перерізів сітчастого каркасу поверхні типового манекена ($i=1...20$).

XVI. Виведення координат точок сітчастого каркасу поверхні тазової частини типового манекена суміжного розміру (повноти) на екран чи на друк у вигляді електронної таблиці.

Другий спосіб побудови поверхні тазової частини типового манекена суміжного розміру передбачає перетворення графічної моделі поверхні досліджуваної частини манекена. Трансформацію креслення виконано за допомогою команди SCALE (масштаб). Оскільки каркас поверхні складається з окремих шарів горизонтальних перерізів, то за допомогою зазначеної команди можна змінювати довжину дуги кожного перерізу в різному масштабі у відповідності з величинами приростів, що дозволяє відтворити необхідний рельєф поверхні. Основною умовою такого способу побудови каркасу є наявність контрольної інформації про поверхню типового манекена жіночої фігури потрібного розміру у вигляді абсолютних величин вимірів манекена [8].

Масштаб зміни довжини дуги горизонтального перерізу визначається за формулою:

$$sf_i = \frac{l_i}{l_i + \Delta l_i}, \quad (4)$$

де sf_i – масштаб зміни довжини горизонтального перерізу сітчастого каркасу типового манекена;

l_i – довжина i -го горизонтального перерізу сітчастого каркасу типового манекена 158-88-96;

Δl_i – величина приросту довжини i -го горизонтального перерізу модифікованого сітчастого каркасу типового манекена.

Для типізації параметрів горизонтальних перерізів у графічному пакеті AutoCAD виконано накладання графічних моделей поверхонь тазової частини типового манекена 158-92-100 та 158-88-100, які побудовані запропонованими способами.

Довжини горизонтальних перерізів отриманих графічних моделей поверхонь тазової частини манекена виміряні за допомогою команди Lengthen.

Отримані результати наведені у табл. 2 і проведено порівняння довжин горизонтальних перерізів.

Оскільки у легкій промисловості прийнято допустиму похибку 5 %, а за даними табл. 2 відхилення довжин горизонтальних перерізів графічної моделі поверхні тазової частини типового манекена не перевищує допустимих меж, можна стверджувати, що обидва варіанти трансформації графічної моделі поверхні тазової частини типового манекена з достатньою точністю відтворюють поверхню манекена будь-якого розміру.

Висновок

Отже, трансформація графічної моделі поверхні тазової частини типового манекена на суміжні розміри та повноти може здійснюватись як на основі ЦМтм, так і масштабуванням горизонтальних перерізів. Отримане аксонометричне зображення об'єкта у вигляді графічної моделі поверхні тазової частини типового манекена дозволяє побудувати вигляди будь-якого перерізу та трансформувати зображення моделі в геометричну площинну інформацію у вигляді матричної конструкції (з нульовими

прибавками) прямої спідниці, яка є вихідною для введення додаткових вертикальних членувань з метою побудови спідниці із складчастою поверхнею.

Таблиця 2

Параметрична характеристика трансформації горизонтальних перерізів графічної моделі поверхні тазової частини типового манекена за розмірами та повнотами

№ перерізу	Довжина дуги горизонтального перерізу 158-92-100 (суміжного розміру)		Розбіжність		№ перерізу	Довжина дуги горизонтального перерізу 158-88-100 (суміжної повноти)		Розбіжність	
	I спосіб	II спосіб	абсолютна, мм	відносна, %		I спосіб	II спосіб	абсолютна, мм	відносна, %
1	491,80	491,95	0,15	0,01	1	490,80	490,68	0,12	0,025
2	487,17	487,36	0,19	0,04	2	486,18	485,45	0,73	0,15
3	483,20	484,36	1,16	0,24	3	482,22	481,93	0,29	0,06
4	479,10	479,34	0,24	0,05	4	478,12	477,98	0,14	0,03
5	475,22	477,02	1,81	0,38	5	474,25	473,97	0,28	0,01
6	470,62	470,40	0,22	0,046	6	469,66	469,41	0,25	0,054
7	465,92	466,25	0,33	0,07	7	464,98	465,72	0,74	0,16
8	461,69	461,95	0,26	0,056	8	460,75	460,88	0,12	0,027
9	457,57	457,89	0,32	0,07	9	456,64	458,47	1,83	0,4
10	452,61	452,34	0,27	0,06	10	451,69	451,97	0,28	0,062
11	447,96	447,57	0,39	0,086	11	447,05	446,82	0,23	0,051
12	462,96	462,70	0,26	0,056	12	438,84	438,45	0,39	0,089
13	455,77	454,68	1,09	0,24	13	432,03	432,16	0,13	0,03
14	447,63	448,30	0,67	0,15	14	424,31	424,51	0,20	0,046
15	438,20	438,46	0,26	0,06	15	415,37	415,33	0,04	0,009
16	428,10	428,49	0,39	0,092	16	405,79	405,84	0,05	0,012
17	415,97	413,72	2,25	0,54	17	394,30	394,43	0,13	0,034
18	404,87	404,55	0,32	0,08	18	383,78	383,59	0,19	0,02
19	392,19	391,40	0,78	0,2	19	371,75	371,59	0,17	0,045
20	383,90	384,02	0,12	0,031	20	363,90	363,79	0,11	0,03

Література

1. Горина Г. С. Моделирование формы одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1988. – 184 с.
2. Антипова А.И. Конструирование и технология корсетных изделий: Учебник для кадров массовых профессий. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 160 с.
3. Кулешова С.Г. Структуризація вихідної інформації для формування бібліотеки даних побудови манекенів типових жіночих фігур в автоматизованому режимі / Кулешова С.Г., Славінська А.Л // Вісник Технологічного університету Поділля. – 1998. – № 1. – С. 32-36.
4. Славінська А.Л. Особливості проектування геометричних моделей поверхні манекенів фігур / Славінська А.Л., Мица В.В // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – № 4. Ч.2. Технічні науки. – С. 120-124.
5. Стебельский М.В. Макетно-модельный метод проектирования одежды. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 160 с.
6. Швець Г.С. Механізм модифікації формотворних елементів одягу з урахуванням засобів композиції / Швець Г.С., Славінська А.Л // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 3. Технічні науки. – С. 122 – 124.
7. ГОСТ 17522-72. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. – Введ. 01.01.73. Измен. 19.12.86. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 91 с.
8. ОСТ 17-474-75. Манекены для женской одежды. – М.: ЦНИИТЗИлегпром, 1975. – 128 с.

Надійшла 16.9.2009 р.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ ОКАТУ ПЛЕЧОВОЇ НАКЛАДКИ

Розроблено математичні моделі довжини окату та кутового коефіцієнта параболу покривної деталі плечової накладки.

This article is devoted to developing of mathematical models of shoulder pad's sleeve head length and the angular coefficient of its parabola.

Ключові слова: окат плечової накладки, математичне моделювання.

Постановка проблеми

Основним завданням швейної промисловості є виготовлення високоякісних товарів, складовою чого є співрозмірність верхньої опорної ділянки фігури людини [1]. Необхідною умовою існування умовно-рівноважної системи людина-одяг (в статичі) є максимальна відповідність розмірів і форми ділянок статичного контакту одягу розмірам і формі опорної поверхні фігури. При виготовленні плечового одягу часто виникають дефекти на ділянці рукав-пройма [2]. Однією з причин їх появи є невідповідність характеристик фігури і розмірів одягу на цій ділянці. Так як плечова накладка (далі *ПН*) розташовується на опорній поверхні, то визначення її параметрів відіграє важливу роль в отриманні цілісної форми виробу на плечовій ділянці фігури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз каталогів фірм-виробників *ПН* [3] показав наявність взаємозв'язку між товщиною *ПН* та довжиною її окату.

В [4] автор рекомендує підбирати *ПН* індивідуально для кожної фігури. При цьому при розширенні силуету виробу пропорційно збільшувати і об'ємну форму плечової ділянки одягу.

Необхідне збільшення можна забезпечити шляхом наповнення підодягового простору за допомогою *ПН*. В такому випадку, при збільшенні прибавки на силует доцільно збільшувати розміри *ПН*. Однак, в літературних джерелах не наведено детальних рекомендацій з приводу зміни параметрів *ПН* у перерахованих проектних ситуаціях.

Постановка мети та задач досліджень

Мета дослідження – розробити математичні моделі визначення довжини окату покривної деталі *ПН* та кутового коефіцієнта її параболу, які дозволять розраховувати параметри оптимальної *ПН* для конкретної фігури, асортименту та модельних особливостей плечової ділянки виробу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити фактори, які впливають на оптимальність довжини окату *ПН*;
- розробити математичні моделі довжини окату покривної деталі *ПН* та кутового коефіцієнта кривої окату покривної деталі *ПН*.

Виклад основного матеріалу

Оскільки за допомогою *ПН* зовнішня форма та розміри тіла людини наближаються до внутрішньої форми та розмірів одягу, то доцільно припустити, що *ПН* повинна мати таку форму та розміри, щоб при одяганні виробу на опорну поверхню утворювалась плавна лінія пройма без надмірних виступів та впадин (рис. 1).

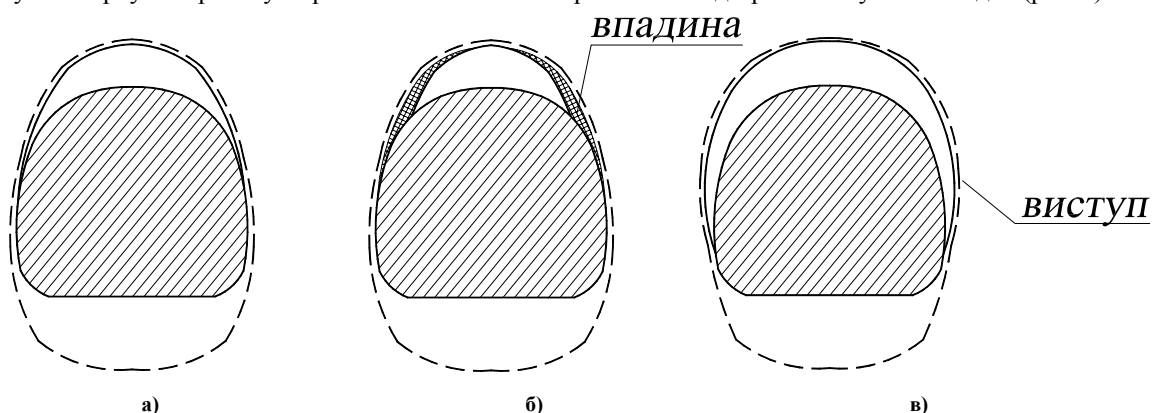


Рисунок 1 – Схема перерізу пройма виробу з плечовими накладками:

а - оптимальна довжина окату *ПН*; б – недостатня довжина окату *ПН*; в – надмірна довжина окату *ПН*

Як видно з рис. 1, невідповідність форми та розмірів *ПН* розмірам тіла та конструкції виробу призведе до виникнення дефектів посадки виробу на фігурі.

Для розробки математичного виразу визначення довжини окату *ПН* приймемо наступні припущення:

Припущення 1. Існує така точка S , в якій крива $ПН$ плавно переходить в криву пройми.

Припущення 2. Крива $ПН$ є параболою з вершиною в плечовій точці, а лінія пройми – крива другого порядку.

Крива $ПН$ – парабола (як геометричне місце точок, рівновіддалених від фіксованої точки та фіксованої прямої), що описується рівнянням:

$$y = ax^2 + D, \quad (1)$$

де y, x – ордината та абсциса точки відповідно, см; a – кутовий коефіцієнт рівняння; D – вільний член рівняння, см.

Згідно з [5] пройма – це овал, а тому верхня частина пройми, яка безпосередньо пов'язана з $ПН$, є кривою другого порядку, що описується рівнянням:

$$y = Ax^2 + Bx + C, \quad (2)$$

де y, x – ордината та абсциса точки відповідно, см; A, B – коефіцієнти рівняння; C – вільний член рівняння.

Згідно умови неперервності кривої кутовий коефіцієнт дотичної до параболи, що описує криву $ПН$ дорівнює кутовому коефіцієнту дотичної до пройми в точці дотику S . Тобто, гладкість кривої забезпечується неперервністю похідної. А припущення 1 правильне при наявності дійсних розв'язків рівняння:

$$2ax = 2Ax + B. \quad (3)$$

Для поділу складових системи рівнянь (1-3) на відомі та невідомі на рис. 2 представлено розрахункову схему довжини окату $ПН$.

На рис. 2 зображено закрити пройму. Закривання пройми здійснюється шляхом гнучкого згину верхніх ділянок пройми через переведення точок $14'$ та $14''$ в точку $14'''$, яка обмежує висоту пройми.

Оскільки за методикою ЄМКО РЕВ [6] відрізок /33-35/ визначає місце виміру обхватів грудей першого та другого, при вимірюванні яких сантиметрова стрічка проходить через задній кут підпахвової впадини, то висоту точки $14'''$ можна визначити як різницю висот плечової точки та заднього кута підпахвової впадини.

При експлуатації виробу наявний підодягвовий пакет, тому довжина плечового шва виробу відрізняється від довжини плечового схилю. Отже, необхідно врахувати величину прибавки на товщину пакета для жакета ($ПП$) та зміну положення вершини пройми залежно від подовження плечового шва. Для визначення останньої розглянемо рис. 3.

З рис. 3 видно, що при подовженні плечового шва на величину PC , вершина пройми переміщується з початкової точки P (плечова точка фігури) в точку C (точка вершини пройми).

Тоді, з урахуванням величини зміни положення вершини пройми отримаємо кінцеву формулу визначення положення точки $14'''$ відносно відрізка /33-35/:

$$/33 - 13' / = T_5 - T_{11} + ПП - \frac{T_4 - T_5}{T_{31}} \cdot (/121 - 14 / - T_{31}), \quad (4)$$

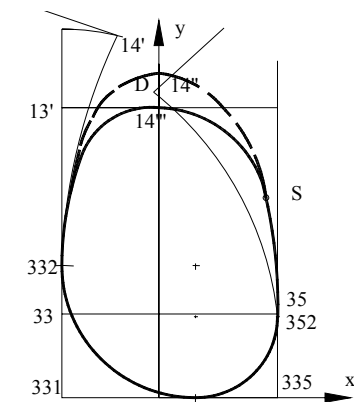
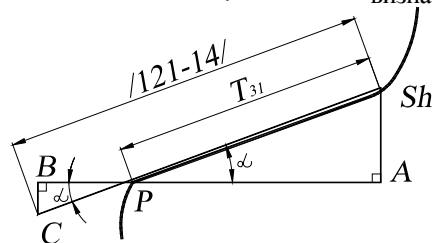


Рис. 2. Розрахункова схема довжини окату $ПН$



ок 3 – Розрахункова схема визначення величини зміни положення вершини пройми

де /33-13'/ – відстань від заднього кута підпахвової впадини до положення плечової точки, см; T_{11} – висота заднього кута підпахвової впадини, см; $ПП$ – прибавка на пакет, см; T_4 – висота точки основи ший, см; T_5 – висота плечової точки, см; T_{31} – довжина плечового схилю, см; /121-14/ – довжина плечового зрізу модельної конструкції стану виробу, см.

В методиці ЄМКО РЕВ [6] при побудові базової конструкції вшивного рукава точка окату знаходиться на відстані 0,45 ширини рукава від лінії заднього перекату. Оскільки вища точка окату і плечова точка пройми – взаємоспряжені, то очевидно, що і плечова точка знаходиться на тому ж рівні. Тому,

$$/13' - 14''' / = 0,45 \cdot /33 - 35 /, \quad (5)$$

де /33-35/ – ширина пройми виробу, см.

Після закриття пройми на креслення слід нанести осі декартової системи координат. Вісь ординат доцільно провести через вершину пройми. Вісь абсцис в декартовій системі координат є перпендикулярною до осі ординат, дотичною до лінії пройми в її найнижчій точці, і співпадає з відрізком /331-335/.

За допомогою програмного середовища Excel лінії верхніх частин пройми апроксимуються (окремо для спинки та підлопки). Апроксимація дозволяє отримати коефіцієнти A, B, C в рівнянні верхньої частини пройми (2) з достатнім рівнем достовірності ($R^2=0,93 \div 0,99$).

Оскільки $ПН$ має найбільшу товщину в її найвищій точці, то вільний член D в рівнянні параболи $ПН$ (1) визначається як сума ординати точки $14'''$ та товщини $ПН$. Тоді, відомими складовими рівнянь (1-3) є: A, B, C, D , а в системі з трьох рівнянь (1-3) є три невідомі (x, y, a). Оскільки кількість рівнянь дорівнює

кількості невідомих, то система рівнянь може бути розв'язана.

$$a_{1,2} = \frac{-(B^2 - 8AC + 8AD) \pm \sqrt{(B^2 - 8AC + 8AD)^2 - 4(4C - 4D)(-AB^2 + 4A^2C - 4A^2D)}}{2(4C - 4D)}; \quad (6)$$

$$x = \frac{B}{2(a - A)}; \quad (7)$$

$$y = \frac{aB^2}{4(a - A)^2} + D. \quad (8)$$

Згідно з формулою (6), існує два розв'язки рівняння (7). Проте, точка S є фізичною і має визначені координати x та y . Згідно з рис. 2, точка S лежить в межах $x \in [0; x_{35}]$ – для пілочки та $x \in [x_{33}; 0]$ – для спинки. Тому із двох розв'язків x обирається той, що належить вказаному відрізку пілочки (спинки). Оскільки один x , то і одне значення a , яке вибирається за умовою дійсного розв'язку (7).

Тоді, довжину окуту $ПН$ можна визначити як довжину плоскої кривої, яка задана рівнянням $y=f(x)$, $x \in [0; x_s]$, за формулою:

$$L_{ПН} = \frac{x_s}{2} \sqrt{1 + (2ax_s)^2} + \frac{1}{4a} \ln(2ax_s + \sqrt{1 + (2ax_s)^2}), \quad (9)$$

де $L_{ПН}$ – довжина окуту $ПН$, см; x_s – абсциса точки S , см.

З огляду на взаємозалежність розмірних ознак, що характеризують проїму виробу, для подальших досліджень використовуються ведучі розмірні ознаки: зріст – T_1 , обхват грудей – T_{16} , обхват стегон – T_{19} . Для визначення оптимальної довжини окуту покривної деталі $ПН$ була прийнята наступна гіпотеза: довжина окуту $ПН$ змінюється залежно від T_1 , T_{16} , T_{19} , частини загальної прибавки по лінії грудей, яка приходить на ділянку проїми, та товщини $ПН$.

Для встановлення залежності між довжиною окуту $ПН$ ($L_{ПН}$) та зростом (T_1), обхватом грудей третім (T_{16}), обхватом стегон з урахуванням виступу живота (T_{19}), частиною загальної прибавки по лінії грудей, яка приходить на ділянку проїми, ($П_{33-35}$) та товщиною $ПН$ ($T_{ПН}$) проведено повний п'ятифакторний експеримент.

Для жіночих жакетів з вшивним рукавом найбільш характерним є рукав з класичним наповненням окуту. Вироби з таким рукавом характеризуються загальною величиною прибавки на свободу по лінії грудей в діапазоні 4,5÷9 см [6]. Тому, саме такий діапазон згаданої прибавки слід враховувати при визначенні довжини окуту $ПН$ для жакетів.

Відповідно до варіаційного ряду товщини $ПН$ [6] найменша товщина $ПН$ становить 0,5 см, а найбільша – 3 см.

Таким чином, план експерименту передбачає розрахунок довжини окуту $ПН$ товщиною від 0,5÷3 см; для жакета з загальною прибавкою по лінії грудей, яка приходить на ділянку проїми, 0÷4,5 см для восьми типових фігур окремо для спинки та пілочки.

За допомогою вбудованого модуля «Анализ данных» програми Excel отримано рівняння, які описують залежності між частиною загальної довжини окуту $ПН$, яка припадає на ділянку пілочки (спинки) та розглядуваними факторами (рис.4).

Обчислений критерій Стьюдента для кожного з коефіцієнтів показав, що значимими є три фактори: зріст, частина загальної прибавки по лінії грудей, що припадає на ділянку проїми, та товщина $ПН$, що підтверджується достовірністю апроксимації ($R^2 = 0,90$ для пілочки, $R^2 = 0,83$ для спинки).

$$L_{ПНmin} = 14,31 - 0,05T_1 + 0,86P_{33-35} + 2,46T_{ПН}$$

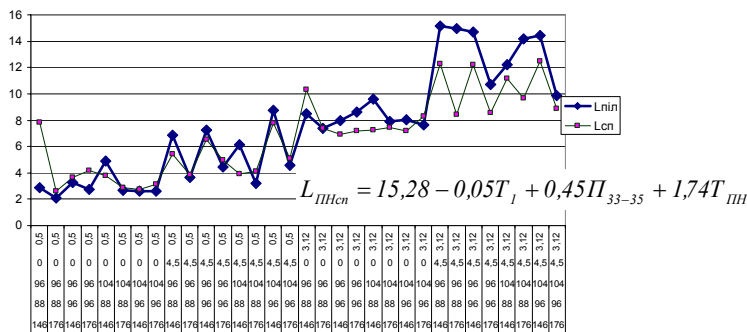


Рис. 4. Графіки залежності частин загальної довжини окуту $ПН$, що припадають на ділянку пілочки (спинки) та розглядуваними факторами

За даними експерименту отримано також залежності між кутовими коефіцієнтами параболі $ПН$ з боку пілочки (спинки) та розглядуваними факторами:

$$a_{ПНmin} = -0,419 + 0,0001T_1 + 0,0019T_{16} + 0,0011T_{19} + 0,01P_{33-35} - 0,034T_{ПН}, \quad (10)$$

$$a_{ПНcn} = -0,926 + 0,0001T_1 + 0,003T_{16} + 0,005T_{19} + 0,014P_{33-35} - 0,037T_{ПН}. \quad (11)$$

Для кожного з коефіцієнтів рівнянь (10), (11) обчислено критерій Стьюдента та встановлено, що всі коефіцієнти є значимими. Адекватність рівнянь підтверджена достовірністю апроксимації ($R^2=0,83$ для пілочки; $R^2=0,83$ для спинки).

Висновки

Отримані залежності дають змогу отримати оптимальне значення довжини окату *ПН* у конкретній проектній ситуації, яка характеризується трьома показниками: зростом, частиною загальної прибавки по лінії грудей, яка припадає на ділянку пройми, та товщиною *ПН*. Формалізоване визначення кутового коефіцієнта в рівнянні парабол дозволяє виконати накладання *ПН* на плечову ділянку манекена в автоматизованому режимі та розрахувати параметри деталей внутрішніх шарів *ПН*.

Спроектвана таким чином *ПН* створить єдність зовнішньої та внутрішньої форм виробу, тобто надасть плечовому поясу бажаної форми. Одержані результати є передумовою для розробки параметричних таблиць розмірів *ПН*. Крім того, розраховані значення довжини окату *ПН* дозволяють вибрати її оптимальні розміри.

Література

1. Цимбал Т.В. Дослідження впливу параметрів верхньої кінцівки на конструкцію вшивного рукава / Т.В. Цимбал, О.Я. Карпенко // Вісник ХНУ. – 2006. - № 4. – С. 83-87.
2. Міщенко О.В. Формування антропометричної бази даних для характеристики плечового поясу жіночих фігур великих розмірів / О.В. Міщенко, А.Л. Славінська // Вісник ХНУ. – 2006. - № 2, Т.1. – С. 119-122.
3. www.antyne.com
4. Спенсер Кэрол. Выбери свой стиль. Для женщин. – М.: Издательство ЭКСМО - Пресс, 2000. – 160 с.
5. Славінська А.Л. Теоретичні основи модифікаційних перетворень контуру пройми в конструкціях плечових виробів // Вісник ХНУ. – 2007. - № 6, Т.1. – С. 41-47.
6. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Теоретические основы. Т.1. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – 163 с.

Надійшла 9.9.2009 р.

УДК 687.017.636

Н.Г. КОЛЯДЕНКО, С.М. ЛОЗИНСЬКА
Хмельницький національний університет

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ МІКРООРГАНІЗМІВ НА БІОЛОГІЧНУ СТІЙКІСТЬ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ОДЯГУ

В статті представлені вибір та характеристику спеціальних матеріалів для виготовлення захисного одягу працівників м'ясокомбінатів. А також показано вивчення впливу мікроорганізмів на біологічну стійкість текстильних матеріалів.

The choice and description of the special materials for making of protective clothing of workers of meat-packing plants were presented in the article. And also the study of influencing of microorganisms on biological firmness of textile materials was shown.

Ключові слова: біологічна стійкість, спецодяг.

При наданні характеристики спеціальним матеріалам, які використовуються вітчизняними швейними підприємствами для виготовлення захисного одягу загального призначення, було відмічено, що робітникам-вантажникам холодильних цехів м'ясокомбінатів, згідно з нормативними документами, видаються костюми, в основному, із 100 % бавовняних тканин. Протягом 4,5-6,0 місяців експлуатації куртка і штани стають непридатними для користування, що змушує підприємство витратити додаткові кошти на закупівлю нових комплектів ЗІЗ.

Причиною передчасного руйнування спеціального одягу слід вважати не тільки необґрунтований вибір текстильного матеріалу для його виготовлення і швейних ниток, які використовуються при з'єднанні деталей, але і деструктивний вплив мікроорганізмів (грибки, бактерії) на целюлозу [1]. Наявність процесу руйнування указаним НШФ матеріалу із 100 % бавовняного волокна був перевірений експериментально. Необхідно також відмітити, що проаналізовані інформаційні джерела відносно біологічної стійкості текстильних матеріалів, або інших волокнистих систем, які різняться природою відсутні, особливо це стосується волокон хімічного походження. Відомо тільки [2], що серед синтетичних волокон домінує місце як за абсолютним обсягом виробництва, так і за середньорічними темпами приросту, зберігається за поліефірними волокнами і нитками, які починаючи з 2000 року випускаються більше 18 млн тонн і властивості яких до певного рівня відомі [3, 4]. Але при цьому слід зазначити, що результати досліджень про вивчення впливу мікроорганізмів на поліефірні (лавсанові) волокна (матеріали) в доступній літературі відсутні, як між іншим і про групу агротекстильних та геотекстильних матеріалів, до складу яких вони входять.

В зв'язку з цим, нами було прийнято рішення про включення текстильних матеріалів, виготовлених із 100 % лавсанових волокон, а також їх суміші з іншими, зокрема бавовняними волокнами, для проведення досліджень. Так, наприклад, спеціальна тканина арт. 86039, виготовлена із 100 % лавсанових волокон, раніше використовувалась для пошиття захисного одягу від агресивних середовищ. Указаний матеріал, розроблений спеціалістами ДержНДТБХВ (м. Северодонецьк) і ЦНДПШВ (м. Тверь) і дотепер користується великим попитом при виготовленні кислотозахисного одягу, але в нашій державі не випускається з-за відсутності замовників та технічних вимог на тканину. Для проведення експериментів нами була використана тканина арт. 2701, яка випускається серійно АОЗТ «Черкаський шовковий комбінат», а також проби матеріалів арт. 3053, арт. 3410 і зразок (23), що виготовлялися і розроблялися в минулі роки.

Серед зазначених матеріалів, арт. 3053 представляє собою ткане полотно із 100 % бавовняного волокна з переплетенням «посиленний сатин». При товщині 0,3 мм, поверхневій густині 245 г/м², та щільності ниток на 100 мм по основі 307 штук, по утку – 414 штук, розривальні навантаження проби дорівнюють по основі 410 Н, а по утку – 628 Н відповідно (табл. 1).

Тканина арт. 2701 саржового переплетення (2/1) при поверхневій густині 231 г/м² і товщині полотна 0,6 мм, має досить високі розривальні характеристики як по основі (1100 Н), так і утку (550 Н). Волокнистий склад – 100 % лавсанового і 100 % бавовняного волокон по основі і утку відповідно. Що стосується зразка (23), то це розробка минулих років, який був використаний в експериментальному процесі для порівняння впливу мікроорганізмів на проби залежно від процентного вмісту бавовняних волокон. Адже на відміну від тканин арт. 2701, до волокнистого складу зразка (23) входить 33 % бавовняних волокон та 67 % лавсанових волокон. Якщо експериментально буде доказано про біологічну стійкість лавсанових волокон до впливу мікроорганізмів, які розмножуються і живуть завдяки залишкам м'ясної сировини, то проблема створення ефективних ЗІЗ для робітників-вантажників буде вирішена.

Тому, для порівняння результатів досліджень, нами були проведені експерименти з текстильними матеріалами, виготовленими з 100 % бавовняних і вовняних волокон (арт. 3053 і арт. 3410 відповідно). Необхідно зазначити, що приведений перелік матеріалів (табл. 1) ґрунтується не тільки на можливій біологічній стійкості майбутнього спеціального одягу, який задовольнить вимоги підприємства, але і з позиції економічної доцільності для нашої держави, а саме – спеціальний матеріал повинен бути вітчизняного походження.

Таблиця 1

Фізико-механічні показники спеціальних текстильних матеріалів

Артикул тканини, номер зразка	Волокнистий склад, %	Переплетення	Поверхнева густина, г/м ²	Товщина, мм	Щільність ниток на 100 мм		Розривальне навантаження, Н		Коефіцієнт повітропроник- ності, дм ³ /м ² ·с
					основа	уток	основа	уток	
3053	100 БВ	поси- лений сатин	245	0,3	307	414	410	628	60
2701	100 ПЕ-О 100 БВ-У	саржа 2/1	231	0,6	392	221	1100	550	74
зразок № 23	33 БВ 67 ПЕ	саржа 2/2	187	0,5	354	228	763	370	94
86039	100 ПЕ	саржа 2/2	244	0,9	327	211	1200	600	65
3410	100 ВВ	саржа 3/3	382	1,2	208	160	480	350	80

Примітка: БВ – бавовняне волокно; ПЕ – поліефірне волокно (лавсан); ВВ – вовняне волокно; О – основа; У – уток.

При вивченні топографії зношування основних деталей спеціального одягу вантажників холодильного цеху м'ясокомбінату було відмічено, що ниткові шви, які їх з'єднують, зруйновані. Проведені експерименти показали, що процес з'єднання деталей проводився 100 % бавовняними нитками, що в нашому випадку недопустимо з-за передчасного їх руйнування мікроорганізмами. В зв'язку з цим, нами, для наукового обґрунтування вибору швейних ниток, був досліджений вплив НШФ на розривальні характеристики ниток, виготовлених із 100 % лавсанових (ПЕ), поліамідних (ПА) і поліпропіленових (ПП) волокон, вихідні фізико-механічні характеристики яких наведені в табл. 2. Для отримання порівняльних показників нами були використані 100 % бавовняні нитки лінійної густини в 50 текс (25 текс x 2), а в якості утеплювача, який можна було б рекомендувати, досліджували тільки «синтепон» (ТУ У 30514294.001-2000) виробництва ТОВ «Сінпол» (м. Київ), поверхневої густини 150 г/м² із 100 % лавсанових волокон, оскільки інші варіанти указаних складових виробу (вата, ватилін тощо) уже перевірені на практиці і не відповідають вимогам підприємства.

Необхідно зазначити, що зміна розривальних характеристик проб текстильних матеріалів для

виготовлення ЗІЗ в порівнянні з вихідними значеннями, досліджувалась з допомогою приладу РТ-250М, а швейних ниток – РМ-3М. Що стосується критеріїв оцінок, то втрата їх значення не повинна бути більшою за 15 % від вихідних величин.

Таким же чином визначається біологічна стійкість взірців тканин матеріалів в процесі контролю повітропроникності на приладі ВПТМ-2М і стійкості до стирання по площині, з використанням приладу ТИ-1М.

Таблиця 2

Фізико-механічні показники швейних ниток

Швейні нитки (природа волокнистого складу)	Лінійна густина, текс (номер)	Розривальне навантаження, сН	Питоме розривальне навантаження, сН/текс	Розривальне подовження, %
Бавовняні 25 текс x 2	50 (20)	1982	39,6	8,2
Лавсанові 31 текс x 3	93 (10,8)	4400	47,3	17,3
Капронові 19,8 текс x 3	59,4 (16,8)	3557	60,0	16,0
Поліпропіленові 60П	64,5 (16)	3135	48,6	27,0

Тобто, якщо за певний час експозиції коефіцієнт повітропроникності P ($\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$), або число циклів S_c на стирання по площині зменшились більше як на 15 % від вихідного значення, то текстильний матеріал слід вважати непридатним для виготовлення указаних ЗІЗ.

Слід зазначити, що розривальні характеристики проб як текстильних матеріалів, так і швейних ниток для з'єднання деталей виробу, ми відносимо до основних показників якості. Що стосується стійкості до стирання по площині, то отримані показники (за прогнозами) можуть бути достатньо інформативними тільки в тому разі, коли одна із волокнистих систем, яка є складовою частиною проби, суттєво руйнується від впливу мікроорганізмів. Аналогічні висновки про отримання коректних залежностей, можна передбачати і при дослідженні зміни величини коефіцієнта повітропроникності.

На основі функціонально-логічної схеми вибору і оцінки захисних властивостей матеріалів, швейних ниток та пакетів для спеціального одягу робітників-вантажників холодильних цехів м'ясокомбінатів встановлено, що до основних НШФ на вказаних підприємствах віднесені мікроорганізми (грибки, бактерії), які утворюються завдяки контакту ЗІЗ з продуктом, температурою і вологістю повітря. Але до головної причини розвитку та життєздатності грибків і бактерій слід віднести природу волокнистого складу текстильних матеріалів для ЗІЗ.

Проби матеріалу різного волокнистого складу табл. 1 обробляють грибово-мікробним розчином і залежно від часу експозиції контролюють зміну їх розривальних навантажень, коефіцієнта повітропроникності та стійкості до стирання по площині. Критерієм оцінки при цьому слід вважати величини указаних фізико-механічних показників, які можуть зменшуватись від вихідних значень, але не більше, як на 15 %. Це означає, що матеріал слід вважати придатним для виготовлення ЗІЗ, якщо жоден із фізико-механічних показників, які складають комплексну його характеристику, не зменшують свого значення більше вказаного.

Аналіз отриманих результатів відносно проб матеріалу арт. 3053, виготовленого із 100 % бавовняних волокон показав, що за 5 днів експозиції розривальне навантаження по основі зменшилось від 410 Н до 407 Н, що складає всього 0,70 %. Коли час контакту був збільшений до 10 днів, проба матеріалу зруйнувалася на 51,2 %. Розривальні характеристики при цьому стали дорівнювати 200 Н при вихідному їх значенні в 410 Н. Така ж закономірність спостерігається в разі збільшення часу експозиції до 15 і 20 днів. Так, через 15 днів показник розривального навантаження дорівнював 107 Н, а через 20 днів впливу мікроорганізмів – всього 43,6 Н, зменшившись на 74 % і 89,4 % відповідно рис. 1.

Таким чином, проведені експерименти свідчать про те, що 100 % бавовняний матеріал (арт. 3053) не може бути використаний для виготовлення спеціального одягу вказаного функціонального призначення.

Другий матеріал, який був теж використаний при проведенні експериментів – це арт. 3410, виготовлений із 100 % вовни високого класу якості. Експерименти засвідчили, що проби, при вихідному значенні розривальних характеристик (по основі) в 480 Н, суттєво їх зменшили через 20 днів експозиції до 400 Н, тобто на 16,7 %, а за 30 днів контакту, контролюючий показник став дорівнювати 340 Н, що складає 29,2 % рис. 1, 2.

Отже, із отриманих результатів відносно двох видів текстильних матеріалів (арт. 3053 і арт. 3410), виготовлених із 100 % волокон рослинного і тваринного походження (відповідно) очевидно, що вовняні тканини набагато менше руйнуються мікроорганізмами рекомендованого складу і рецептури ніж бавовняні, але їх використання для виготовлення спеціального захисного одягу в холодильних цехах м'ясокомбінатів неможливе, про що свідчить значення розривального навантаження.

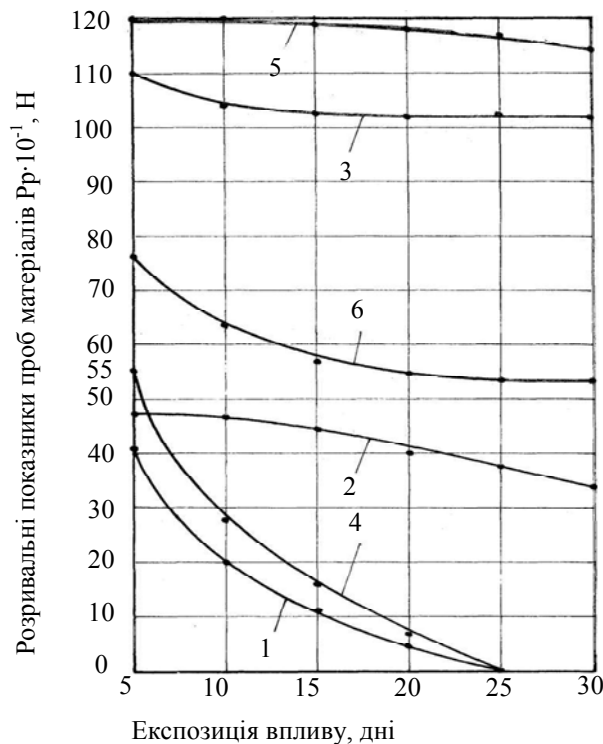


Рис. 1. Залежність зміни величини розривальних показників від часу впливу мікроорганізмів на матеріали: 1-арт. 3053; 2-арт. 3410; 3-арт. 2701-основа; 4-арт. 2701-уток; 5-арт. 86039; 6-зразок № 23

Проби матеріалу арт. 2701, як зазначено в табл. 3, по нитках основи виготовлені із 100 % лавсанових волокон, а по ниткам утоку – із 100 % бавовняних волокон. Але, оскільки біологічна стійкість бавовняних волокон нами уже досліджувалась, то експерименти були проведені відносно не змішаної пряжі в класичному її розумінні, а тільки для проб по основі, до складу якої входять поліефірні волокна, та окремо для проб по утоку із бавовняних волокон.

Аналіз експериментів показав рис. (1,3), що проби по основі руйнуються протягом усього часу їх експозиції, зменшивши розривальне навантаження від 1100 Н за 5 днів контакту до 1020 Н за 30 днів, тобто на 7,3 %. А що стосується проб утоку, то процес їх руйнування був активним протягом 20 днів дослідження. Після 25 днів контакту, біологічна стійкість матеріалу дорівнює нулю.

Отримані результати відносно арт. 2701 пояснюються тим, що проби по основі утворені 100 % лавсановими волокнами, які, як показали подальші експерименти, слід віднести до біологічно стійких, а проби в напрямку утокових ниток, як уже відмічалось, виготовлені із 100 % бавовняних волокон що руйнуються мікроорганізмами. А оскільки поперечні нитки взірців (по основі, чи по утоку) практично не приймають участі в процесі оцінки розривальних навантажень, то руйнування матеріалу в напрямку утокових ниток є закономірним.

Аналогічні експерименти були проведені відносно проб спеціального матеріалу арт. 86039, виготовленого із 100 % лавсанових волокон. Указаний матеріал був розроблений в 1973 році ДержНДІТБХВ (м. Северодонецьк) і призначений для виготовлення кислотозахисних ЗІЗ від впливу соляної кислоти. Сьогодні серійним випуском тканини займається Чойковський шовковий комбінат (РФ).

Аналіз отриманих результатів показав, що проби матеріалу арт. 86039 (по основі) протягом 10 днів контакту з мікроорганізмами не втратили розривальних показників і дорівнювали вихідному значенню – 1200 Н. Тільки при збільшенні часу впливу від 15 днів до 30 днів, значення контролюючих характеристик зменшилось від 1194 Н до 1147 Н, тобто на 0,5 % і 4,4 % відповідно в порівнянні з вихідними.

Часткове зменшення стійкості до розривальних навантажень можна пояснити наявністю на матеріалі гідрофобізуючого апрету – кремнійорганічної композиції ГКР-94, яка здатна розчинятись в мильно-содовому складі промивної води, розрихляючи структуру основних ниток. Але, оскільки зменшення показника є не суттєвим і, згідно з «функціонально-логічної схемі...» не перевищує 15 %, то матеріал арт. 86039 слід вважати біологічно стійким табл. 3.

Останньою пробою для проведення експериментів нами був вибраний матеріал, який знову ж таки розроблявся в 1975 році спеціалістами ДержНДІТБХВ для захисту хіміків-прядильщиків від впливу осаджувальної ванни при формуванні структури віскозного волокна.

Зразок (23) повинен був забезпечити захист від розчинів солей кислотного характеру [5], про що було засвідчено експериментально в науково-дослідній роботі [6].

Тому, з урахуванням відсутності виробництва поліефірних (лавсанових) волокон в нашій державі, а відтак з метою зменшення економічної залежності, нами були використанні взірці матеріалів, які були розроблені нашими співвітчизниками.

Спеціальний матеріал зразок (23) відноситься до тканин із змішаною пряжею (67: 23) по основі і утку. Це означає, що незалежно від напрямку (основа, уток) виготовлення проб, кількість лавсанових (67 %) і бавовняних (33 %) волокон, які створили структуру тканого полотна (переплетення-саржа з рапортом $R=2/2$) – однакові.

Указана структура за волокнистим складом, а саме 67 % синтетичних і 33 % натуральних волокон (рослинного і тваринного походження), відноситься до класичної і обґрунтовано поціновується в побутовому асортименті. Що ж стосується спеціального асортименту для ЗІЗ, то таке твердження не завжди може бути адекватним технологічному процесу конкретного підприємства та існуючим умовам праці. Тому нами свідомо були проведені дослідження з такими текстильними матеріалами, експериментальні показники яких підтвердили б можливість їх науково-обґрунтованого вибору при виготовленні ЗІЗ для вирішення нашої проблеми.

Результати відносно проб із зразку (23) показали, що за 5 днів експозиції, мікроорганізми зруйнували матеріал (по основі) на 0,8 %, а після 10 і 20 днів, процес біологічної деструкції збільшився від 17 % до 26,7 %. Після цього, тобто повного руйнування бавовняних волокон, величина розривального навантаження стабілізувалась і за 25...30 днів експозиції дорівнювала 534 Н рис. (1,6), зменшившись від вихідного на 30 %. Необхідно зазначити, що проби матеріалу після їх промивання в мильно-содовому розчині різко змінюють раніше створену ткачами структуру полотна, пов'язану з пористістю. Пористість зразків збільшується завдяки біологічному руйнуванню бавовняних волокон, кількість яких в пряжі основних і уткових нитках знаходиться на рівні 33 %.

Таблиця 3

Вплив мікроорганізмів на розривальні показники проб матеріалів різного асортименту P_p, H

Артикул тканини, номер зразка та волокнистий склад, %	Час обробки проб матеріалів мікроорганізмами, дні													
	Зміна розривальних характеристик від часу експозиції													
	без обробки		5 днів		10 днів		15 днів		20 днів		25 днів		30 днів	
	P_p, H	%	P_p, H	%	P_p, H	%	P_p, H	%	P_p, H	%	P_p, H	%	P_p, H	%
3053 100 % БВ	410	0,0	407	-0,7	200	-51,2	107	-74,0	43,6	-89,4	0,0	-100	0,0	-100
2701, 100 % ПЕ-О	1100	0,0	1100	0,0	1044	-5,1	1023	-7,0	1020	-7,3	1020	-7,3	1020	-7,3
100 % БВ-У	560	0,0	550	-1,8	274	-51,1	160	-71,4	67	-88,0	0,0	-100	0,0	-100
зразок 23, 33 % БВ 67 % ПЕ	763	0,0	757	-0,8	634	-17,0	567	-25,7	559	-26,7	534	-30,0	534	-30,0
86039, 100 % ПЕ	1200	0,0	1200	0,0	1200	0,0	1194	-0,5	1187	-1,1	1174	-2,2	1147	-4,4
3410, 100 % ВВ	480	0,0	478	-0,4	467	-2,7	447	-6,9	400	-16,7	344	-28,4	340	-29,2

Примітка: «-» зменшення розривальних показників, тому її можна рекомендувати для виготовлення спеціального одягу вантажникам холодильних цехів м'ясокомбінату, але тільки після проведення додаткових досліджень з позитивними результатами.

Таким чином, проведені дослідження показують, що методика обробки проб матеріалів, а саме рекомендована рецептура для отримання мікроорганізмів, характерних на підприємствах м'ясокомбінатів, слід вважати основними небезпечними факторами, що руйнують спеціальний одяг. Окрім цього експериментально доказано про безперспективність 100 % бавовняних і вовняних тканин, або їх суміші з іншими волокнами, при виготовленні спеціальних тканин для указаного одягу. Необхідно зазначити також, що введенні в термінологію матеріалознавства такого поняття як «біологічна стійкість», не суперечить його основній концепції про вивчення змін волокнистих матеріалів від впливу різних небезпечних факторів, в тому числі і мікроорганізмів. Це дає змогу не тільки дослідити зміну експлуатаційних характеристик текстильних полотен різного асортименту для указаних ЗІЗ, але, з урахуванням умов праці та практично перевірених випробувань, науково-обґрунтовано доказати доцільність їх використання. Отримані результати відносно розривальних характеристик, а саме їх зміни залежно від природи волокон і часу експозиції мікроорганізмів на проби, додатково проілюстровані в таблиці (3). Аналіз даних свідчить про те, що тканина арт. 86039, до складу якої входить 100 % поліефірне (лавсанове) волокно, за указаним критерієм відноситься до біологічно стійкої, а тому її можна рекомендувати для виготовлення спеціального одягу вантажникам холодильних цехів м'ясокомбінату, але тільки після проведення додаткових досліджень з позитивними результатами.

Література

1. Садов Ф.И., Корчагин М.В., Матецкий. Химическая технология волокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 783 с.

2. Айзенштейн Э.М. Химические волокна на рубеже тысячелетий // Тек-стильная промышленность. – 2000. – № 4. – С. 16-18.
3. Петухов Б.В. Полиэфирные волокна. – М.: Химия, 1976. – 270 с.
4. Калиновски Е., Урбанчик Г. Химические волокна. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 318 с.
5. Роговин З.А. Основы химии и технологии химических волокон.: Учебное пособие для студентов ВТУзов. – в 2-х томах. – М.: Химия, 1974. – 344 с.
6. Мычко А.А. Исследование проницаемости спец тканей на основе лавсановых волокон и их химостойкости и некоторым агрессивным жидкостям. Дис... канд. техн. наук: 05.19.01. – К., 1979. – 206 с.

Надійшла 11.9.2009 р.

УДК 685.34.02

В.В. ЦАНЬКО, Р.В. РОСУЛ
Мукачівський державний університет
В.П. ЛИБА
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ВЗАЄМОДІЇ МАТЕРІАЛУ ВЕРХУ З КОЛОДКОЮ В ПРОЦЕСІ ФРИКЦІЙНОЇ ШНУРОВОЇ ЗАТЯЖКИ

У статті висувається та підтверджується гіпотеза про характер взаємодії матеріалу верху з колодкою в процесі шнурової затяжки з фрикційною обтяжкою, завдяки якій покращується якість формування заготовки верху взуття.

This article put forward and confirmed the hypothesis about the nature of the interaction of material with the top pad during corded delay of friction jacketing through which improves the quality of wood forming the top of the shoe.

Ключові слова: шнурова затяжка, деформація, видовження, матеріал, заготовка, деталі верху взуття, формування, зусилля.

Постановка проблеми

На сьогоднішній день існує велика кількість різних методів формування взуття, серед яких слід виділити і шнурову затяжку [1-4]. Цей процес ще повністю не досліджений. Нами вперше висувається гіпотеза, за якою формування верху взуття при шнуровій затяжці можна розглядати як обтікання колодки матеріалом за допомогою фрикційної обтяжки. Поведінка матеріалу верху при фрикційній шнуровій затяжці має суттєві відмінності порівняно із іншими способами затяжки заготовки, і це зумовлено певною керованістю процесу. Для цього пропонується інженерний спосіб дослідження факторів що зумовлюють якість формування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останніх наукових публікаціях [5,6] викладені математична та фізична модель процесу фрикційної шнурової затяжки заготовки. Запропоновані моделі дають змогу в деякій мірі аналітично описати сам процес затягування верху взуття на колодку на різних його етапах, а також дослідити деякі невідомі досі показники, зокрема взаємозв'язок між зусиллям розтягу заготовки за допомогою шнура та силами тертя між матеріалом верху та поверхнею колодки.

Формулювання цілі статті

В даній публікації переслідуються кілька цілей: формулювання гіпотези про ймовірний характер взаємодії заготовки верху з поверхнею взуттєвої колодки при шнуровій затяжці деталей верху взуття із натуральних та синтетичних шкір; експериментальне дослідження конструктивних і технологічних чинників процесу затяжки, які впливають на якість готового взуття; доведення пунктів гіпотези.

Виклад основного матеріалу

Припустимо, що заготовка верху взуття виготовлена із анізотропного взуттєвого матеріалу, наділеного пружними і пластичними властивостями, та конструктивно відповідає поверхні взуттєвої колодки, яку вона охоплює. До затяжної кромки (ЗК) цієї заготовки прикладене рівномірно розподілене крайове зусилля (наприклад, за допомогою гнучкого силового елемента – шнура, пришитого переметним швом по краю ЗК), яке за величиною достатнє для надання заготовці пружної і високоеластичної деформації. Вкупі з прикладеним крайовим зусиллям до зовнішньої поверхні заготовки прикладене рівномірно розподілене по площі фрикційне зусилля (наприклад, за допомогою пружної діафрагми, яка за формою відповідає поверхні колодки). Фрикційне зусилля за величиною пропорційно зв'язане з крайовим зусиллям та направлене під деяким кутом до напрямку його дії (тобто одночасно і нормально і дотично до поверхні колодки). Це забезпечує рівномірне по площі притискання діафрагми до заготовки та, при умові, що сили тертя діафрагми об заготовку перевищують сили тертя заготовки об колодку, – рівномірне переміщення заготовки вздовж поверхні колодки. Особливістю загального силового поля є його строга регулярність та керованість в заданих напрямках у фіксовані проміжки часу.

Висунемо гіпотезу, що за описаних вище умов вірогідний рівномірний розподіл напружень та деформацій у матеріалі верху (по окремих ділянках заготовки), якісне його формування, забезпечення достатньої формостійкості та здатності приформовуватися до стопи споживача у перший період експлуатації взуття.

Для підтвердження цієї гіпотези здійснимо теоретичні та експериментальні дослідження фрикційної шнурової затяжки при максимально повному забезпеченні розглянутих умов, а також лабораторну і промислово апробацію дослідних зразків взуття.

Завдяки нашим дослідженням встановлено, що на якість формування деталей верху засобами шнурової затяжки впливає ряд чинників, серед яких найбільш вагомими є: технологічне навантаження на гнучкий силовий елемент, відносне подовження матеріалу верху, коефіцієнти тертя в системі „діафрагма-матеріал-колодка”, геометричні параметри поверхні колодки, ступінь розподілу нормальних тисків з боку пружних діафрагм, швидкість зміщення затяжної кромки та ін. Особливо великий вплив має величина і напрям прикладення технологічного навантаження на шнур, оскільки саме воно визначає величини та розподіл подовжніх і поперечних деформацій заготовки. Тому цей важливий фактор необхідно враховувати ще на етапі проектування обладнання для здійснення затяжки даного типу.

Точне визначення технологічного зусилля затягування експериментальним шляхом пов’язане з великими матеріальними витратами та широким розмахом варіювання результатів. Будь-які зміни в конструкціях верху взуття чи пакетів матеріалів заготовки спричинять поновлення пошукових дослідів у цьому напрямі.

З метою уникнення вказаних труднощів пропонується інженерний метод розрахунку технологічного зусилля шнурової затяжки та формування деталей верху взуття, котрий заснований на математичній залежності [5]:

$$Q_3 = f / [e^{-f(\alpha - \alpha_i - \Delta\alpha)} - e^{-f(\alpha - \alpha_i)}] \{ (1 - \epsilon) \epsilon I_k / A_c [\epsilon I_k + (I_k - S_{кр}) e^{0,5fL_3 \alpha}] \}. \quad (1)$$

У цій залежності вираз $(1 - \epsilon) \cdot \epsilon \cdot I_k / A_c$ в деякій мірі характеризує поступову зміну в’язко-пружних властивостей матеріалу верху у процесі затяжки заготовки – в сторону зменшення пластичної складової загальної деформації. У випадку великих значень ϵ заготовка буде формуватись при меншій величині зусилля затяжки Q_3 , і значно швидше, тобто збільшиться частка залишкової деформації порівняно з пружною складовою. Отже, отримана нами в попередніх роботах залежність дозволяє з достатньою точністю розраховувати основний параметр шнурової затяжки – технологічне навантаження на гнучкий силовий елемент, яке забезпечує якісне формування заготовки.

Для підвищення точності розрахунків розроблені алгоритм і комп’ютерна програма, визначені границі вихідних даних, що в результаті дало можливість розрахувати напруження і деформації заготовки при витягці її шнуром, розподіл яких по окремих ділянках представлений на рис. 1.

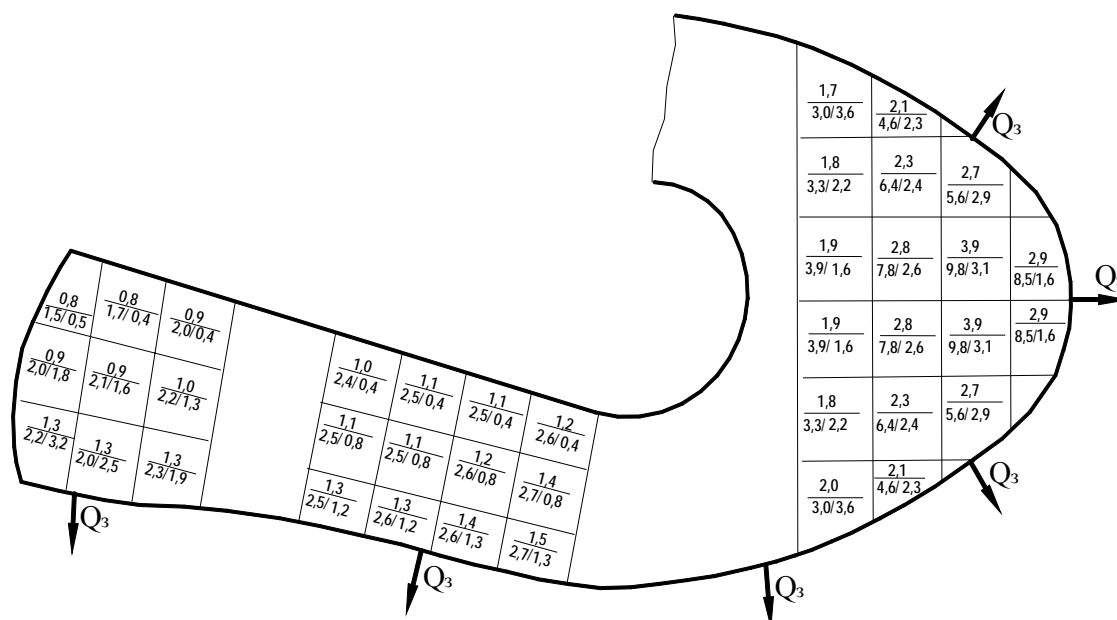


Рис. 1. Розрахунковий розподіл напружень і деформацій у заготовці верху при фрикційній шнуровій затяжці: зусилля затяжки $Q_3 = 150$ Н; в чисельнику – значення σ (МПа); в знаменнику – $\epsilon_{пов} / \epsilon_{ном}$ (%)

Важливо відмітити, що отримані розрахунковим методом величини деформацій відповідають значенням, встановленим Ю.П. Зибінім, який стверджував, що при формуванні ”п’яткова частина заготовки в подовжньому напрямі розтягується на 3– 6 %, союзка – на 5– 12 %, носок – на 10– 30 %” [2, стор. 183], а ”... для створення формостійкого верху шкіру необхідно розтягнути на 7-10 %” [2, стор. 199]. Таким чином, в результаті теоретичних досліджень підтверджена перша частина висунутої у дисертації гіпотези – відносно вибору технологічних умов якісного формування заготовки.

У результаті експериментів отримані регресійні залежності абсолютних видовжень у рядах квадратів різних ділянок заготовок залежно від величини технологічного зусилля на шнур, дії пружної фрикційної діафрагми та виду матеріалу верху – у подовжньому та у поперечному напрямках:

$$\Delta l = a + b \cdot Q_3 + c \cdot Q_3^2, \quad (2)$$

де Q_3 – питоме технологічне навантаження, що діє на матеріал через гнучкий силовий елемент, Н;
 a, b, c – коефіцієнти регресії.

Згідно з отриманими залежностями, характер зростання поперечних деформацій під дією зусилля Q_3 на носковій і п'ятковій ділянках практично однакові, на відміну від геленкової та пучкової, де графіки майже прямолінійні (коефіцієнт $c \rightarrow 0$). Таким чином, приформовування верху взуття до стопи у геленковій та пучковій частинах буде здійснюватися за рахунок поперечної деформації, яка буде складатись із високоеластичної та пластичної складових, не витягнутих під час формування заготовки. Величина цієї невикористаної деформації незначна (по 1,6– 2,7% з кожного боку), але в сумі її буде достатньо для приформовування та забезпечення комфортності взуття. Згідно з даними проф. Либи В.П., для досягнення комфортного рівня тиску в пучковій частині взуття достатньо, щоб матеріал верху у перші 12 днів носіння подовжився у поперечному напрямі на 1,4– 2,4% [7].

Наведені дані підтверджують важливу частину запропонованої нами гіпотези, а саме стосовно забезпечення достатньої формостійкості та здатності відформованого шнуровим методом верху приформовуватися до стопи споживача.

За результатами експериментальних досліджень та з практики роботи взуттєвих підприємств відомо, що при виконанні технологічних операцій формування деталей верху взуття іноді виникають перекося і складки матеріалу. Рівномірне обтікання колодки матеріалом та, відповідно якість формування залежать від таких головних факторів: розподілу нормальних тисків, деформаційних властивостей матеріалів заготовки, коефіцієнтів тертя в системі „діафрагма-матеріал-колодка”, геометричних параметрів колодки. Виконання розрахунків технологічного зусилля на шнур перед прикладенням його у зтягнутому обладнанні забезпечує не тільки рівномірне обтікання колодки матеріалом заготовки, а й високі показники формостійкості верху після формування. Для здійснення розрахунків у формулу (1) необхідно також підставити показники, які наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Рекомендовані вихідні дані для розрахунку технологічного зусилля шнурової зтяжки заготовки верху із різних матеріалів

Розрахунковий параметр	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення параметра
1. Відносне подовження матеріалу верху (середнє видовження при шнуровій зтяжці заготовки): - натуральна шкіра без підкладки - натуральна шкіра з текстильною підкладкою - натуральна шкіра з шкіряною підкладкою - штучна шкіра з шкіряною підкладкою - дубльована тканина з шкіряною підкладкою	ε	%	9,5 10,0 8,5 8,0 11,0
2. Периметр перетину колодки з тильної сторони (без ширини сліду) на відстані 0,68Д	l_k	мм;	вимірюється
3. Ширина зтягнутої кромки нормована	$S_{кр}$	мм	15±1
4. Коефіцієнт подовження пакету матеріалів заготовки	A_c	%/Н	10– 15
5. Коефіцієнт тертя підкладкового шару заготовки об поверхню колодки (дерев'яної, попередньо талькованої): - шкіра підкладкова - тканина підкладкова	$f_{зк}$	–	0,22 0,21
6. Коефіцієнт тертя гумової діафрагми об лицьову поверхню заготовки верху: - натуральна шкіра з лицьовим покриттям - натуральна шкіра шліфвана - штучна шкіра - тканина (вельвет)	$f_{дв}$	–	0,32 0,28 0,33 0,26
7. Коефіцієнт тертя капронового шнура об шов і матеріал верху взуття: - натуральна шкіра з лицьовим покриттям - натуральна шкіра шліфвана - штучна шкіра - тканина	f	–	0,42 0,40 0,43 0,38
8. Кут охоплення дуги тильної частини колодки (без ділянки сліду)	α	рад.	вимірюється
9. Поточний кут охоплення до елементарної ділянки	α_i	рад.	задається
10. Кут охоплення виділеної елементарної ділянки	$\Delta\alpha$	рад.	задається

В таблиці наведені окремі параметри, запропоновані на основі проведених нами експериментальних досліджень. Наприклад, відносні подовження матеріалів верху пропонуються із значень середніх поздовжніх і поперечних видовжень при шнуровій затязці заготовки у носково-пучковій частині. Коефіцієнт A_c видовження системи матеріалів заготовки також вибраний для пакетів, які були досліджені у цій роботі

Значення коефіцієнтів тертя між заготовкою і колодкою $f_{зк}$, між діафрагмою і матеріалом верху $f_{дв}$ та між шнуром і верхом f пропонуються на основі аналізу результату роботи та з урахуванням того, що при використанні цих значень для конкретних розрахунків у отримані розрахункові дані були з досить високою точністю підтверджені експериментальними дослідженнями

Проведені нами розрахунки з використанням рекомендованих параметрів (табл. 1) щодо заготовок із різних матеріалів показали, що відхилення розрахункових величин Q_z від тих, які спостерігались в експериментах, знаходяться в межах 10 %. Таким чином, можна стверджувати, що запропонований розрахунковий метод з вірогідністю $p=0,90$ забезпечує достатню достовірність обчислень технологічного зусилля затягування заготовки.

Висновки

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень запропонований інженерний метод визначення необхідного для забезпечення нормованої ширини затязної кромки технологічного навантаження на шнур за геометричними параметрами заготовки, показниками властивостей матеріалів верху та діафрагми.

Сформульована і в процесі наступних досліджень підтверджена гіпотеза про імовірний характер взаємодії матеріалу заготовки з колодкою в процесі фрикційної шнурової затязки, згідно з якою якість верху взуття після завершення його формування пов'язується з наперед заданими геометричними і силовими параметрами переміщення заготовки по поверхні колодки. Головними умовами якісного формування є рівномірний розподіл затязного зусилля по краю затязної кромки з одночасним прикладенням зсувного фрикційного навантаження по зовнішній поверхні заготовки.

Література

1. Тонковид Л.А. Автоматизация сборочных процессов в обувной промышленности. – К.: Техніка, 1984. – 247с.
2. Тонковид Л. А., Магамедов Х. Г. Исследования процесса фрикционного формирования заготовок верха обуви с помощью диафрагмы // Изв. вузов. Технология легкой пром-сти. – 1982. – № 3. – С. 77-81.
3. Росул Р. В., Тонковид Л. А. Дослідження режимів шнурової затязки заготовки верху взуття // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2002. – № 5. – С. 51 – 54.
4. Зыбин Ю. П. Технология изделий из кожи. – М.: Легкая индустрия, 1975. – С. 173-203.
5. Росул Р.В., Либа В. П. Математична модель процесу формування заготовки верху взуття при шнуровій затязці (Повідомлення 1) // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2. – С.239– 243.
6. Росул Р.В., Либа В. П. Математична модель процесу формування заготовки верху взуття при шнуровій затязці (Повідомлення 2) // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 5. – Т. 2. – Технічні науки. – С.179 – 183.
7. Лыба В. П. Теория и практика проектирования комфортной обуви: дис.... доктора техн. наук. – М., 1996. – 314 с.

Надійшла 14.9.2009 р.

УДК 685.34.016.3+514.181.22

Т.А. НАДОПТА

Хмельницький національний університет

ТОЧНІСТЬ ГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ

Проведено аналіз точності графічних методів проектування деталей.

The analysis of graphic methods precision by designing of details is executed.

Ключові слова: деталі взуття, графічні методи проектування.

Вступ та постановка задачі. Графічні методи широко застосовуються в практиці проектування деталей взуття. В принциповому плані вони можуть реалізовуватись як з використанням певних засобів автоматизації процесів, наприклад шляхом застосування комп'ютерної техніки та програмного забезпечення спеціального чи універсального призначення, так і традиційним способом креслення. Останній варіант, не дивлячись на його в певній мірі анахронізм, не втратив своєї актуальності з причини простоти, універсальності, відсутності потреби в дорогому устаткуванні та у спеціальній підготовці працівників. В

сукупності зазначені переваги і забезпечують відносну дешевизну проектних робіт. Приклад побудови деталей верху графічним методом демонструє рис. 1.

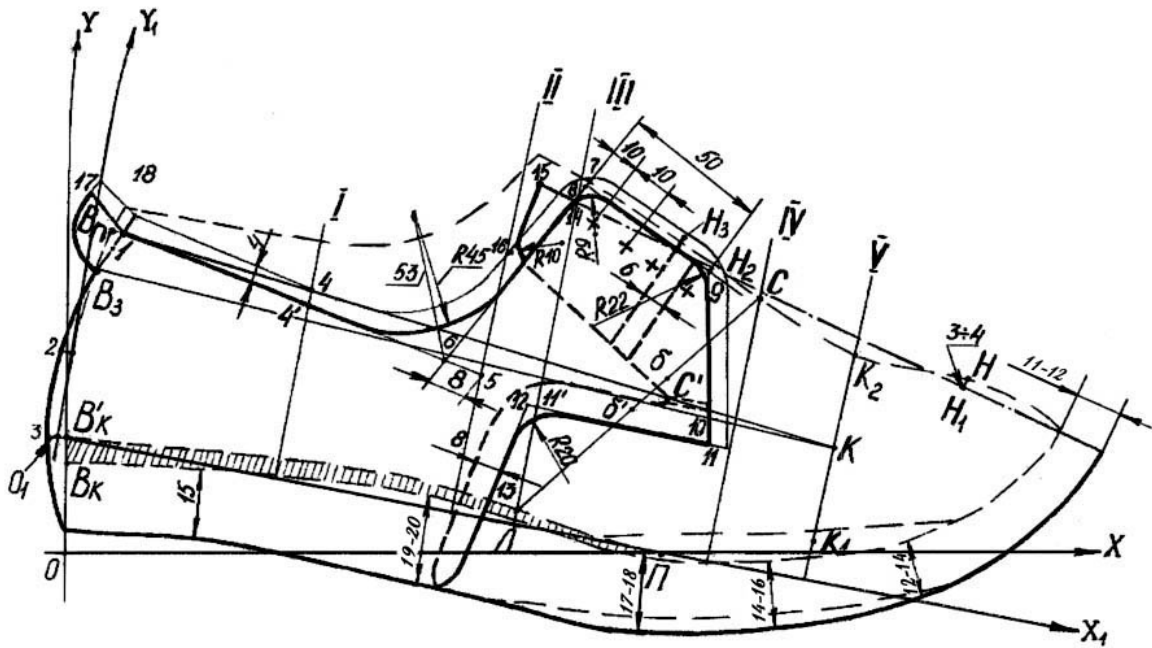


Рис. 1. Приклад використання графічного методу для проектування деталей верху взуття

Проте графічним методам притаманний дуже суттєвий недолік – низька точність. Однак це питання детально не розглядалось з точки зору впливу можливих відхилень при побудові абрисів деталей на властивості готових виробів [1-5].

Аналіз точності графічних методів. Загальна постановка питання демонструється рис. 2.

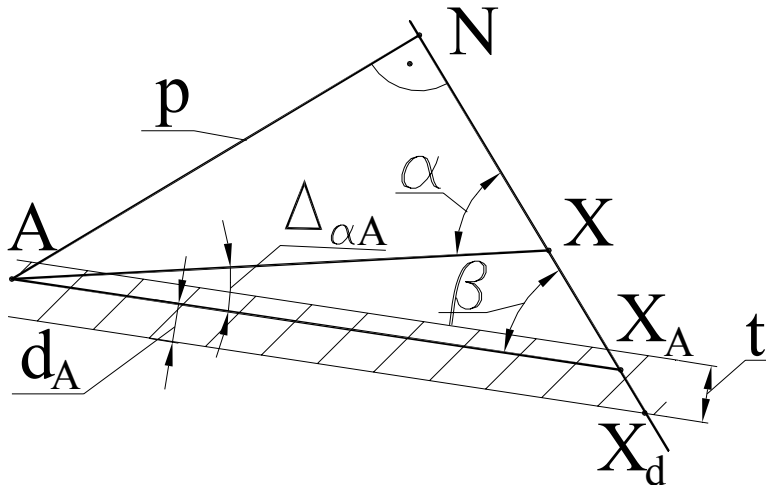


Рис. 2. Схема формування похибок графічної побудови

Введемо деякі терміни:

A – базова точка, з якої проводиться лінія побудови;

p – параметр нормалі (найкоротша відстань від базової точки до контрлінії NX);

X – ідеалізована точка перетину лінії побудови та контрлінії;

α – кут розхилу між лінією побудови та контрлінією;

t – товщина лінії побудови;

X_A – зміщена ідеалізована точка перетину;

X_d – реальна гранична точка перетину;

Δ_a – похибка кута, по ціні поділки звичайного креслярського інструменту можна прийняти $\Delta_{aA}=1^\circ$

d_A – зміщення реальної лінії побудови стосовно ідеалізованого положення.

Далі розглядається тільки та ситуація, коли реальні відхилення від ідеалізованих положень призводять до найгірших результатів в аспекті точності. Вона може мати місце тільки у випадку, коли кут розхилу буде зменшуватись.

З рис. 2 слідує, що $NX = p/tg\alpha$, тоді відстань до ідеалізованої точки перетину з врахуванням того,

що $\beta = \alpha - \Delta_{\alpha A}$,

$$NX_A = \frac{p}{\operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})}, \quad (1)$$

а її зміщення

$$\Delta_{XA} = \frac{p}{\operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})} - \frac{p}{\operatorname{tg}\alpha} = p \left(\frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})}{\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})} \right). \quad (2)$$

Враховуючи, що $\sin \beta = d_A / (X_d - X_A)$, граничне відхилення від ідеалізованого положення

$$\Delta_{Xd} = \Delta_{XA} + X_d - X_A = p \left(\frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})}{\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})} \right) - \frac{d_A}{\sin \beta}. \quad (3)$$

Відносна помилка побудови стосовно ідеалізованого положення точки перетину

$$\delta_{Xd} = \frac{\Delta_{Xd} \operatorname{tg}\alpha}{p} = \frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})}{\operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})} - \frac{d_A \operatorname{tg}\alpha}{p \cdot \sin \beta}. \quad (4)$$

Аналогічний показник, розрахований стосовно тільки параметра нормалі

$$\delta_{XdP} = \frac{\Delta_{Xd}}{p} = \frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})}{\operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})} - \frac{d_A}{p \cdot \sin \beta} \quad (5)$$

В більш складному випадку, коли неточно проведена не тільки лінія побудови, але й контролінія, права частина рис. 2 дещо видозміниться (рис. 3).

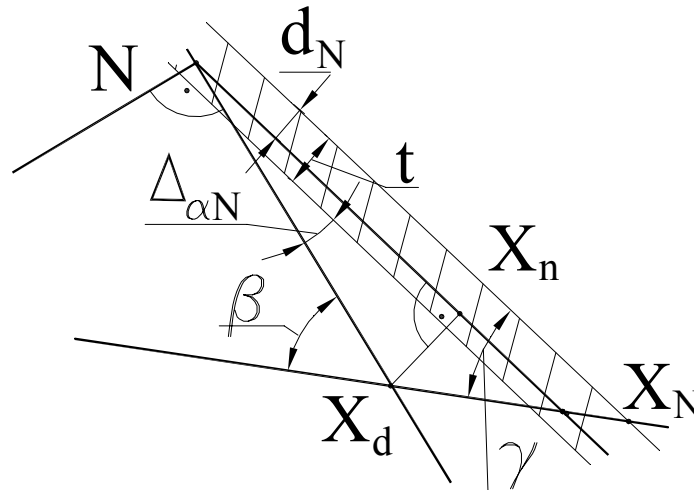


Рис. 3. Схема формування відхилення при зміщенні контролінії

Оскільки $NX_n = X_d N \cos \Delta_{\alpha N}$, а $X_d X_n = X_d N \sin \Delta_{\alpha N}$, то уточнене граничне положення точки перетину визначається відстанню її до точки N

$$NX_N = X_d N \cos \Delta_{\alpha N} + \frac{X_d N \sin \Delta_{\alpha N}}{\operatorname{tg}\gamma} + \frac{d_N}{\operatorname{tg}\gamma}, \quad (6)$$

де $\gamma = \beta - \Delta_{\alpha N}$.

Тоді абсолютне значення повного граничного відхилення з врахування похибки положення контролінії

$$\Delta_{XN} = NX_N - NX = X_d N \cos \Delta_{\alpha N} + \frac{X_d N \sin \Delta_{\alpha N}}{\operatorname{tg}\gamma} + \frac{d_N}{\operatorname{tg}\gamma} - \frac{p}{\operatorname{tg}\alpha}, \quad (7)$$

а відносно

$$\delta_{AN} = \frac{\Delta_{XN} \operatorname{tg}\alpha}{p} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{p} \cdot \left(X_d N \cos \Delta_{\alpha N} + \frac{X_d N \sin \Delta_{\alpha N}}{\operatorname{tg}\gamma} + \frac{d_N}{\operatorname{tg}\gamma} - \frac{p}{\operatorname{tg}\alpha} \right), \quad (8)$$

де $X_d N = NX + \Delta_{Xd} = \frac{p}{\operatorname{tg}\alpha} + p \left(\frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})}{\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \Delta_{\alpha A})} \right) - \frac{d_A}{\sin \beta}$.

По аналогії з формулою (5) відносно відхилення, розраховане стосовно параметра нормалі

$$\delta_{ANP} = \frac{\Delta_{XN}}{p} = \frac{1}{p} \cdot \left(X_d N \cos \Delta_{\alpha N} + \frac{X_d N \sin \Delta_{\alpha N}}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{d_N}{\operatorname{tg} \gamma} - \frac{p}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \quad (9)$$

На основі аналізу практичних розробок, виконаних графічним методом, встановимо реальні межі зміни параметрів, які входять в формули (1) – (9): $p=50 - 200$ мм, $\alpha=90 - 20^\circ$, $\Delta_{\alpha A} = \Delta_{\alpha N}=1^\circ$, $d_A=d_N=0,8$ мм. Результати розрахунків відносних відхилень, розрахованих стосовно ідеалізованого положення точки перетину представлені на рис. 4, стосовно параметра нормалі – на рис. 5.

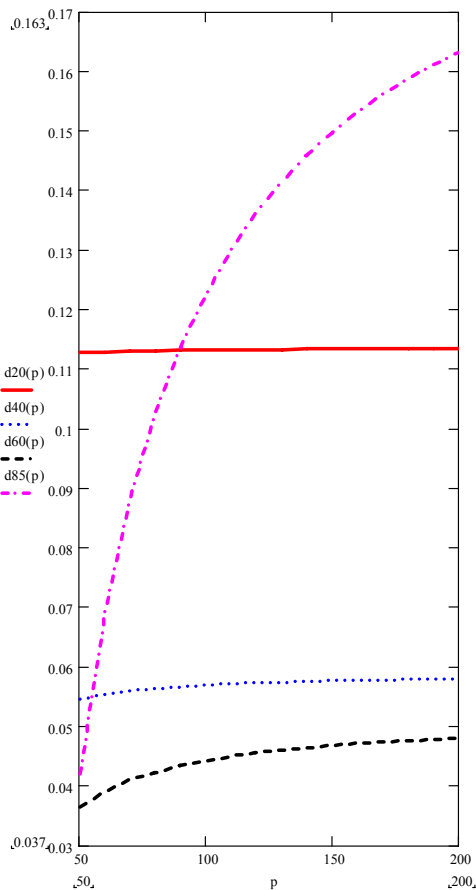


Рис. 4. Відносне відхилення стосовно ідеалізованого положення

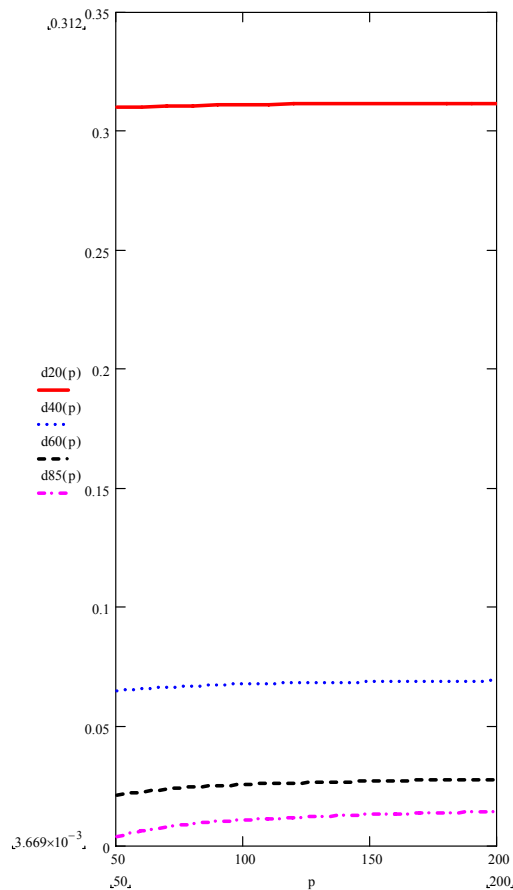


Рис. 5. Відносне відхилення стосовно параметра нормалі

З рис. 4 і 5 слідує, що відносна помилка при використанні графічних методів проектування в деяких випадках може досягати значень 17 % (стосовно ідеалізованого положення) та 33 % (стосовно параметра нормалі). Ці показники набагато перевищують межі пружних деформацій матеріалів, які використовуються у виробництві взуття [6, 7].

Висновок. Графічні методи проектування деталей взуття в основі своїй неточні, при цьому помилка абрисів деталей може бути такою, що необхідна для компенсації цих неточностей деформація розтягу деталей перевищує межі пружності, тобто напруження стиску стопи можуть спричинити певний дискомфорт при використанні взуття. Очевидна потреба розробки принципово нових методів проектування, які б забезпечували на основі досконалого аналітичного апарату високу точність проектування при його низькій собівартості, а також прийнятну комфортність виробів. Останнє буде досягнуто в разі, коли буде реалізована можливість автоматизованого проектування і виробництва взуття індивідуального використання.

Література

1. Зыбин Ю.П. Конструирование изделий из кожи. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 318 с.
2. Ликумович В.Х. Проектирование обуви. – М.: Легкая индустрия, 1971. – С. 196-227
3. Макарова В.С. Моделирование и конструирование обуви и колодок. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – С. 42-49
4. Конструирование изделий из кожи / Ю.П. Зыбин, В.М. Ключникова, Т.С. Кочеткова, В.А. Фукин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – С. 182-192
5. Бегняк В.І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри: Навчальний посібник для студентів ВНЗ спеціальності 7.091820 «Взуття, шкіргалантерейні та лимарні вироби». – Хмельницький: ТУП, 2002. – С. 260.

6. Материаловедение изделий из кожи / Зыбин Ю. П., Авилов А. А., Гвоздев Ю. М., Чернов Н. В.. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 384 с.

7. Зурабян К. М., Краснов Б. Я., Бернштейн М. М. Материаловедение изделий из кожи. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 416 с.

Надійшла 21.9.2009 р.

УДК 685.34.01

М.С. БЕДНАРЧУК
Львівська комерційна академія

ВСТАНОВЛЕННЯ БАЗОВИХ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПІДКЛАДКИ ОСІННЬО-ЗИМОВОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ МОЛОДІ

У статті обґрунтована необхідність та наведені результати досліджень по встановленню базових (нормативних) значень показників якості матеріалів для підкладки осінньо-зимового взуття для молоді. Ці базові значення необхідно використовувати при виборі реальних матеріалів для підкладки взуття.

It is proved the necessity and given results of investigation on ascertainment of base (normative) meanings of the indices quality of support materials for autumn-winter shoes for youth. These basic meanings are necessary to use by choosing the real leather.

Ключові слова: якість матеріалів, осінньо-зимове взуття.

Вступ. В економічно розвинених країнах світу існує ієрархія первинних потреб людини. В цій ієрархії першою поставлена потреба людського організму в енергії, другою – потреба в забезпеченні макроклімату для організму людини (побудова і облаштування житла), третьою – потреба у забезпеченні належного мікроклімату навколо тіла людини (одяг, взуття, головні убори і т.д.) [1]. На формування оптимального мікроклімату всередині взуття під час його експлуатації визначальний вплив мають матеріали підкладки [2].

Об'єкти та методи дослідження.

Об'єктами дослідження були сучасні матеріали для підкладки взуття для осінньо-зимового сезону для молоді, а також показники окремих характеристик найважливіших властивостей цих матеріалів. Дослідження проводились шляхом аналізу наявної наукової інформації про матеріали для підкладки взуття та визначення лабораторними методами за стандартними методиками окремих показників властивостей нових матеріалів.

Постановка проблеми.

Сучасні матеріалознавство, технологія виробництва та товарознавство взуття в системі актуальних завдань, які забезпечують їх подальший розвиток, одними з першочергових вважають не лише накопичення і систематизацію інформації про асортимент вихідних матеріалів для виготовлення взуття, а і формування об'єднаних банків даних про вимоги до вихідних матеріалів, конструкцій, асортименту і споживних властивостей взуття [1]. Саме розробка системи науково обґрунтованих вимог, яка б охопила всі складові забезпечення якості (матеріали, конструкції, виробництво, номенклатура і структура асортименту, комплекс найважливіших для споживача характеристик взуття) варто вважати важливим науковим завданням і наукових шкіл провідних профільних навчальних закладів і науково-дослідних структур легкої промисловості та торгівлі [3, 4]. Наявність таких банків даних може значно полегшити діяльність виробників взуття при виборі матеріалів, конструкцій тощо для споживачів конкретної вікової категорії та умов експлуатації взуття [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Найвагоміші публікації, в яких проведено дослідження вимог до матеріалів для виробів з шкіри, або сформульовані такі вимоги, були зроблені вченими Рибальченком В.В., Коновалом В.П., Кушніром М.К., Беляєвим П.С., Гаркавенко С.С. та ін [6-11]. Але наявні в цих працях дані не утворюють єдиний комплекс вимог відносно окремих груп взуття за віко-статевим призначенням та умовами експлуатації. У чинних нормативних документах [12-24] також наведена обмежена номенклатура показників якості матеріалів і відсутня чітка система вимог.

Невирішені частини проблеми.

На основі аналізу наявних даних про вимоги до взуття ми дійшли висновку [5], що проблему задоволення потреб споживачів різних віко-статевих груп у взутті конкретного сезонного призначення оптимально вирішувати у два етапи: формування системи вимог до матеріалів і конструкцій взуття конкретного віко-статевого призначення і умов експлуатації та формування вимог до такого взуття як завершеного виробу в цілому. На першому етапі роботи вимоги доцільно формулювати окремо для матеріалів верху, підкладки та підошви взуття.

Постановка завдання.

На основі накопичення, систематизації та аналізу даних про значення показників якості та

результатів лабораторних досліджень окремих матеріалів нами було поставлено завдання створити номенклатуру та встановити базові значення показників якості матеріалів для підкладки осінньо-зимового взуття для молоді.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Загальні вимоги до матеріалів підкладки взуття визначаються комплексом потреб споживачів, які підкладка повинна забезпечити в процесі функціонування взуття. Найважливішими з цих потреб провідні вчені даної галузі вважають [6-11]: потребу у захисті зовнішніх деталей верху і швів від зношування і деформації, потребу у захисті стопи від пошкодження і тертя, потребу забезпечення гігієнічних, теплозахисних і амортизаційних властивостей взуття; потребу формування зовнішнього вигляду внутрішньої поверхні туфелі і напівчеревики. Таким чином, в загальному усі матеріали для підкладки взуття повинні бути гігроскопічними і паропроникними, а також стійкими до стирання, багаточислових деформацій і поту.

Молодіжне взуття для осінньо-зимового періоду експлуатації, що виготовлене з дотриманням чинних вимог до комплектації пакету матеріалів верху та розміщення цих матеріалів у конструкції, повинно мати підкладку: шкіряну в п'ятковій частині і текстильну в носковій частині (туфлі і напівчеревики); під передами чи союзками, по всій площі халяв чи берців або лише у верхній їх частині (чобітки, напівчобітки і напівчоботи).

Молодіжне демісезонне взуття (найчастіше напівчеревики і черевики; рідше напівчоботи) фабричного закордонного виробництва (так зване фірмове взуття) може мати текстильну чи шкіряну підкладку під усіма деталями верху; таке взуття з верхом з шкіри підвищеної товщини може бути виготовлене без підкладки.

Вважається, що підкладка зношується від комплексної дії тиску і тертя стопи (особливо на ділянці пальців, пучків і п'ятки); поту, бруду і підвищеної температури; багаторазового згинання та багатовекторного розтягування. При експлуатації взуття молоддю (особливо хлопцями старшого шкільного віку та юнаками) важливими факторами зношування є концентровані точкові або сегментні навантаження внаслідок ударів ногою (копання), миттєвого прискорення чи зупинки (біг), відштовхування і приземлення (підскакування). Зруйнована підкладка може стати причиною натирання стопи і прискорює руйнування панчіх і шкарпеток.

З врахуванням вище викладеного на кафедрі товарознавства непродовольчих товарів Львівської комерційної академії протягом останніх років проводились системні дослідження з метою визначення базових значень показників якості натуральної, штучної та синтетичної шкіри для підкладки взуття осінньо-зимового сезону для молоді. При виконанні цих досліджень було встановлено, що практично відсутні систематизовані вимоги до конкретних видів взуття, які би враховували особливості його виготовлення та умови експлуатації, оскільки чинні нормативні документи [13] нормують хімічний склад та окремі показники фізико-хімічних властивостей і практично не нормують показники надійності, ергономічності, екологічності.

Крім того, вибір базових значень показників якості матеріалів для підкладки додатково ускладнюють: відсутність узагальнення показників якості за призначенням взуття та застосуванням у конструкції; неузгодженість їх розмірності; часті зміни вимог при перегляді стандартів; відсутність правдивих даних про властивості імпортованих матеріалів.

При аналізі показників властивостей матеріалів встановлювався інтервал значень цих показників і визначались їх базові значення відповідно до призначення матеріалу. У табл. 1 наведені результати досліджень зі встановлення базових (нормативних) значень для натуральної, штучної і синтетичної шкіри для підкладки взуття.

Таблиця 1

Вимоги до шкір для підкладки взуття осінньо-зимового сезону для молоді

№ п/п	Найменування показників якості та їх розмірність (ГОСТ 4.111; ГОСТ 4.116; ДСТУ 3177; ГОСТ 28144)	Позначення	Інтервал значень показників (чисельник) та базові значення (знаменник)				НД на метод визначення показників
			Натуральні шкіри		Штучні шкіри на нетканій основі	Синтетичні шкіри на нетканій основі	
			з нітропокриттям	спилок	з амідоеластопокриттям	з поліуретановим покриттям	
1	2	3	4	5	6	7	8
Показники надійності							
1.	Межа міцності при розтягненні, МПа, (середнє з двох напрямків), не менше	σ_p	11-12 / 11,5	9-10 / 9,5	8-10 / 9,0	9-12 / 10,5	ГОСТ 938.11; НД

1	2	3	4	5	6	7	8
2.	Розривне навантаження, даН (середнє з двох напрямків), не менше	R_p	–	–	16-18 / 17,0	21-25 / 23,0	ГОСТ 17316
3.	Подовження при розриві, даН (середнє з двох напрямків), не менше	ϵ_p	50-60 / 55	20-40 / 30,0	90-104 / 97,0	92-120 / 106,0	ГОСТ 17316
4.	Подовження при напруженні 10 МПа, % (середнє з двох напрямків), не менше	ϵ_1	15-35 / 25,0	15-20 / 17,5	–	–	ГОСТ 938.11
5.	Стійкість забарвлення шкір, бали, не менше: до сухого тертя до вологого тертя	Y_c Y_m	5 4	5 4	5 4	5 4	ГОСТ 973325
6.	Стійкість до багаторазового згинання, кілоцикли, не менше	Y_3	500	–	300	700	ГОСТ 13868 ГОСТ 8978
7.	Жорсткість, сН, (середнє з двох напрямків), не більше	D	20-48 / 24,0	16-50 / 33,0	25-75 / 50,0	28-50 / 39,0	ГОСТ 8977
8.	Пружність, % (середнє з двох напрямків), не менше	Y	60-80 / 70,0	50-70 / 60,0	65-85 / 75,0	70-90 / 80,0	ГОСТ 8977
9.	Стираємість, г/МДж, не більше	Y_c	40-50 / 45,0	60-90 / 75,0	12-35 / 23,5	50-54 / 52,0	ГОСТ 8975
Ергономічні показники							
10.	Паропроникність, мг/ (см ² × год.), не менше	A_n	1,5-3,5 / 2,5	3,5-7,5 / 5,5	1,5-3,5 / 2,5	1,0-3,0 / 2,0	ГОСТ 938.17 ГОСТ 22900
11.	Гігроскопічність, %, не менше	Γ	10-16 / 13,0	13-19 / 16,0	12-20 / 16,0	7-9 / 8,0	ГОСТ 938.11
12.	Вологовіддача, %, не менше	B_d	8,0-10,0 / 9,0	8,5-10,5 / 9,5	10-18 / 14,0	6-10 / 8,0	ГОСТ 8971
13.	Намокання, %, не більше	W_n	80-120 / 100,0	100-140 / 120,0	30-50 / 40,0	40-48 / 44,0	
14.	Теплопровідність, Вт/ (м × °С), не більше	T	0,07-0,09 / 0,080	0,06-0,08 / 0,07	0,08-0,011 / 0,095	0,06-0,09 / 0,075	НД, ГОСТ 7076
15.	Товщина, мм	t	0,7-0,9 / 0,80	0,8-1,0 / 0,90	1,0-1,2 / 1,10	0,8-1,0 / 0,9	ГОСТ 938.15 ГОСТ 17073
Естетичні показники							
16.	Еластичність, бали	–	7 – 8	7 – 8	–	–	НД, ГОСТ 940
17.	Оздоблення, бали	–	16 – 20	16 – 20	–	–	
18.	Структура лицьової поверхні, бали	–	9 – 12	9 – 12	–	–	
19.	Зовнішній вигляд, бали	–	–	–	16 – 18	16 – 18	НД

Висновки. Аналіз даних чинної нормативної документації на взуттєві матеріали, зарубіжної інформації про матеріали для взуття, даних науково-дослідних інститутів та установ та іншої наукової інформації, а також випробування взуттєвих матеріалів за стандартними методиками дозволили встановити базові значення для шкір для підкладки взуття, які необхідно використовувати при виборі реальних шкір для підкладки взуття осінньо-зимового періоду для молоді. Ці базові значення необхідно використовувати і для вибору матеріалів для взуття за комплексними методами оцінювання.

Література

1. Беднарчук М.С. Товарознавчі аспекти формування національного ринку взуття для молоді. Л.: Вид-во Львівської комерційної академії, 2009 – 444 с.
2. Лиюкумович В.Х. Структурний аналіз якості обуви. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 160 с.
3. Замороко Т.Л., Яцишина Л.К. Проблеми сучасного стану розвитку легкої промисловості в умовах

інтеграції до СОТ // Вісник Київ. нац. ун-ту технології та дизайну. – 2008. – № 1. – С. 9-13.

4. Пугачевський Г.Ф. Методологія товарознавства: структурні трансформації на засадах конвергенції: Доповідь на Міжнародній науково-практичній конференції «Товарознавство і торговельно-підприємництво: фахова професіоналізація, дослідження, інновації». – К.: КНЕУ, 15-16 квітня 2009.

5. Беднарчук М.С., Коновал В.П. Встановлення нормативних значень показників якості матеріалів для верху осінньо-зимового взуття для молоді. Повідомлення 1. Базові значення показників якості натуральних шкір для верху взуття // Вісник Київ. нац. ун-ту технології та дизайну. – 2009. – № 3 (47). – С. 74-78.

6. Лиокумович В.Х. Структурный анализ качества обуви. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 160 с.

7. Справочник обувщика (Проектирование обуви, материалы) / Л.П.Морозова, В.Д. Полуэктова, Е.Я. Михеева и др. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 432 с.

8. Кушнір М.К., Тихонова Н.П. Товарознавство непродовольчих товарів. Частина III. Товарознавство взуттєвих товарів. – К.: НМЦ "Укоопосвіта", 2001. – 266 с.

9. Натуральні і штучні матеріали для взуття / Коновал В.П., Рибальченко В.В., Хомяк М.Є., Шевченко Г.І. – К.: КНУДТ, – 2005. – 218 с.

10. Матеріалознавство виробів легкої промисловості / Рибальченко В.В., Коновал В.П., Хомяк М.Є., Шевченко Г.І. – К.: КНУДТ, – 2008. – 320 с.

11. Гаркавенко С.С. Розвиток наукових основ проектування технологічних робіт на стадії створення конкурентоспроможної продукції взуттєвої та шкіргалантерейної галузі: автореферат дис. доктора техн. наук: 05.18.18. – К.: КНУДТ, 2009. – 37 с.

12. ГОСТ 938. Кожа. Методы испытаний.

13. ГОСТ 939. Кожа для верха обуви. Технические условия.

14. ГОСТ 940. Кожа для подкладки обуви. Технические условия.

15. ГОСТ 7076. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности.

16. ГОСТ 8971. Кожа искусственная, пленочные материалы и картон обувной. Метод определения гигроскопичности и влагоотдачи.

17. ГОСТ 8975. Кожа искусственная. Метод определения истираемости и слипания покрытия.

18. ГОСТ 8977. Кожа искусственная и пленочные материалы. Определения гибкости, жесткости и упругости

19. ГОСТ 8978. Кожа искусственная и пленочные материалы. Метод определения устойчивости к многократному изгибу

20. ГОСТ 13868. Кожа хромовая для верха обуви. Метод определения устойчивости покрытия к многократному изгибу

21. ГОСТ 17316. Кожа искусственная. Метод определения разрывной загрузки и удлинения при разрыве.

22. ГОСТ 17073. Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1 м².

23. ГОСТ 22900. Кожа искусственная и пленочные материалы. Метод определения паропрооницаемости и влагопоглощения

24. ГОСТ 9733.25. Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к отбеливанию

Надійшла 21.9.2009 р.

УДК 677.624

Г.О. ПУШКАР

Львівська комерційна академія

ТОВАРОЗНАВЧІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ТА ЯКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОББИВКИ МЕБЛІВ

Дана загальна характеристика класифікації і асортименту текстильних матеріалів, які використовуються для оббивки меблів. Розглянуто сучасний асортимент меблевих текстильних матеріалів. Дано аналіз гігієнічних вимог до меблевих текстильних матеріалів.

Classification and product mix of furniture upholstery textile. Modern product mix of furniture upholstery textile. The analysis of hygienic standards of furniture upholstery textile has been made.

Ключові слова: текстильні матеріали, інтер'єр.

Вступ. Сучасний текстиль, як відомо, вражає своєю різноманітністю застосування. Окрім традиційної сфери використання текстильних полотен і поштучних виробів, в нашій країні, як і в багатьох економічно розвинутих зарубіжних країнах, чітко окреслився новий перспективний сегмент ринку текстилю, який отримав назву інтер'єрного текстилю. Основним призначенням інтер'єрних полотен є їх широке використання для оздоблення житлових і адміністративних приміщень.

Потреба в різних за призначенням і способами виробництва групах інтер'єрного текстилю, суттєвому розширенні та оптимізації його видового асортименту і вдосконалення способів оздоблення

обумовлена, як відомо, значним ростом в останні роки обсягів житлового будівництва в нашій країні. Це і стало основною причиною появи в нашій країні, як і в багатьох зарубіжних країнах, нового сегменту ринку – ринку інтер'єрного текстилю, розвиток якого характеризується високою динамічністю і ємністю [1-4].

Постановка задачі. Поява названого сегменту ринку ставить перед фахівцями товарознавчого профілю, включаючи і галузеву, і вузівську товарознавчу науку, ряд конкретних і відповідальних завдань по інформативному забезпеченню даного сегменту ринку. При цьому першочергового вирішення, на нашу думку, включають такі завдання:

- узагальнення світового досвіду формування асортименту, властивостей, якості та конкурентоздатності різних за призначенням груп інтер'єрного текстилю;
- вивчення структури потреб на основні види інтер'єрного текстилю різного цільового призначення, способів виробництва, будови та оброблення;
- сучасної товарознавчої характеристики групового, видового і внутрішньовидового асортименту і інтер'єрного текстилю різного цільового призначення;
- обґрунтування ознак класифікації інтер'єрного текстилю і створення на цій основі науково-обґрунтованих систем його класифікації та кодування, придатних для використання комп'ютерних технологій для управління даним сегментом ринку;
- створення необхідного банку даних для інформаційного забезпечення успішного функціонування цього нового та перспективного сегменту ринку.

Основна частина. Розглянемо більш детально окремі аспекти цієї багатопланової товарознавчої проблеми. Характерно відзначити при цьому, що інформація про ситуацію на вітчизняному ринку інтер'єрного текстилю, як і інформаційне забезпечення цього ринку, практично відсутня в монографічних, періодичних, а тим більше в навчальних товарознавчих виданнях, незважаючи на актуальність і значимість цих питань як для науки, так і для практики.

Створення наукових засад формування і оптимізації різних за призначенням груп інтер'єрного текстилю вимагає, на нашу думку, першочергового вирішення наступних завдань:

- визначення та обґрунтування основних термінів, що стосуються видового асортименту основних груп інтер'єрного текстилю;
- створення єдиної науково-обґрунтованої класифікації групового, видового і внутрішньовидового асортименту інтер'єрного текстилю;
- створення серії спеціалізованих нормативних документів, в яких регламентувались би вимоги до асортименту різних за призначенням, способами виробництва, волокнистим складом і обробленням груп і виробів, що відносяться до інтер'єрного текстилю.

Необхідність безвідкладного вирішення піднятих питань диктуються низкою причин [1-8], а саме:

- наявністю в монографічних, періодичних і навчальних виданнях тільки окремих фрагментарних даних, які стосуються термінів і визначень, класифікації і стандартизації асортименту та властивостей інтер'єрного текстилю;
- відсутністю в сучасних підручниках і посібниках з товарознавства інформації, що стосується класифікації і характеристики групового і видового асортименту даної групи текстильних товарів;
- відсутність даних про структуру потреб на ті види текстильних матеріалів і виробів, які входять до товарного комплексу «інтер'єрний текстиль»;
- відсутністю інформації про номенклатуру показників якості текстильних полотен і виробів, що відносяться до інтер'єрного текстилю;
- відсутністю товарознавчої інформації про стан вітчизняного і зарубіжного ринків інтер'єрного текстилю.

Враховуючи широту видового та внутрішньовидового асортименту полотен і виробів інтер'єрного призначення особливої актуальності у формуванні їх оптимізації асортименту набувають питання їх систематизації, класифікації та термінології.

Для прикладу при вирішенні цих питань як об'єкт досліджень візьмемо текстильні матеріали і вироби для оббивки меблів.

Сучасний асортимент меблевих текстильних матеріалів можна класифікувати за такими ознаками:

1. За способом виробництва текстильні матеріали для оббивки меблів поділяють на: ткани, трикотажні, неткані, плівкові, килимові тощо.
2. За волокнистим складом використаної сировини текстильні меблеві матеріали бувають: бавовняні, льняні, капронові, лавсанові, вовняні, нітроніві, віскозні, з комбінації різних видів пряді і ниток і ін.
3. За особливістю фактури поверхні текстильні матеріали для оббивки меблів розрізняють: з рівною матовою поверхнею, з рівною блискучою, з рельєфно-візерунчастою та ворсовою поверхнею і ін.
4. За способом оброблення меблеві матеріали бувають: гладко-фарбовані, вибивні, строкатоткани (строкатов'язані), меланжеві, вибілені.
5. За видом спеціального оброблення текстильні меблеві матеріали і вироби розрізняють з брудовідштовхувальним, вогнезахисним, маломнучим і ін. обробленнями.
6. Ці тканини виробляють переважно простими та складними жаккардовими, дрібновізерунчастими та ворсовими переплетеннями.

Різноманітність фактур і оброблень меблевих тканин дозволяє використовувати їх у

найрозкішніших інтер'єрах. Найбільш популярними на сучасному ринку є такі види меблевих тканин як: флоки, шеніли, велюри, гобелени, жаккарди і ін [1,2,5-7]. Дамо коротку їх характеристику.

Флок – оббивна меблева тканина із змішаної поліефірно-бавовняної пряжі (переважно 65 % бавовни, 35 % поліефіру). Тканину отримують шляхом нанесення дрібно нарізаного ворсу (його називають флоком) на клеєну поверхню матеріалу електростатичним способом. Для виробництва більшості флоків використовують ворс із поліамідних волокон. Флок відповідає всім вимогам, які ставляться для меблевих тканин, має брудовідштовхувальне, вогнезахисне оброблення, не вигоряє і чиститься нейтральними засобами. Надійні, зносостійкі флоки з щільним ворсом випускає ізраїльська фірма FLOCKTEX INDUSTRIES. Високої якості флоки привозять на вітчизняний ринок з Європи – бельгійський флок (компанія MICROFIBRES), американський флок (найкрупніший американський виробник – компанія FORTISSIMO) [5,6].

Шеніл (від фр. гусениця) – тканина для оббивки меблів, в структуру якої входять одна або декілька пухнастих ниток, які подібні до гусениці. Такий ефект виникає внаслідок використання вінілової пряжі, яку отримують шляхом переплітання пучків ворсу із двома нитками, закрученими по спіралі. Ворс на тканині начісується на спеціальних верстатах. Особливо ціниться тканина шеніл, виготовлена з натуральних волокон (бавовни, шовку і їх сумішей), вона є досить щільною і міцною і характеризується високою зносостійкістю. Ці тканини характеризуються також яскравими забарвленнями, вони імітують вовняні пледи, часто в оформленні цих тканин використовують клітчасті візерунки. Виробником високоякісних шенілів є крупна турецька фірма KADIFITEX [5-7].

Велюр (меблевий бархат) – оббивна меблева тканина. Виготовляється за технологією face-to-face, при якій нитки основи переплітаються ворсовими нитками. В кінці роботи, полотна основи розрізаються, утворюючи два полотна з ідентичною ворсовою поверхнею. Виготовляється в основному з натуральних волокон (бавовни, шовку). Ці тканини використовуються для оббивки дорогих, елітних меблів. Якісні велюри випускає німецька компанія WILHELM KNEITZ [5,6].

Гобелен – багатошарова масивна тканина меблевого призначення з малюнками килимового характеру, що нерідко імітують килими ручного ткацтва. Для їх виробництва використовується кілька систем ниток, які відрізняються волокнистим складом, особливостями будови та оброблення, видом переплетення. Найчастіше гобеленові тканини виробляються двошаровим жаккардовим переплетенням з багатокольоровими пістрявотканими візерунками на лицьовій стороні. Ці тканини відрізняються великою щільністю в основі, високою зносостійкістю та поверхневою густиною (356-539 г/м²). Крім типових масивних гобеленових тканин, випускаються також більш легкі одношарові тканини переважно дрібновізерунчастих і жаккардових переплетень з вибивними малюнками, які імітують фактуру власне гобеленів.

Плюш меблевий – масивна основоворсова тканина з розрізним ворсом на лицьовій стороні. Для корінної основи й утоку в цих тканинах використовується кручена бавовняна пряжа, а для ворсової основи – віскозні комплексні нитки, віскозна пряжа та інші види хімічних ниток. Поверхнева густина цих тканин 520-550 г/м².

Жаккард – меблева тканина, яка виготовляється з різної за лінійною густиною, будовою та обробленням крученої та одиначної бавовняної, змішаної та об'ємної пряжі, простими та складними жаккардовими переплетеннями. Ці тканини є важкими (220-440 г/м²). Жаккардові тканини заміняють більш дорогі та матеріаломісткі гобеленові тканини для оббивки меблів.

Мікрофібра – зовнішньо нагадує поверхню замші (натуральна замша не підходить для оббивки меблів), тому її називають штучною замшею. На практиці, залежно від якості поверхні, розповсюджені назви «замша», «нубук». Це різновидності матеріалів на клейовій основі. Для виготовлення таких тканин використовують поліамідні нитки, які складаються з великої кількості мікрволокон, при цьому застосовують трикотажну або тканинну основу. Виготовляють мікрофібру в Кореї, Тайланді, Туреччині [5-7].

Описані вище оббивні меблеві тканини на сьогоднішній день є найбільш популярними і розповсюдженими на вітчизняному і зарубіжному ринках. Під такими назвами вони виготовляються і запатентовані провідними зарубіжними і вітчизняними підприємствами [4-7].

Сьогодні, на жаль, дуже багато матеріалів можна назвати натуральними тільки «відносно». Наприклад, вівці тепер не стрижуть, як раніше вручну, а обробляють спеціальними препаратами (хімікатами), викликаючи цим випадання вовни. Бавовну також стали збирати за допомогою хімікатів: обприскування пестицидами призводить до опадання листя. Текстильна промисловість застосовує в цілому близько 8000 різних хімічних засобів, які призначаються для того, щоб матеріали не м'ялись, не витирались, не забруднювались добре відпирались і не змінювали своєї форми (не зсідались). Правда, деякі текстильні фірми Європи відмовились від використання у своєму виробництві хімікатів: сировина або взагалі не вибілюється, або вибілюється без використання хлору, матеріали фарбуються тільки натуральними барвниками. Використовується вирощена і зібрана екологічно чистим способом забарвлена бавовна. В Арізоні був виведений різновид кольорової бавовни: вона від природи забарвлена у бежевий, жовтуватий, зеленуватий і оранжевий кольори [5,6].

В деяких зарубіжних країнах в останні кілька років набуло розповсюдження на текстильних матеріалах клеймо «Green Cotton». Його ставлять на бавовняні тканини, для яких бавовна була вирощена і зібрана без застосування пестицидів і вибілена без хлору, а для фарбування були використані барвники, які

не містять важких металів.

Екологічно безпечну продукцію випускає швейцарська фірма «Rohner», яка є постачальником тканин для таких виробників меблів, як «Giroflex», «Vitra», «Wilkhan». Крім них, слід назвати також австрійську фірму «Grune Erde», французьку «Ligne Roset», німецькі «Schluter», «WK Wohnen», «Gemaу», «Wolkenweich». Всі вони випускають м'які меблі, оббиті екологічно чистими текстильними матеріалами [5].

У міжнародному екологічному стандарті Екотекстиль-100, як відомо, наведено загальний перелік показників, що можуть бути використані для оцінки рівня екологічної безпеки любого виду текстильного матеріалу. Стосовно текстильних меблевих матеріалів до цього переліку відносяться: обмежена кількість токсичних марок синтетичних барвників, текстильних допоміжних речовин, поверхнево-активних речовин, апретів для вогнезахисного, брудовідштовхувального та інших видів заключного оброблення, стійкість отриманих забарвлень до дії різних фізико-хімічних чинників, а також норми залишкової кількості важких металів та емісії летких компонентів обробних препаратів [8].

Інформація, що стосується показників оцінки рівня екологічної безпеки текстильних матеріалів меблевого призначення наведена також в ДСТУ 4239: 2003 Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутово-го призначення. Основні гігієнічні вимоги. Представляється доцільним дати більш детальний аналіз і оцінку еколого-гігієнічних вимог до інтер'єрного текстилю на прикладі меблевих текстильних матеріалів (табл. 1).

Таблиця 1

Гігієнічні вимоги до меблевих текстильних матеріалів

Назва гігієнічного показника, одиниця вимірювання	Допустимий рівень гігієнічного показника
1. Величина рН для продукції з:	
1.1. Вовни, шовку	4,0-7,5
1.2. Іншої сировини	4,8-7,5
2. Вміст формальдегіду вільного і здатного частково виділятися, мкг/г, не більше ніж:	300
3. Залишки важких металів, що здатні до екстрагування, мкг/г, не більше ніж:	
миш'як (As)	1,0
свинець (Pb)	1,0
кадмій (Cd)	0,1
хром (Cr)	2,0
ртуть (Hg)	0,02
кобальт (Co)	4,0
мідь (Cu)	50,0
нікель (Ni)	4,0
4. Вміст пестицидів, мкг/г, не більше ніж:	
ДДТ, ДДД, ДДЕ	1,0
НСН (без ліндена)	0,5
алдрин	0,2
дилдрин	0,2
лінден	1,0
токсафен	0,5
гептахлор, епоксид	0,5
2,4-Д	0,1
2, 4, 5-Т	0,05
Всього	1,0
5. Вміст пентахлорфенолу, мкг/г, не більше ніж:	0,5
6. Вміст азобарвників МАК класів III A1 і III A2; вміст хлорорганічних носіїв, мкг/г	не дозволено
7. Стійкість пофарбування, бал, не менше, до:	
води	3
сухого тертя	4
мокрого тертя	2-3

Примітки:

1. Визначають кількість екстракції важких металів (миш'як, свинець, кадмій, хром, хром VI, кобальт, мідь, нікель, ртуть) випробовуванням виробів (матеріалів), що виготовлені з натуральної сировини.

2. Азобарвники: МАК класу III A1 – містять особливо небезпечні для здоров'я людини речовини; МАК класу III A2 – небезпечні канцерогенні речовини.

Як видно з даних табл. 1, в еколого-гігієнічних вимогах до текстильних матеріалів меблевого

призначення основний акцент зроблено на виявлення в них залишків шкідливих для людини канцерогенів, формальдегіду, пестицидів, важких металів та інших речовин. При цьому кількість екстрактивних важких металів (As, Pb, Cd, Cr, Hg, Co, Cu, Ni) нормується тільки для виробів і матеріалів з натуральних волокон (вовни, бавовни, льону і інших).

Аналізуючи наведені в ДСТУ 4239: 2003 гігієнічні вимоги до меблевих текстильних матеріалів і (табл. 1), доцільно було б доповнити їх ще деякими екологічними вимогами, що містяться для названих матеріалів у міжнародному екологічному стандарті «Екотекстиль-100» [8]. Це стосується передусім найбільш важливих для даної групи матеріалів показників: стійкості їх забарвлень до дії сухого та мокрого тертя, мокрих оброблень, світлопогоди. Бажано також ввести в даний стандарт і інші норми екологічної безпечності меблевих текстильних матеріалів і виробів, а саме: стійкості отриманих на них ефектів вогнестійкості, брудовідштовхувальності та водоопірності, а також стійкості до дії окремих груп мікроорганізмів (целюлозо- та кератинорууйнуючих, патогенних та інших).

Висновки

1. Наведена класифікація і товарознавча характеристика сучасного асортименту текстильних матеріалів, які використовуються для оббивки меблів.
2. Дана порівняльна характеристика властивостей та сфери застосування меблевих текстильних матеріалів різного цільового призначення. Показана їх роль в оздобленні інтер'єру.
3. Дано аналіз гігієнічних вимог до меблевих текстильних матеріалів.

Література

1. Петрова М.П. Модные тенденции в интерьере / М.П. Петрова // Текстильная промышленность. – 2003. – № 4. – С.86– 89.
2. Петрова М.П. Интерьер-2003: Новые идеи / М.П. Петрова // Текстильная промышленность. – 2002. – № 8. – С.50– 52.
3. Фомченкова Л.И. Домашний текстиль на отечественном рынке / Л.И. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2008. – № 3. – С. 46– 51.
4. Молодцова Н. Декоративный домашний текстиль/ Н. Молодцова // Текстильная промышленность. – 2008. – № 6. – С. 22– 24.
5. <http://dancor.sumy.ua/articles/2215.htm>
6. <http://www.interior.com.ua/poz/obivka.htm>
7. http://www.furniterra.ru/site_articles/material/a89/
8. Галик І.С. Екологічна безпека та біостійкість текстильних матеріалів/ Галик І.С., Концевич О.Б., Семак Б.Д. – Львів.: Видавництво ЛКА, 2006. – 232с.

Надійшла 20.9.2009 р.

УДК 532.135

О.П. СУМСЬКА, М.Є. РАЦУК, М.Й. РАСТОРГУЄВА
Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБКА ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ АПРЕТІВ ДЛЯ БАВОВНЯНИХ ТКАНИН

Розглянуто можливість використання сорбінової кислоти в складі оздоблювального аפרета для надання поліфункціональності. Вивчено вплив оздоблювальних аפרетів з додаванням сорбінової кислоти на фізико-механічні властивості готових текстильних матеріалів.

The possibility of using of a sorbic acid in a structure finishing anpema for granting of polyfunctionality is reviewed. The influencing finishing anpemov with attachment of a sorbic acid on phisics-mechanical properties of off-the shelf textile materials is studied.

Ключові слова: аפרети для бавовняних тканин.

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень та постановка завдання. У наш час високий рівень оздоблювального виробництва повинен передбачати раціональну, економічно й екологічно зручну побудову технологічного процесу при наданні текстильному матеріалу комплексу споживчих властивостей. Шляхом реалізації завдання надання текстильним матеріалам комплексу споживчих властивостей наявному на текстильних підприємствах устаткуванні є використання поліфункціональних аפרетів. Питання про можливість і доцільність використання в складі аפרетів сорбінової кислоти остаточно можна вирішити лише після ретельного й всебічного дослідження теоретичних і практичних аспектів, пов'язаних з технологією заключної обробки текстильних матеріалів. У зв'язку із цим, завданням дослідження було вивчення впливу оздоблювальних композицій, до складу яких введена сорбінова кислота, на комплекс споживчих властивостей готового текстильного матеріалу [1, 3].

Виклад основного матеріалу. У даній роботі об'єктом дослідження була технологія заключної обробки текстильних матеріалів. Предметом дослідження були оздоблювальні аפרети із сорбіновою кислотою, а також готові тканини. Склади поліфункціональних аפרетів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Варіанти поліфункціональних аפרетів

Найменування реагенту	Концентрація реагентів в аפרеті, г/л				
	аפרет № 1	аפרет № 2	аפרет № 3	аפרет № 4	аפרет № 5
Персофталь плюс	15,00	–	–	–	–
Тексамін CL	–	20,00	10,00	10,00	–
Полівінілацетна емульсія	–	–	10,00	–	–
Карбоксирін 12 %-й	–	–	–	30,00	–
Бланколюкс ABL	–	–	–	–	2,00
Бланколюкс AW/250	–	–	–	–	1,00
Сорбінова кислота	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

У роботі застосовані методи дослідження: вимірювання спектрів відбиття забарвлених тканин, визначення стійкості забарвлень до прання й тертя за ДСТ 25617-83 і ДСТ 9733.27-83, жорсткості тканин за ДСТ 10550-93, антимікробної активності тканин за методом агарових пластин. Вивчено вплив апробованих складів аפרетів на колористичні характеристики забарвлень, отриманих з кубовим й активним барвниками.

Інтенсивність забарвлень тканин розраховували за функцією К/S Гуревича – Кубелки – Мунка [2]:

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} - \frac{(1-R_0)^2}{2R_0} \quad (1)$$

Вимір спектрів відбиття й розрахунок кольорових характеристик забарвлень здійснювали з використанням автоматичної системи об'єктивного виміру кольору (АСОВК), до складу якої входять: спектрофотометр Macbeth, Division of Kolmorgen Instruments Corporation ("Тиротекс"), ІВМ-сумісний ПК, пакет прикладних програм для розв'язання завдань виробничої колористики. Фарбування оцінювали при стандартних випромінюваннях (у роботі наведені характеристики при випромінюванні D-65/10), колірні розходження розраховували в системі СМС (1: 1) і СІЕ LАВ. Для диференційованого аналізу загального колірної розходження, у системі СІЕ LАВ використовували колориметричні показники: насиченість кольору $C = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$, колірний тон $H = \arctg(a^*/b^*)$ і світлість $L^* = 25 \cdot [100 \cdot (y/y_0)^{1/3}] - 16$, де a^* і b^* – координати зразка, які характеризують його колірність. Колірне розходження за світлістю (ΔL^*), насиченістю (ΔC) і розходженням по колірному тону (ΔH) обчислювали за формулами [2]:

$$\Delta L^* = \Delta L_{обр}^* - \Delta L_{ем}^* \quad (2)$$

$$\Delta C = \Delta C_{обр} - \Delta C_{ем} \quad (3)$$

$$\Delta H = [(\Delta E)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C)^2]^{1/3} \quad (4)$$

Результати досліджень наведені у таблиці 2. При обробці тканини апретами, до складу яких входила сорбінова кислота, забарвлення, отримані кубовим й активним барвниками, характеризуються вищими спектральними характеристиками (зразки мали вищу чистоту колірному тону (для кубового Bezathren green FFB апрети № 1 і № 2 забезпечили ΔC 0,98 й 1,08 відповідно)), при цьому загальне колірне розходження не перевищує 0,6 од (контрольне значення $DE = 1$), що необхідно для відповідності фарбування еталону [1].

Таблиця 2

Вплив апретів на колірні показники тканин, пофарбованих кубовим і активними барвниками

Номер апрету	DE	DL	Da^*	Db^*	DC	DH
барвник кубовий Bezathren green FFB						
Апрет № 1	1,17	0,38	-1,02	0,41	0,98	-0,50
Апрет № 2	0,59	-0,07	-0,56	0,16	0,55	-0,20
Апрет № 3	1,22	0,43	-1,11	0,30	1,08	-0,38
Апрет № 4	0,66	-0,53	0,15	0,18	0,16	-0,13
барвники активні Bezactiv red S3B, Reactiv gelb S3R, цв. 18 – 2120грДА						
Апрет № 1	0,48	-0,12	0,29	0,04	0,26	-0,04
Апрет № 2	0,76	0,18	0,54	0,18	0,64	-0,06
Апрет № 3	0,32	0,14	0,08	-0,15	0,12	-0,14
Апрет № 4	0,23	0,16	0,09	-0,14	0,09	-0,15

Результати визначення стійкості забарвлень до прання й тертя за ДСТ 25617-83 і ДСТ 9733.27-83 представлені у таблиці 3. Результати досліджень свідчать про те, що апретування тканин апретами, до складу яких введена сорбінова кислота, дозволяє підвищити стійкість забарвлень, отриманих як кубовим, так й активними барвниками, до прання й сухого й мокрого тертя на 1 бал.

Визначення жорсткості тканини проводили відповідно до ДСТ 10550-93, отримані дані зведені в табл. № 4. Для проведення дослідження з консольного методу використали прилад ПТ – 2. Пробну смужку тканини (100*30 мм) розташовували на опорній горизонтальній площадці й на ній встановлювали вантаж, за допомогою тумблера включали механізм опускання бічних сторін опорної площадки. Після того, як пройде 5 хв із моменту відділення пробної смужки від поверхні площадки, вимірювали прогини кінців пробної смужки за допомогою покажчиків прогину. Жорсткість (EI) у мкн*см² по консольному методі обчислювали за формулою:

$$EI = 42046 \cdot (m / A), \quad (5)$$

де m – маса смужки тканини, г;

A – функція відносного прогину, яка визначається із таблиці при $f_0 = f / l = f / 7$;

f – кінцевий прогин пробних смужок тканини, см.

Встановлено, що компоненти апрету забезпечують обробку з характерним для цього виду грифом.

Проведено дослідження антимікробної активності тканин, які апретовані апретованими складами. Досліджені зразки розміром 2 x 2 см поміщали у чашки Петрі й накривали охолодженням до температури 45 °С м'ясо-пептонним агаром і середовищем Сабуро таким чином, щоб над зразком був шар агару висотою від 1 до 2 мм. Після застигання поживного середовища чашки перевертали й ставили у термостат. Температура інкубації для бактерій 37 °С, для мицеліальних грибів 28 °С [3]. Результати визначення антимікробної активності тканини, отримані на кафедрі мікробіології, вірусології й імунології Вінницького національного медичного університету ім. Н. І. Пирогова (таблиця 3), свідчать про наявність антимікробних властивостей (протигрибкових) на тканині, обробленій апретом, до складу якого входила сорбінова кислота.

Таблиця 3

Фізико-хімічні та антимікробні властивості тканин, оброблених поліфункціональними апретами

Артикул тканини	Номер апрету	Стійкість забарвлення тканин до, бал			Жорсткість тканини, мкН·см ²		Антимікробна активність	
		прання № 3	сухого тертя	мокрого тертя	основа	уток	B. subtilis	S. albicans
4799/235/220 кол. 182120грДА	Без апрету	3/3/3	5	3	8939	6625	–	–
	Апрет № 3	4/4/3	5	4	21239	10931	2*	2
4799/175/160 "S" кол. 360707МА	Без апрету	4/4/5	3	3	27589	2836	–	–
	Апрет № 2	5/5/5	5	4	11554	4030	2	1*
3–00/168U/160 вибілена	Без апрету	–	–	–	20401	4668	–	–
	Апрет № 5	–	–	–	33248	9394	2	2

*Примітка: 1 – інтенсивність утворення колоній така ж як на середовищі; 2 – на зразку є 2-3 колонії

Розроблена технологія надання бавовняним тканинам комплексу споживчих властивостей пройшла позитивну апробацію в умовах цеху заключної обробки оздоблювального виробництва ЗАТ "Тиротекс".

Висновки. Уперше встановлено, що апрети, до складу яких введена сорбінова кислота, є поліфункціональними, і їхнє використання не обмежується функцією надання комплексу споживчих властивостей текстильним матеріалам (у тому числі антимікробних), а супроводжується вирішенням ряду технологічних питань оздоблювального виробництва (поліпшення колористичних характеристик і міцностних показників забарвлень).

Література

1. Мак-Дональд Р. Цвет в промышленности: Пер. с англ.; под ред. Ф. Ю. Телегина. – М.: Лотос, 2002. – 596 с.
2. Новорядовская Т. С. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: учебное пособие для вузов: Под ред. Г. Е. Кричевского. М.: , 1995. – 397 с.
3. Кощеев В. С. Антимикробные материалы в медицине: под ред. Л. А. Ильина – М.: Медицина, 1987. – 175 с.

Надійшла 25.9.2009 р.

УДК 675.046

Е.Є. КАСЬЯН

Київський національний університет технологій та дизайну

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ЭФЕКТ АДГЕЗИЙНОЙ ВЗАЕМОДІИ ПОЛИМЕРНОГО АДГЕЗИВУ ТА БІЛКОВОГО СУБСТРАТУ ПРИ ФОРМУВАННІ ПОКРИТТЯ НА ШКІРІ

У статті розглянуто вплив складових адгезійної взаємодії полімерної плівки і лицьової поверхні шкіряного напівфабрикату під час формування покриття на шкірі. Показано, що в сухому стані адгезійна взаємодія забезпечується зарядами поверхні покриття і лицьової поверхні шкіри. У вологому стані адгезія визначається відношенням поверхневої енергії поверхонь полімеру й шкіряного напівфабрикату з урахуванням площі контактуючої поверхні та величини заряду поверхні шкіри.

It is considered that the influence of components of adhesion bond of a polymeric film and grain side of a tanning half-finished product during covering formation on a skin. It is shown that in a dry condition adhesion bond is provided with charges of coating surfaces and grain side of leather. In a damp condition adhesion is defined by the relation of superficial energy of polymers surfaces and leather half-finished product, taking into account the area of a contacting surface and a charge size of a surface skin.

Ключові слова: шкіряний напівфабрикат, покриття полімером.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Адгезійний зв'язок є визначальним фактором формування покриття на шкірі, оскільки від його міцності й стабільності залежать експлуатаційні характеристики покривної плівки. Ефективність адгезійної взаємодії визначається, головним чином, адгезійною здатністю полімерного покриття і лицьової поверхні шкіряного напівфабрикату.

Формування покриття на шкірі є фазовим і багатостадійним процесом [1], який обумовлюється явищами розтікання й змочування під час утворення суцільного шару покривної композиції на поверхні шкіряного субстрату і завершується виникненням та зміцненням міжмолекулярних зв'язків, що залежать від властивостей компонентів покривної композиції, насамперед, їх хімічної природи, гідрофільності та наявності реакційноздатних функціональних груп.

При нанесенні покриття на шкіру внаслідок проникнення часток покривної композиції у пористу структуру дерми утворюється фактично не гранична поверхня, а деякий граничний об'єм, що складається із заповнених частинками полімеру капілярів шкіри. Саме на стадії формування проміжного контактуючого шару відбувається переміщення молекул адгезиву безпосередньо до поверхні волокон білкового субстрату, тобто забезпечуються необхідні умови для утворення міцного адгезійного зв'язку в період завершення формування покриття на шкірі.

Аналіз останніх досліджень

Дослідження адгезійної здатності контактуючих поверхонь покривної плівки та шкіряного напівфабрикату дозволили виділити головні чинники, що впливають на характер адгезійної взаємодії між покриттям і шкірою [2, 3].

Показано, що на адгезію покриття до шкіри істотно впливають фізико-хімічні властивості покривної композиції, особливо її в'язкість і поверхневий натяг, а також знак заряду частинок композиції та щільність їх розподілу в покривній плівці.

Виникнення та інтенсивність адгезійної взаємодії між полімерним адгезивом та білковим

субстратом також визначається первинною будовою колагену дерми та ступенем його підготовки до формування покриття, особливо знаком та величиною поверхневого заряду шкіри та гідрофільністю її лицьової поверхні.

Дослідження енергетичного стану полімерного покриття і лицьової поверхні шкіри при адгезійній взаємодії в період формування покриття показують, що напрямок утворення та значення роботи адгезії головним чином залежать від дзета-потенціалу та виду зв'язків, що утворюються в точках контакту покриття і поверхні шкіри, а також їх щільності на одиницю площі контактуючої поверхні [4].

Постановка завдання

Метою даної роботи є розгляд складових адгезійної взаємодії полімерної плівки та лицьової поверхні шкіряного напівфабрикату в процесі формуванні покриття та в процесі експлуатації шкіряних виробів залежно від умов середовища.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень є процес адгезійної взаємодії, що проявляється під час формування полімерного покриття на лицьовій поверхні шкіряного напівфабрикату. В роботі використані результати розгляду енергетичного стану контактуючого шару в системі "полімер-шкіра", отримані на базі термодинамічного аналізу закономірностей адгезійної взаємодії полімерної плівки та шкіри [4].

Виклад основного матеріалу

Адгезійна взаємодія, що виникає в товщі контактуючого шару між білковим субстратом і полімерним адгезивом, є результатом урівноваження сил притягання між субстратом і адгезивом, а також рівності точок контакту в шкірі N_{PK} й полімері N_{PI} , тобто $N_{PI} = N_{PK}$.

Таку взаємодію можна розглядати як наслідок завершення реакції активних груп шкіри N_K та груп N_{PI} покривної плівки: $N_K + N_{PI} \rightarrow N_p$, де кількість груп N_K і N_{PI} , що утворили контакти, однакова з кількістю N_p , розташованих на площі S_0 поверхні капіляру, що відповідає одному контакту, а загальна площа контакту дорівнює $S_0 N_p$ відповідно до глибини проникання покриття у товщу дерми:

$$N_p = S_0 \frac{N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma^2 \exp \frac{2\sigma V_\mu}{RT r} + 2\xi^2 \chi \varepsilon_0 \frac{2N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma + N_o \exp \left(\frac{2\sigma V_\mu}{RT r} \right) \ln \sigma - \frac{2\xi^2 \chi \varepsilon_0}{\sigma^3}; \quad (1)$$

$$N_p = \frac{S_k \sigma_k}{2RT} \exp \left(- \frac{2\xi_k^2 \chi_k \varepsilon_0}{3\sigma_k} \frac{1}{N_{PK}} \right). \quad (2)$$

Після завершення формування покриття на шкірі показник, що характеризує адгезію, залежить від умов його визначення: у мокрому чи сухому стані. Тобто залежно від середовища, а саме від наявності в контактуючому шарі вологи, у формуванні адгезійної взаємодії приймають участь різні за природою чинники.

Тобто, адгезійну взаємодію, що виникає у сформованому покритті на шкірі, а точніше, у товщі контактуючого шару лицьової поверхні шкіри та полімерної плівки, можна представити як суму двох складових: сил, що виникають і проявляються лише в сухому середовищі, і сил, що проявляють свою дію в мокрому, точніше вологому, середовищі і зберігають цю дію протягом тривалого часу.

Перша складова адгезійної взаємодії визначається числом контактів такої взаємодії між полімером і шкірою $N_{PI, K1}$, відповідає роботі розриву зв'язків, що виникли внаслідок взаємодії протилежних зарядів шкіри та полімеру в покритті і впливає на повне значення адгезії тільки в сухому стані.

Визначальним у напрямку формування покриття на шкірі є дзета-потенціал колагену дерми за знаком та значенням відповідно до того, що групи в колагені практично нерухомі, а тонка структура його має упорядковані та неупорядковані зони, що за вмістом полярних і неполярних функціональних груп суттєво відрізняються. Це визначає характер реакцій не тільки в зоні контакту плівки і шкіри, а й у зонах дальнього порядку. Проходження реакцій за хімічним типом та фізичною формою у цьому випадку не має обмежень. Отже, з рівняння (1) можна виділити складову, що забезпечує контакти адгезійного зв'язку $N_{PI, K1}$ у сухому середовищі, а саме сили взаємодії, обумовлені дзета-потенціалами полімерної плівки та лицьового шару напівфабрикату:

$$N_{PI} = 2\xi^2 \chi \varepsilon_0 \frac{2N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma - \frac{2\xi^2 \chi \varepsilon_0}{\sigma^3} \quad (3)$$

За умови, що $N_{PI} = N_{PK}$, після виконання відповідних перетворень отримуємо:

$$2\xi^2 \chi \varepsilon_0 \frac{2N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma - \frac{2\xi^2 \chi \varepsilon_0}{\sigma^3} = \frac{S_k \sigma_k}{2RT} \exp \left(- \frac{2\xi_k^2 \chi_k \varepsilon_0}{3\sigma_k} \frac{1}{N_{PK}} \right);$$

$$\frac{2\xi^2 \chi \varepsilon_0 \sigma \frac{2N_o V_\mu}{(RT)^2 r} - \frac{2\xi^2 \chi \varepsilon_0}{\sigma^3}}{\frac{S_k \sigma_k}{2RT}} = \exp\left(-\frac{2\xi_k^2 \chi_k \varepsilon_0}{3\sigma_k} \frac{1}{N_{p_k}}\right);$$

$$\ln\left(2\xi^2 \chi \varepsilon_0 \sigma \frac{2N_o V_\mu}{(RT)^2 r} - \frac{2\xi^2 \chi \varepsilon_0}{\sigma^3}\right) - \ln \frac{S_k \sigma_k}{2RT} = -\frac{2\xi_k^2 \chi_k \varepsilon_0}{3\sigma_k} \frac{1}{N_{p_k}};$$

$$N_{p_k, \Pi} = \frac{-\frac{2\xi_k^2 \chi_k \varepsilon_0}{3\sigma_k}}{\ln\left(2\xi^2 \chi \varepsilon_0 \sigma \frac{2N_o V_\mu}{(RT)^2 r} - \frac{2\xi^2 \chi \varepsilon_0}{\sigma^3}\right) - \ln \frac{S_k \sigma_k}{2RT}}. \quad (4)$$

Як видно з (4), у сухому стані, тобто за відсутності вологи, адгезійна взаємодія між полімерним покриттям і білковим субстратом забезпечується, головним чином, зарядами лицьової поверхні шкіри та полімеру з урахуванням площі контактуючої поверхні як полімерного адгезиву, так і білкового субстрату.

Важливу роль також відіграє дзета-потенціал у формуванні покриття на шкірі під час сушіння плівки, тобто в умовах збільшення концентрації реагуючих речовин. В цих умовах рух один до одного протилежних за знаком зарядів у складі шкіри й покриття є передумовою створення інших більш стійких зв'язків до дії води, відповідальних значною мірою за адгезію покриття на шкірі в сухому стані, що відображено в рівняннях (3), (4).

Адгезія твердих частинок до твердої поверхні в рідкому середовищі суттєво відрізняється від цього процесу в повітрі, тобто від сухої адгезії. Якщо рідина полярна, то електрична компонента адгезії виключається. В неполярній рідині ця компонента значною мірою послаблена. Роль донорно-акцепторної взаємодії в процесі адгезії твердих тіл в рідкому середовищі незначна. Дисперсійна компонента адгезії знижується в результаті утворення адсорбційно-сольватних оболонок на поверхні контактуючих тіл [5].

Зрозуміло, що у воді таким чином сильно послаблюється притягання твердих частинок полімером. Хімічна природа полімеру, а також ПАР та інших компонентів покривної композиції, істотно впливає на дисперсійну взаємодію твердих тіл, особливо внаслідок стабілізації утвореними, у тому числі й за участю ПАР, іонізованими адсорбційно-сольватними шарами.

В обводненому стані в граничному шарі відбувається гідратація протилежних за зарядом зв'язаних іонів. Гідратація в решті решт призводить до утворення дифузійного шару, в якому не тільки уможливується тепловий рух різнойменних зарядів, а також зменшується сила протидії відриву плівки від шкіри внаслідок появи прошарку води між протилежними зарядами. Їх поведінка, як відомо, описується поведінкою дзета-потенціалу [5]. По визначенню потенціалу проміжок між зарядами може бути безконечним і не фіксованим.

Таким чином, в обводненому середовищі адгезійна взаємодія забезпечується наступними складовими:

$$N_{p_{\Pi M}} = S_0 \frac{N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma^2 \exp \frac{2\sigma V_\mu}{RT r} + N_o \exp\left(\frac{2\sigma V_\mu}{RT r}\right) \ln \sigma; \quad (5)$$

$$N_{p_{\Pi M}} = \left(S_0 \frac{N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma^2 + \ln \sigma\right) N_o \exp \frac{2\sigma V_\mu}{RT r};$$

$$\frac{\left(S_0 \frac{N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma^2 + \ln \sigma\right) N_o \exp \frac{2\sigma V_\mu}{RT r}}{\frac{S_k \sigma_k}{2RT}} = \exp\left(-\frac{2\xi_k^2 \chi_k \varepsilon_0}{3\sigma_k} \frac{1}{N_{p_k}}\right); \quad (6)$$

$$\ln\left[\left(S_0 \frac{N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma^2 + \ln \sigma\right) N_o \exp \frac{2\sigma V_\mu}{RT r}\right] - \ln \frac{S_k \sigma_k}{2RT} = -\frac{2\xi_k^2 \chi_k \varepsilon_0}{3\sigma_k} \frac{1}{N_{p_k}};$$

$$N_{PK,П2} = \frac{\ln \left(\left(S_0 \frac{N_o V_\mu}{(RT)^2 r} \sigma^2 + \ln \sigma \right) N_o \exp \frac{2\sigma V_\mu}{RT r} \right) - \ln \frac{S_k \sigma_k}{2RT}}{\frac{2\xi_k^2 \chi_k \epsilon_0}{3\sigma_k}} = \frac{1}{N_{PK}}; \quad (7)$$

Як видно з (7), у вологому середовищі адгезійна взаємодія визначається і регулюється, насамперед, відношенням поверхневої енергії поверхонь полімеру й шкіряного напівфабрикату з урахуванням площі контактуючої поверхні та величини заряду (квадрату дзета-потенціалу) поверхні шкіри.

Загальна кількість контактів адгезійної взаємодії в системі "дерма-покриття" буде визначатись виразом:

$$N_{PK,П} = N_{PK,П1} + N_{PK,П2}. \quad (8)$$

Враховуючи, що робота адгезії визначається виразом $dG = NpRT$, можна розрахувати, відповідно, роботу загальної адгезії за рівнянням (8).

Теоретичні формули при визначенні $N_{PK,П1}$ і $N_{PK,П2}$ показують, що напрямок утворення та величина адгезійної взаємодії залежать, головним чином, від дзета-потенціалу і зв'язків, що виникли при утворенні плівки. До останніх можна віднести зв'язки між протилежно зарядженими групами, не доступними до дії води, наприклад, у гідрофобних зонах, які мають місце на граничній поверхні між шкірою та покриттям. Розширення цих зон є предметом перспективних спеціальних досліджень.

Окрім цього, у вологому середовищі проходить специфічна адсорбційна взаємодія води з адгезивом на границі з субстратом, у результаті чого відбувається адсорбційне заміщення зв'язків адгезив-субстрат зв'язками вода-субстрат. Адсорбція насамперед протікає у поверхневих капілярах структури напівфабрикату. Швидкість проникнення води уздовж поверхні розділу полімер-субстрат може значно перевищувати швидкість дифузії води в чистому полімері [6].

Малу водостійкість адгезійних з'єднань можна пояснити, насамперед, адсорбційним заміщенням макромолекул полімеру молекулами води на поверхні шкіри. Оборотно явища в адгезійній міцності будуть обумовлені зміною товщини шару води на границі розділу полімер-шкіра. Слід зазначити, що властивості тонких шарів води на поверхні шкіри відрізняються від такої води в об'ємі.

Відомо [7], що тонкі шари полярних рідин, у тому числі й води, на гідрофільних поверхнях мають аномально високу зрушувальну пружність. Зменшення адгезії покриття до шкіри у воді або у вологій атмосфері пояснюється, з цієї точки зору, збільшенням товщини шару води на границі розділу полімер-субстрат. Коли властивості води в шарі наближаються до нормальних властивостей води, міцність адгезійного з'єднання знижується практично до нуля. Зменшення товщини шару на границі розділу при висушуванні адгезійного з'єднання веде до збільшення міцності останнього, тобто до відновлення адгезії.

Проникнення води по границі полімерне покриття-шкіряний субстрат протікає значно швидше, ніж через покриття. Це зумовлено, очевидно, вибірковою сорбцією води колагеном, капілярністю надмолекулярної структури полімеру в поверхні субстрату, а також значною пористістю субстрату (дерми).

Саме тому волога досить швидко проникає через товщу напівфабрикату. Оскільки шкіра є гідрофільним матеріалом, то в нормальних умовах вона містить близько 16...18% вологи, а також піт, що виділяється при експлуатації виробу і дифундує крізь товщу дерми до поверхневого (граничного) контактуючого шару. Висока паропроникність покриття, що є необхідною умовою якісного його формування, лише сприяє намоканню шкіри та полімерної плівки.

Водостійкість адгезійних з'єднань сильно залежить від природи полімеру. Поліуретани забезпечують одержання більш водостійких адгезійних з'єднань у порівнянні з акрилатами [3]. Із збільшенням молекулярної маси полімеру помітно зменшується не лише водостійкість адгезійного з'єднання, але й адгезійна міцність, що зумовлено, ймовірно, зниженням концентрації функціональних груп в адгезиві.

Таким чином, падіння міцності адгезійних з'єднань при їхній експлуатації у вологих умовах пояснюється головним чином дифузійною водою на границі полімер-субстрат. Це викликано, очевидно, як адсорбційним, так і дифузійним механізмами впливу води. Зазначені фактори діють одночасно і результируючий ефект є не просто сумою окремих складових, а підсумком їхньої взаємодії. Відповідно, мінімізація міжфазного натягу полімер-субстрат є необхідною умовою одержання міцних і стійких у вологих умовах адгезійних з'єднань.

Міцнісні характеристики полімерних матеріалів, що деформуються у вологих умовах, залежать від зміни вільної поверхневої енергії системи у вершині капіляра за рахунок процесів, що протікають послідовно – адсорбції й дифузії води [7].

Вода, проникаючи в капіляри субстрату (шкіри), може сприяти руйнуванню міжмолекулярних зв'язків полімеру й утворенню слабших зв'язків шкіра–рідина–полімер, полегшуючи конформаційні переміщення полімерних ланцюжків. Тому в мікрооб'ємі капіляра орієнтація сегментів полімерних ланцюгів при деформуванні субстрату в рідині відбувається інтенсивніше, ніж на повітрі.

Отже, у загальному випадку міцність полімерних матеріалів у воді повинна знижуватися за рахунок адсорбції цієї води й утворення слабших зв'язків, однак збільшення швидкості протікання орієнтаційних процесів у капілярах може сприяти підвищенню міцності. Таким чином, когезійна міцність полімеру в рідині може знижуватися або зростати у порівнянні з міцністю на повітрі залежно від природи полімеру.

Для оцінки змін на границі між полімером плівки і колагеном дерми використаний показник адгезії покриття до шкіри в мокрому та сухому стані після остаточного завершення процесів формування покриття на шкірі.

При виборі характеристик шкіри, що корелюють з цим показником, враховано наступні умови:

- рухомість структури колагену відповідає зворотній деформації при видовженні;
- складні ефіри жирних кислот, що є обов'язковою складовою жирувальних матеріалів, впливають на кількість зарядів у шкірі (на дзета-потенціал) та на її гідрофобні властивості (поверхневий натяг) відповідно до кількості необоротно зв'язаного жиру;
- при наявності вологи з'являється і проявляється подвійний електричний шар і заряди (протиіони) стають рухомими.

Виходячи з умов, при яких проявляється вплив тих чи інших структурних утворень і зарядів на стан контактів плівки покриття і колагену дерми в присутності вологи і без неї, можна оцінити природу їх поведінки.

Поява в структурі колагену хімічно зв'язаних жирів, наприклад, в наслідок взаємодії жирів з активним воднем колагену після дублення дерми основними солями хрому й впливає на зворотне видовження шкіри у сухому стані за функцією в четвертому ступені з явно вираженим максимумом (рис. 1). Зростання квадрата дзета-потенціалу, що визначається в обводненому стані залежно від вмісту зв'язаних жирів, може свідчити про утворення щільної границі між неполярною і полярною зонами в колагені.

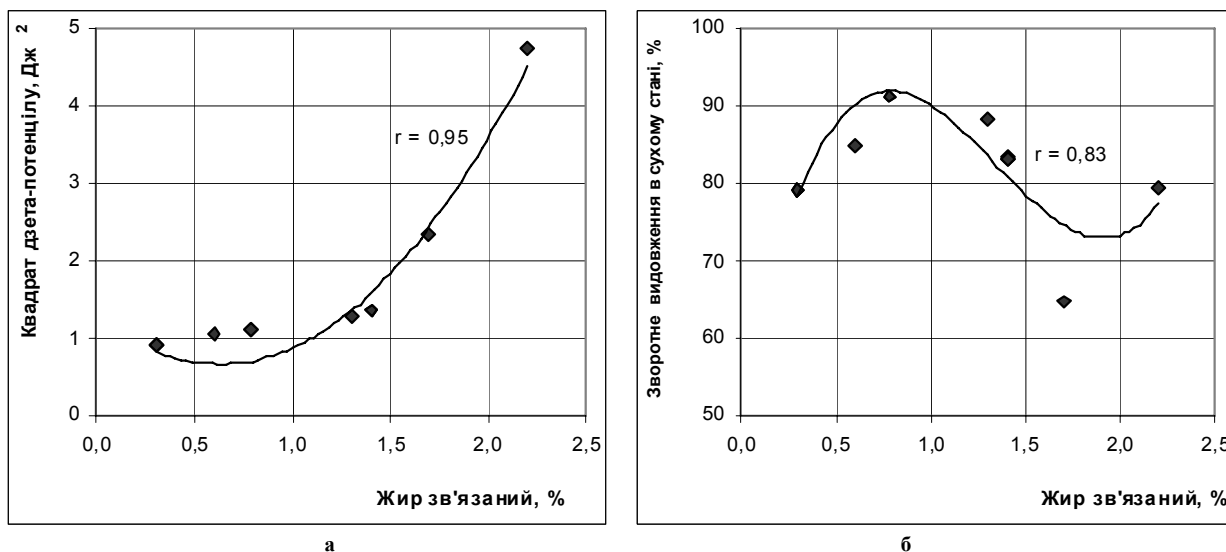


Рис. 1. Вплив зв'язаного жиру на квадрат дзета-потенціалу (а) та на зворотне видовження в сухому стані (б)

Неполярні зони у просторі полярних зон стають більш рухомими до їх урівноваження, тобто встановлення сталого простору між однозарядними дзета-потенціалами. Ущільнення структури між зонами веде до зменшення адгезії покривної плівки в сухому стані залежно від збільшення вмісту зв'язаного жиру в дермі (рис. 2). У вологому стані ущільнення структури між зонами призводить до зменшення адгезії до сталого значення при збільшенні вмісту зв'язаного жиру в дермі більше одного відсотка. Вплив зв'язаного жиру на різницю адгезій в сухому і вологому стані свідчить, що вплив ущільнення структури між зонами значною мірою проявляється у сухому стані.

Товщина подвійного електричного шару при зменшенні вмісту води призводить до зменшення напруження між зарядженими елементами структури аж до його відсутності при сушінні. Але якщо врахувати перетворення структури системи колаген–плівка при сушінні, то нейтралізація нерухомих зарядів шаром протиіонів не завершується внаслідок існування різних переплетень волокон колагену чи ланцюгів полімерів покриття біля зарядів, що не дозволяють повною мірою наблизитися один до одного, тобто є першопричиною збереження напруження між зарядженими елементами структури і створення опору

відриванню покривної плівки від шкіри. Останнє суттєво проявляється в сухому і існує в обводненому стані (рис. 3).

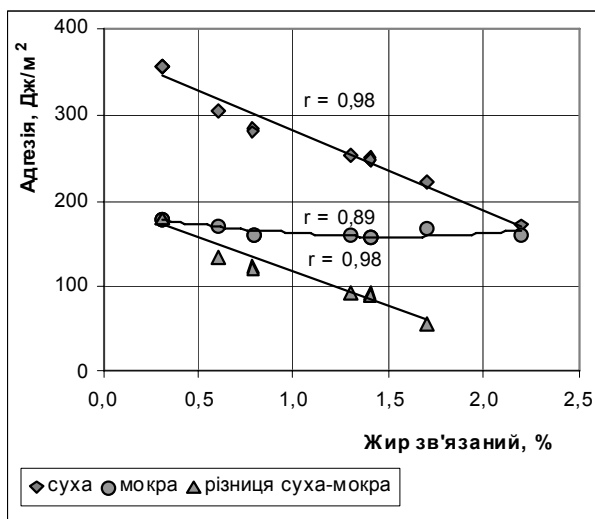


Рис. 2. Вплив зв'язаного жиру на адгезію в сухому і мокрому стані

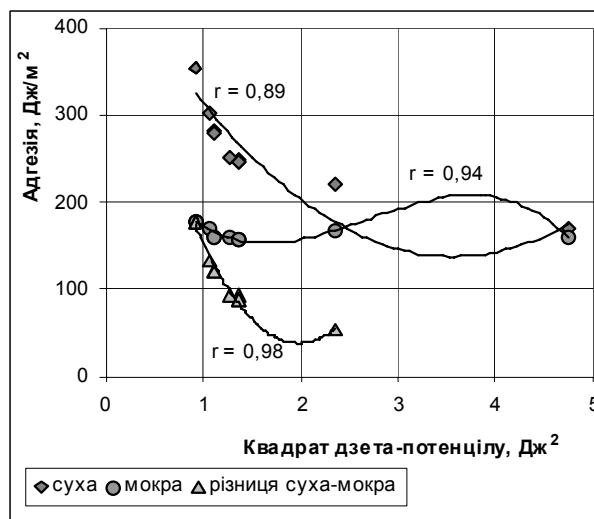


Рис. 3. Вплив дзета-потенціалу на адгезію в сухому і мокрому стані

Для виявлення впливу складових, що забезпечують утворення зв'язків на границі між дермою і плівкою, використана комплексна функція $A_{a\bar{b}\bar{v}}$ впливу на адгезію (табл. 1). Дана функція відображає результуючу дію структурних угруповань, дзета-потенціалу та вільного руху ланцюгів колагену й плівки супроти відриву покриття від шкіри відносно кожного аргументу загальної функції, в яку вносять свій вклад зв'язаний жир (складова a), дзета-потенціал (складова \bar{b}) і коефіцієнт зворотного видовження (складова \bar{v}) у якості характеристики рухомості елементів структури.

Таблиця 1

Характеристика комплексної функції впливу

Стан шкіри при визначенні адгезії	Коефіцієнт функції: $A_{a\bar{b}\bar{v}} = K_a a + K_{\bar{b}} \bar{b} + K_{\bar{v}} \bar{v}$		
	K_a	$K_{\bar{b}}$	$K_{\bar{v}}$
Сухий	-164,6	71,1	4,2
Вологий	-211,5	519,8	-3,0
Різниця між сухим і вологим	214,0	394,3	-1,72

Внесок цих складових характеристик у процес адгезії може бути за знаком позитивним чи негативним, а за величиною – відповідно сухого чи вологого стану.

За відношеннями $K_a a \cdot 100/A_{a\bar{b}\bar{v}}$; $K_{\bar{b}} \bar{b} \cdot 100/A_{a\bar{b}\bar{v}}$; $K_{\bar{v}} \bar{v} \cdot 100/A_{a\bar{b}\bar{v}}$ для кожного визначеного $A_{a\bar{b}\bar{v}}$ можна знайти внесок складових характеристик a , \bar{b} , \bar{v} способів утворення зв'язків на границі дерми і плівки покриття у загальну функцію адгезії (рис. 4).

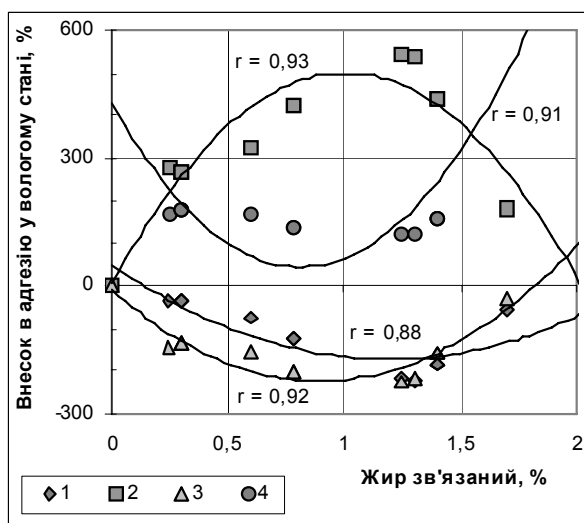
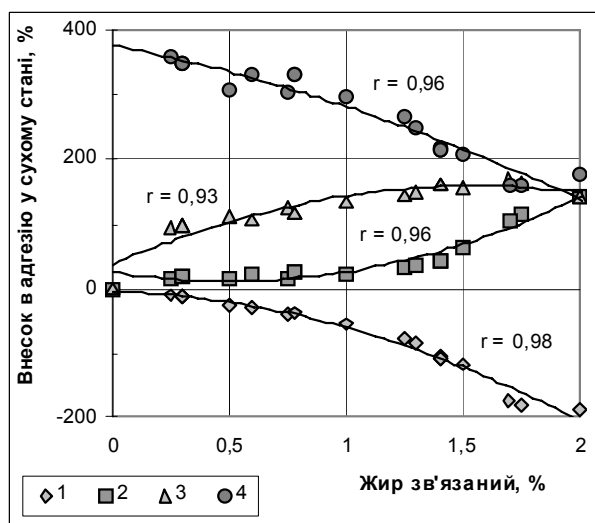


Рис. 4. Внесок в адгезію складових, що забезпечують появу зв'язків на границі між дермою і плівкою покриття у сухому (а) та вологому (б) стані: 1 – a ; 2 – \bar{b} ; 3 – \bar{v} ; 4 – $A_{a\bar{b}\bar{v}}$

При визначенні $A_{абв}$ в сухому стані жир, що зв'язаний з дермою, зменшує, а дзета-потенціал та зворотне видовження забезпечують істотне значення цього показника. У вологому стані на зменшення показника $A_{абв}$ впливають зворотне видовження при розтягуванні шкіри та зв'язаний з дермою жир.

Висновки

В роботі розглянуто вплив складових адгезійної взаємодії полімерної плівки і лицьової поверхні шкіряного напівфабрикату під час формування покриття на шкірі.

Показано, що за відсутності вологи адгезійна взаємодія забезпечується зарядами поверхні полімерної плівки та лицьової поверхні шкіри. У вологому стані адгезія визначається, головним чином, відношенням поверхневої енергії поверхонь полімеру й шкіряного напівфабрикату з урахуванням площі контактуючої поверхні та величини заряду поверхні шкіри.

Після формування покриття на шкірі та в процесі експлуатації шкіряних виробів адгезійний зв'язок забезпечується сумарним впливом розглянутих складових адгезійної взаємодії, тобто в товщі контактуючого шару проявляється інтегральний ефект адгезійної взаємодії між полімерним адгезивом і білковим субстратом.

Література

1. Дубиновский М.З. Покрывное крашение кож. –М.: Легпромбытиздат, 1985. –121 с.
2. Касьян Е.С. Чинники адгезійної взаємодії при формуванні покриття на шкірі // Вісник КДУТД. –2009. – № 1. – С. 34-40.
3. Касьян Е.С. Вплив технологічних обробок на адгезію покриття до шкіри // Вісник КДУТД. –2009. –№ 2. – С. 52-57.
4. Касьян Е.С. Адгезійно-когезійні взаємодії в системі шкіра–покриття // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 2. – С.136-142.
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. –М.: Химия, 1982. – 400 с.
6. Базарон У.Б., Дерягин Б.В., Булдалаев А.В. Исследования в области поверхностных сил. –М.: Изд-во АН СССР, 1967. – 122 с.
7. Тынный А.Н. Прочность и разрушение полимеров под воздействием жидких сред. –К.: Наукова думка, 1975. –256 с.

Надійшла 25.9.2009 р.

УДК 677.016.6

Т.А. ПОПОВИЧ, М.В. КОСТИНА, С.М. ІВАНИЩУК
Херсонський національний технічний університет
Херсонський державний університет

ВПЛИВ ІОНІЗОВАНОГО СТАНУ ДИСПЕРСІЙ АКРИЛОВИХ КОПОЛІМЕРІВ НА ВЛАСТИВОСТІ АПРЕТУЮЧИХ СКЛАДІВ

В роботі досліджено вплив добавок лужних агентів на зниження ступеня налипання акрилових кополімерів на обладнання в процесах аперетування тканин. Встановлено, що розроблені лужні аперети на основі нових марок водних дисперсій акрилових кополімерів характеризуються агрегативною стійкістю та антиадгезійними властивостями до робочих ділянок обладнання і не створюють проблем з промивкою.

In work was investigated influence of additions of alkaline agents on the decline of degree of sticking of acrylic copolymers on an equipment in the processes of dressing of fabrics. It is set that alkaline sizings is developed on the basis of new brands of water dispersions of acrylic copolymers characterized by aggregative stability and antistick properties to the workings areas of equipment and does not create problems with washing.

Ключові слова: апертуючі склади, вплив добавок.

Вступ

Для процесів оброблювання тканин найбільш перспективним є використання поліуретанових сполук і акрилових кополімерів. Зазначені плівкоутворюючі речовини застосовуються для надання тканинам наповненого грифу, м'якості, підвищеної зносостійкості та ряду інших спеціальних властивостей [1].

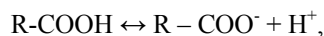
Одним з недоліків застосування акрилових полімерних дисперсій в завершальному обробленні, як і в процесі друкування тканин пігментами, є здатність полімеру налипати на робочі органи обладнання. Налипання супроводжується зупинками обладнання для додаткового промивання, є причиною браку, знижує продуктивність обладнання. Отже, це важливе технологічне питання, яке потребує додаткового рішення.

Аналіз літературних джерел [2, 3] та даних роботи [4] дозволив звернути увагу на роль іонізованого стану макромолекул полімеру в процесах плівкоутворення, які для аніонактивних дисперсій протікають через стадію проміжного гелю, що легко руйнується і частки полімеру редуспергуються. Завдяки цьому полімер без ускладнень видаляється з обладнання при промивці і не створює налипання.

З метою усунення налипання на обладнання при апретуванні тканин розробленими складами на основі нових марок акрилових кополімерів вітчизняного виробництва [5, 6, 7] в роботі було здійснено оцінку здатності акрилових кополімерів в іонізованому стані налипати на поверхню валів плюсовки та забивати поліамідні сита шаблонів, що використовуються при друкуванні пігментами.

Основний розділ

Задача переведення в іонізований стан акрилового кополімеру, що містив карбоксильні функціональні групи в складі метакрилової кислоти, вирішувалася введенням до полімерної акрилової дисперсії Лакритекс 272™ лужних агентів – амоній гідроксиду та натрій гідроксиду до pH = 10. Іонізацію при цьому можна виразити рівнянням:



рівновага якого в лужному середовищі зміщується вправо.

З приготовлених водних розчинів акрилових дисперсій з лужними добавками та без них формували полімерні плівки при 80 °С та досліджували вплив іонізованого стану акрилового кополімеру на кінетику плівкоутворення, швидкість випаровування вологи, оптичну густину полімерних плівок, фізико-механічні та термомеханічні властивості плівок.

Як показали дослідження, полімерні плівки сформовані з лужної акрилової дисперсії характеризуються зростанням міцності на 23 % (рис. 1) і стійкістю до температурних впливів, про що свідчить зміщення температури течії в область більш високих температур (рис. 2).

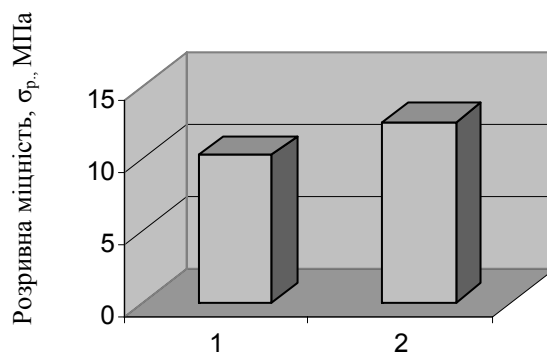


Рис. 1. Вплив pH середовища на міцність полімерних плівок сформованих з акрилової дисперсії Лакритекс 272™: 1 – без добавки (pH = 7); 2 – з добавкою лужного агента (pH = 10)

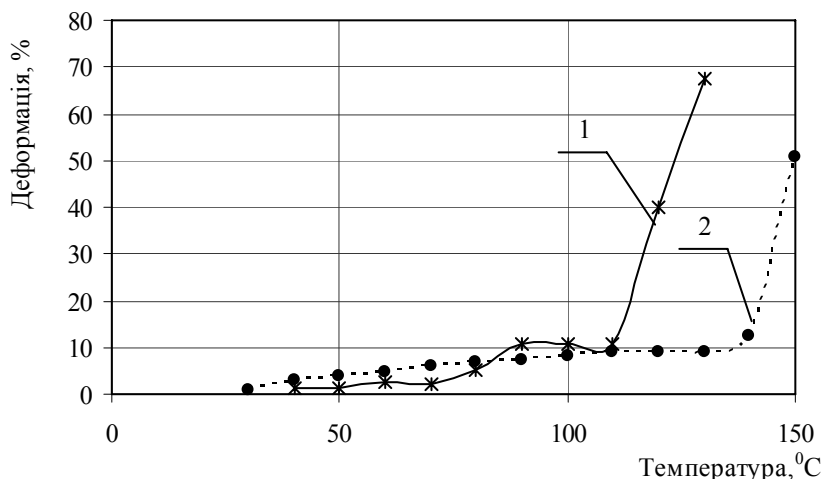


Рис. 2 Термомеханічні криві акрилових полімерних плівок з: 1 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™; 2 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™ + лужний агент

Крім того, оптична густина полімерних плівок акрилової дисперсії з добавками лужних агентів дещо знижується і дозволяє віднести їх до прозорих та безбарвних плівок, що є однією з вимог до плівкоутворюючих полімерів (рис. 3).

Окрім властивостей плівок, оцінювали також вплив іонізованого полімеру на швидкість плівкоутворення. Процес плівкоутворення при цьому розглядали як тристадійний [3]: на першій стадії відбувається концентрація дисперсії полімеру, за якою глобули зближуються до зіткнення і вже не можуть вільно змінювати розташування одна щодо одної, після чого починається друга стадія плівкоутворення – стиснення гелю; стадія завершується практично повним видаленням води з плівки і супроводжується деформацією полімерних частинок.

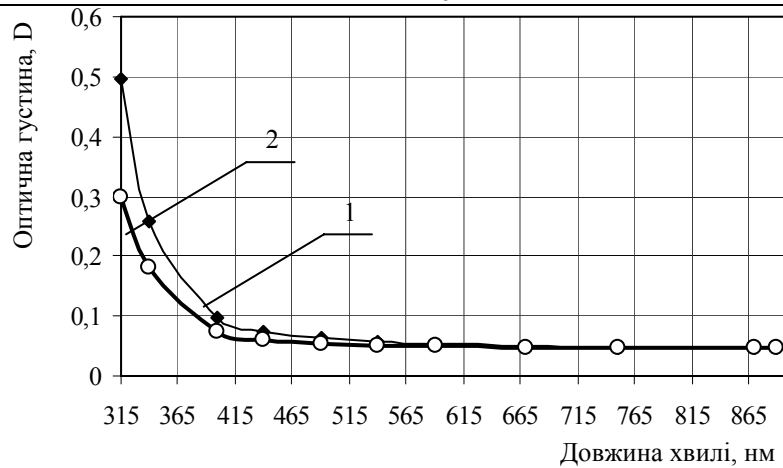


Рис. 3. Оптична густина полімерних плівок, сформованих при 80 °С:
1 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™; 2 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™ + лужний агент

Аналіз даних процесу плівкоутворення, який відображено на кінетичних кривих видалення вологи при формуванні плівок із акрилових дисперсій (рис. 4), свідчить про більш уповільнений процес у випадку іонізованого полімеру, оскільки аніоактивні карбоксильні групи сприяють затриманню молекул води в латексних частинках і повільному випаровуванню вологи.

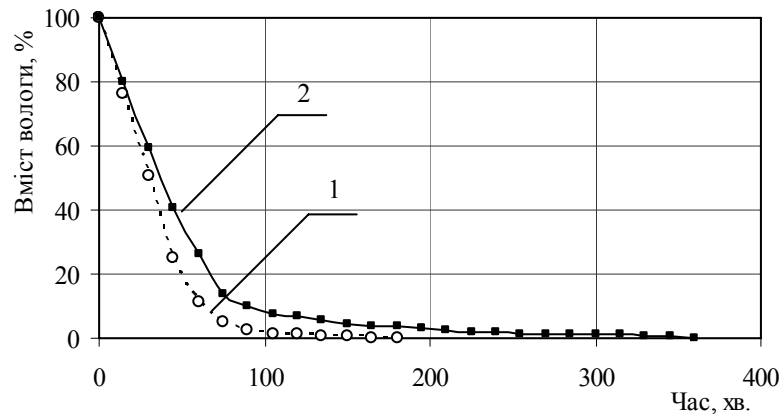


Рис. 4 Кінетичні криві випаровування вологи при плівкоутворенні:
1 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™; 2 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™ + лужний агент

Такий сповільнений процес плівкоутворення може бути пов'язаний з утворенням проміжного гелю, що підтверджується кривими швидкості випаровування вологи, де в якості зразка порівняння слугувала поліуретанова дисперсія ДД-33, формування плівки з якою через стадію проміжного гелю доведено в роботі [4]. Вміст вологи залежно від часу теплової обробки визначали на спеціальному приладі, який містив термостат з торзійними терезами, що дозволило побудувати залежності $V = f(W)$: „швидкість видалення вологи – вміст вологи”. Швидкість оцінювали величиною $\Delta W/\Delta tF$, де F – поверхня випаровування, cm^2 (рис. 5).

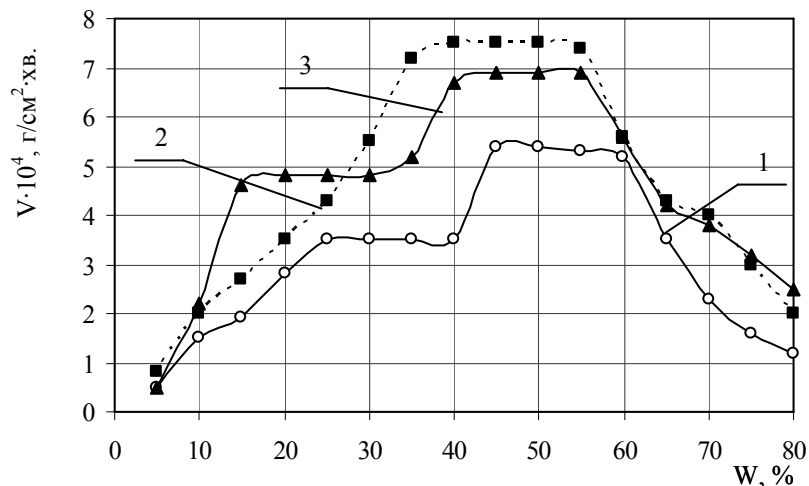


Рис. 5. Залежність швидкості випаровування води при утворенні полімерної плівки: 1 – поліуретанової дисперсії ДД – 33; 2 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™; 3 – акрилової дисперсії Лакритекс 272™ + лужний агент

Як видно з рис. 5, швидкість видалення води з дисперсії, що містить амоній гідроксид значно менша і дана залежність аналогічна плівкоутворенню поліуретанової дисперсії, крива швидкості випаровування якої має додаткову горизонтальну ділянку, що свідчить про утворення двофазного гелю при плівкоутворенні. Такий проміжний гель з флокуляційними контактами легко руйнується, причому частинки полімеру легко редиспергуються і колоїдно-хімічні властивості дисперсії відновлюються. Одержані дані дають підстави вважати, що іонізацією карбоксильних груп акрилового кополімеру можна вирішити проблему налипання полімерів на обладнання.

Для перевірки даного припущення готували лужні апрети і оцінювали ступінь їх налипання на поліамідні сітки і вали плюсовки. Ступінь забивання сита шаблону здійснювалася фотоколориметричним методом шляхом розрахунку коефіцієнту забивання шаблону (КЗШ) [8].

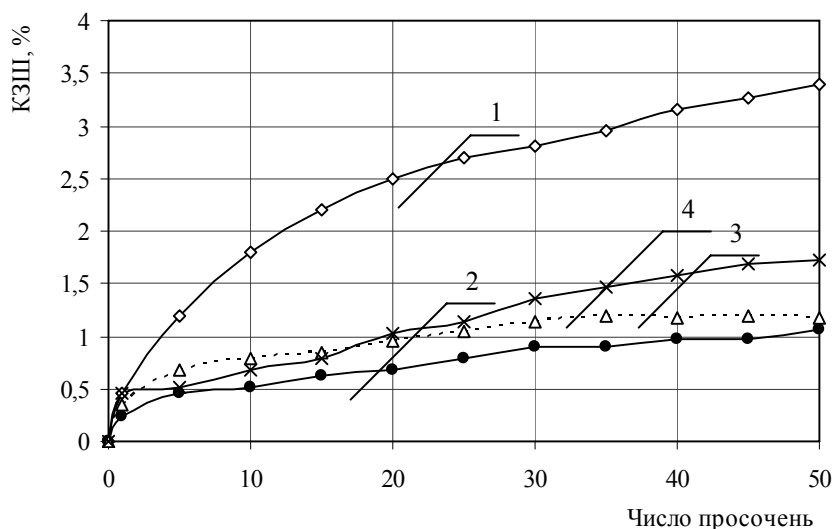


Рис. 6. Ступінь забивання сита шаблону апретами, що містять:
 1 – акрилову дисперсію Лакритекс 272™; 2 – акрилову дисперсію Лакритекс 272™ + NH₄OH;
 3 – акрилову дисперсію Лакритекс 272™ + сіль d-металу; 4 – акрилову дисперсію Лакритекс 272™ сіль d-металу, ПТРС

Як видно з рис. 6, значне зменшення налипання на шаблони (~ в 3,5 рази) досягається введенням в складу на основі акрилової дисперсії лужних добавок – амоній гідроксиду (крива 2) та комплексної солі d-металу з лігандами органічної природи, розчин якої має pH > 7 (крива 3). Аналогічний ефект зниження ступеня налипання акрилового полімеру спостерігається і при використанні розробленого складу для апретування (крива 4), в якому іонізуючий стан карбоксильних груп акрилової дисперсії забезпечується за рахунок добавки лужного розчину солі d-металу. Такий спосіб забезпечення практичної відсутності налипання полімеру є технологічним, тому що збільшення pH розчину дисперсії за даними роботи [9] супроводжується підвищенням агрегативної стійкості системи. Крім того, позитивним фактором апретування з лужного середовища можна вважати те, що максимальна іонізація карбоксильних груп акрилового кополімеру збільшує можливість їх до взаємодії з активними групами предконденсатів термореактивних смол (ПТРС).

Як показано на рис. 7, лужний характер розчину забезпечив стійкість ПТРС проти зшивки безпосередньо у розчині в процесі зберігання композиції, до якої входили водна дисперсія акрилового кополімеру, ПТРС, комплексна сіль d-металу з лігандами органічної природи. Агрегативну стійкість лужної композиції досліджено за зміною її в'язкості від часу зберігання в порівнянні з композицією, водневий показник якої мав значення pH = 7.

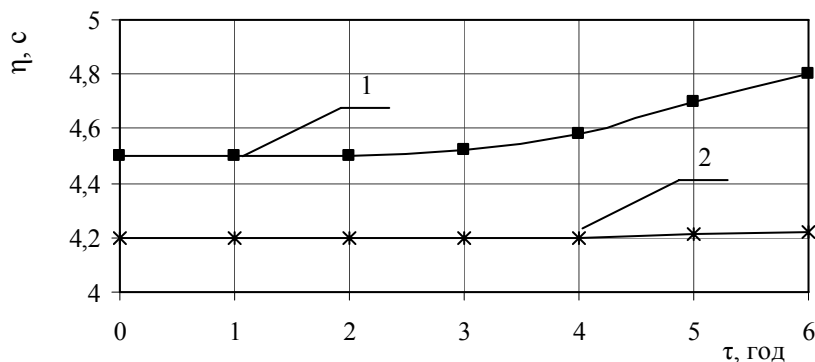


Рис. 7. Залежність в'язкості композиції від часу зберігання: 1 – pH = 7; 2 – pH = 10

Одержані залежності $\eta = (f)\tau$ (рис. 7) дозволили зробити висновок про стабільність композиції з лужним характером, в'язкість якої під час експерименту не змінювалася. Навпаки, у дисперсії з

нейтральним рН агрегативна стійкість починає змінюватися вже через 3 години.

Висновки

В роботі встановлено, що добавки лужних агентів до водних дисперсій акрилових кополімерів забезпечують іонізовану форму полімеру, за рахунок якої плівкоутворення здійснюється через стадію проміжного гелю, що легко руйнується і тому розроблені апрети на основі нових марок акрилових кополімерів характеризуються низьким ступенем налипання на обладнання і не утворюють проблем з промивкою. Крім того, з'ясовано, що іонізація карбоксильних груп полімеру збільшує агрегативну стійкість полімерної композиції для апретування і забезпечує хімічну стійкість ПТРС на період зберігання. Розроблена композиція для апретування бавовняних тканин надає текстильному субстрату малоусадкового ефекту та стійкості до мокрих обробок і може бути використана в процесах завершальної обробки тканин.

Література

1. Глубіш П.А. Хімічна технологія текстильних матеріалів (Завершальне оброблення): Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 304 с.
2. Лебедев А.В. Коллоидная химия синтетических латексов. – Л.: Химия, 1989. – 100 с.
3. Верхоланцев В.В. Физико-химия пленкообразующих систем. – Л.: Изд-во ЛТИ и Ленсовета, 1973. – 185 с.
4. Мищенко А.В. Физико-химическое обоснование и разработка композиции на основе водной дисперсии полиуретановых иономеров для печатания пигментами: Дис. ... док. техн. наук: 05.19.03. – Херсон, 1994. – 386 с.
5. Лисюк В.М., Попович Т.А., Міщенко Г.В. Дослідження властивостей полімерних плівок з дисперсій реакційноздатних акрилових кополімерів вітчизняного виробництва // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 6/2 (36). – С. 16-22.
6. Лисюк В.М., Попович Т.А. Підвищення виходу полімерів на тканині в процесі апретування // Сучасні технології хімічних та харчових виробництв: Матеріали I Всеукраїнської конференції студентів та аспірантів (26 -29 травня 2008 р.). – Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний університет, 2008. – С. 140.
7. Лисюк В.М., Попович Т.А., Міщенко Г.В. Підвищення стійкості апретів на основі акрилових кополімерів добавками координаційних сполук d-металів з лігандами органічної природи // Вісник Хмельницького національного ун-ту. – 2009. – № 1. – С.144-147.
8. Киселев А.М. Теоретическое обоснование и разработка технологии получения и применения высокодисперсных пен в процессе печатания текстильных материалов: Дис. ... док. техн. наук: 05.19.03. – Санкт-Петербург, 1992. – 445 с.
9. Хавкина Б.Л., Овчинникова С.А. Модификация карбоксилсодержащих латексов предконденсатами терморезактивных смол в щелочной среде при получении нетканых материалов // Технология текстильной промышленности. – 1989. – № 6 (192). – С.34-35.

Надійшла 18.9.2009 р.

УДК 504.064.43

О.В. СТУДЕНЕЦЬ, І.А. МАНДЗЮК, О.Г. МУЧАК, Г.Б. ПАРАСКА
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА СКЛАДІВ ПОЛІУРЕТАНОВИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ РЕЦИКЛАТІВ ПЕТФ

Досліджено основні особливості процесу гліцеролізу відходів ПЕТФ. Виявлено вплив технологічних факторів на ефективність процесу. Проведено дослідження з синтезу поліуретанів на основі рециклатів відходів ПЕТФ та визначення їх властивостей.

Explored basic features of process of glitserolizu wastes of PETF. Found out influence of technological factors on efficiency of process. Research is conducted from the synthesis of poliuretaniiv on the basis of retsiklativ wastes of PETF and determination of their properties.

Ключові слова: поліуретанові захисні покриття, розробка складу.

З кожним роком у світі спостерігається тенденція до збільшення використання полімерів у різних галузях промисловості. Найбільшими темпами зростання споживання полімерних матеріалів характеризується пакувальний сектор – понад 4 % приросту щорічно [1].

Для виготовлення полімерної тари все ширшого застосування набуває поліетилентерефталат (ПЕТФ) [2]. Завдяки високим естетичним, бар'єрним, механічним властивостям ПЕТФ-тару почали широко використовувати для пакування товарів парфюмерно-косметичного призначення, ліків, харчових продуктів, рослинної олії, столового оцту. Значна кількість цього матеріалу використовується для

виготовлення пляшок для прохолоджувальних та слабоалкогольних напоїв. Світове виробництво ПЕТФ вже перевищило 10 млн тонн в рік [3]. Враховуючи щорічний приріст виробництва і використання пластиків, гостро постає питання утворення та накопичення їх після використання.

Особливість цієї проблеми визначається тим, що відходи із полімерної упаковки стійкі до дії факторів зовнішнього середовища – світла, тепла, мікроорганізмів, атмосферних газів, води і тому час їх деградації в умовах оточуючого середовища – понад 50 років [2].

Накопичення відходів пластиків відбувається у більшості випадків на сміттєвих полігонах, але найчастіше на стихійних смітниках, в лісонасадженнях, водоймах, населених пунктах. Традиційні способи утилізації таких відходів (спалювання або захоронення), з екологічної точки зору не є ефективними внаслідок попадання в атмосферу, у воду і ґрунт токсичних речовин – стійких органічних забруднювачів (СОЗ). З точки зору сьогодення відходи слід розглядати як цінний вид сировинних ресурсів.

Вторинні матеріали можуть використовуватись для виробництва продукції, експлуатаційні властивості якої є невисокими у порівнянні із виробами виробленими з використанням первинної сировини [4].

Узагальнивши світовий досвід щодо рециклінгу полімерних відходів, зокрема пляшок із ПЕТФ, можна зробити висновок про те, що основні способи переробки ПЕТФ класифікують на чотири групи: матеріальний рециклінг – повторне використання ПЕТФ як вторинної сировини; енергетичний рециклінг – з метою відновлення енергії; сировинний рециклінг – руйнування відходів ПЕТФ до вихідних матеріалів; хімічний рециклінг – дія на полімерні відходи хімічними агентами з метою отримання напівпродуктів, які далі використовують в якості хімічної сировини.

Матеріальний рециклінг поєднує механічні способи переробки відходів ПЕТФ, які відбуваються без зміни довжини ланцюга макромолекули. Основним механічним способом переробки відходів ПЕТФ є подрібнення [5, 6], якому піддаються некондиційна стрічка, відходи ПЕТФ-тари, частково витягнуті або невитягнуті волокна. Це дозволяє отримати порошкоподібні матеріали і крихту для лиття під тиском. Характерним є те, що при подрібненні фізико-хімічні властивості початкової сировини практично не змінюються. Механічні способи, проте, не вирішують проблему утилізації відходів ПЕТФ, оскільки отримані в результаті гранулят або крихта вимагають подальшої переробки.

Як один з варіантів енергетичного рециклінгу можна розглянути спалювання.

Спалювання на першій погляд здається найпростішим і ефективним способом утилізації відходів із полімерів. Полімерні матеріали характеризуються високою теплотворною здатністю (у два-три рази вищою, ніж у текстило і паперу). Тому теплову енергію спалених відходів можна ефективно використовувати для одержання пару високого тиску, гарячої води як енергоносія для газових турбін, додаткового палива. Даний спосіб однак має суттєві недоліки. При спалюванні полімерів виділяється багато димових газів з частинками розміром від 0,4 до 10 мкм і більше. Сучасні фільтри сміттєспалювальних установок не можуть забезпечити 100 % очистки, і деяка кількість токсичної золи попадає в атмосферу. Також при спалюванні полімерів виділяються хлороводень, оксиди нітрогену і сульфуру, які, у поєднанні з атмосферною вологою, сприяють виникненню кислотних дощів. Зола, яка утворюється після спалювання полімерів, містить важкі метали.

До сировинного рециклінгу відносять термічні процеси обробки відходів.

При цьому полімерні відходи розкладаються на низькомолекулярні сполуки [7]. До термічного розкладу відносяться термічний і каталітичний піролізи.

Термічний і каталітичний піролізи проходять за температури 500-1000°C в безкисневому середовищі або в середовищі з нестачею кисню [8]. Витрати на переробку компенсуються за рахунок реалізації продуктів, що утворюються. В результаті термічної дії молекули полімерів розпадаються з утворенням низькомолекулярних продуктів, вихід і характеристики яких залежать від умов проведення процесу, природи і хімічного складу вихідних компонентів.

В більшості випадків рідкі продукти піролізу можна використовувати як паливо, оскільки вони не містять сірки, характеризуються малою в'язкістю і високою теплою спалення. Оптимальним є застосування рідких продуктів піролізу у вигляді добавок до твердого і рідкого палива. Вони можуть також служити додатковим джерелом хімічної сировини для виробництва етилену і ароматичних вуглеводів, соляної кислоти.

Найбільш прогресивною є переробка полімерних відходів у вторинну сировину за хімічним рециклінгом, що особливо важливо для України, оскільки сировинної бази для виготовлення полімерів в неї немає. Через накопичення «живих грошей» на смітниках і полігонах, перед Україною постала широка перспектива одержати нове джерело надходження полімерного матеріалу у виробництво. Особливо це стосується відходів ПЕТФ. Ціна переробки 1 т відходів ПЕТФ досягає 1200 дол. США [9].

Хімічний рециклінг відходів ПЕТФ поєднує гідроліз, ацидоліз, алкоголіз, аміноліз.

Гідроліз являє собою хімічну реакцію зворотну реакції поліконденсації. З його допомогою при дії води поліетилентерефталат руйнується до вихідних речовин (етиленгліколь, диметилтерефталат) за зв'язками з'єднання олігомерів [2]. Гідроліз відбувається під впливом екстремальної температури і тиску.

Ацидоліз – це деструкція полімеру під дією карболових кислот, яка протікає з утворенням більш низькомолекулярних продуктів. В результаті ацидоліза одержують продукти, які близькі по молекулярних масах. Алкоголіз – метод хімічної деструкції полімеру, який відбувається під дією спиртів і відповідно тому яким спиртом проводиться деструкція так і називається метод. Наприклад, метаноліз – проводиться спиртом метанолом, гліколіз – проводиться спиртом етиленгліколем, гліцероліз – проводиться спиртом гліцерином

тощо. Аміноліз – передбачає деструкцію полімеру під дією амінів.

Відомо економічний, безперервний, екологічно чистий метод деполімеризації ПЕТФ нейтральним гідролізом до терефталевої кислоти і етиленгліколя [10]. Вихід кислоти складає 90 %. Переробку кольорових пляшок з-під напоїв проводять за допомогою додаткової операції – сублімації.

Фірмою «United Recovery» розроблена [11, 12] технологія хімічної утилізації відходів ПЕТФ, яка на першій стадії передбачає обробку подрібненого полімеру гідроксидами металів. Отримують етиленгліколь і солі металів терефталевої кислоти. Потім масу нагрівають до 200-300 °С і випаровують етиленгліколь. Солі металів терефталевої кислоти виділяють і очищують за температури 105°С. Перевагою даного методу є отримання термостабільних солей без забруднення і цінного мономеру з меншою вартістю і високою чистотою.

Пропонується спосіб розкладання ПЕТФ (з відходів) в метилбензоат з отриманням терефталевої і бензойної кислот [13], які можуть знайти застосування: терефталева кислота – для синтезу ПЕТФ; бензойна кислота – для синтезу капролактаму, фенолу і консервантів в харчовій промисловості і сільському господарстві.

У Німеччині фірмою "H&S Anlagentechnik GmbH" широко використовується метод переробки відходів ПЕТФ у високо якісні ароматичні поліестери – поліолі [14], які використовуються для одержання твердих пін, твердих блочних продуктів, твердих інтегральних пін, інтегральних пін, еластичних пін, еластичних інтегральних пін тощо. Центром Oxid L.P. (в США) розроблений технологічний процес переетерифікації ПЕТФ із відпрацьованих контейнерів, рентгенівських плівок, мікрохвильових підносів, промислових відходів тощо та одержання ароматичних складних поліестерполіолів (АПЕПОЛ) під назвою Terol [15]. Для цього ПЕТФ піддають гліколізу одним або сумішшю вищих гліколей з каталізатором переетерифікації, з добавками, які підвищують ОН-число. В результаті одержані 9 типів Terol, наприклад, від TR-196 з числом ОН-185, в'язкістю 3000 мПа·с, функціональністю 2,0 до TR-386 з ОН-числом 370, функціональністю 2,6, в'язкістю 7000 мПа·с. Особливістю процесу є видалення важких металів, наприклад, стибію, який використовується в якості каталізатора при синтезі ПЕТФ.

Враховуючи вище зазначене, нами були проведені дослідження щодо алкохолізу ПЕТФ багатоматеріальним спиртом – гліцерином [16]. Продукти синтезу (рециклати) відносять до олігоестерів (ароматичних поліолів), які можна використовувати як основу для клеїв розплавів, ненасичених та насичених поліестерних смол, алкідних фарб.

Цікавим і перспективним напрямком подальшого використання рециклатів як ароматичних поліолів (АРП) є синтез поліуретанів (ПУ). В роботі досліджували особливості синтезу поліуретанових композицій на основі рециклатів відходів ПЕТФ.

В якості методів досліджень властивостей отриманих рециклатів використовували визначення кінетичної в'язкості капілярним віскозиметром, визначення динамічної в'язкості (Brookfield), основних характеристик захисних покриттів (емалей, фарб за ГОСТ 8784-75, ГОСТ 19007-73, ГОСТ 17537-72, ГОСТ 4765-73, ГОСТ 6806-73, ГОСТ 15140-78, ГОСТ 21513-76 тощо).

Властивості рециклатів синтезованих з відходів ПЕТФ значною долею визначаються технологічними особливостями синтезу. Нами досліджено вплив різних режимів синтезу:

- безперервне продування повітря через реактор з постійним перемішуванням;
- перемішування з періодичним вакуумуванням.

Синтез проводили для систем з співвідношенням ПЕТФ: гліцерин (мас.ч.) – 60: 40, 75: 25, 80: 20 за температури 230°С (каталізатор $Zn(CH_3COO)_2$ – 0,02 % до загальної маси).

Встановлено, що при постійному перемішуванні і продуванні повітрям збільшення приведеної в'язкості рециклату відбувається більш інтенсивно у порівнянні з в'язкістю рециклатів синтезованих в умовах вакуумування.

Таблиця 1

Залежність приведеної в'язкості від часу синтезу олігоестера

Склад	Час синтезу, хв.	Приведена в'язкість, $\times 10^{-6}$ м ³ /г	
		Вакуум	Продування повітрям
60/40	90	4,78	5,24
	120	5,97	8,67
75/25	30	4,51	5,86
	60	5,39	7,99
	75	6,06	10,3
80/20	30	5,19	5,93
	60	6,19	9,05

Залежність зміни в'язкості за Брукфілдом у часі процесу синтезу рециклатів наведена на рис. 1.

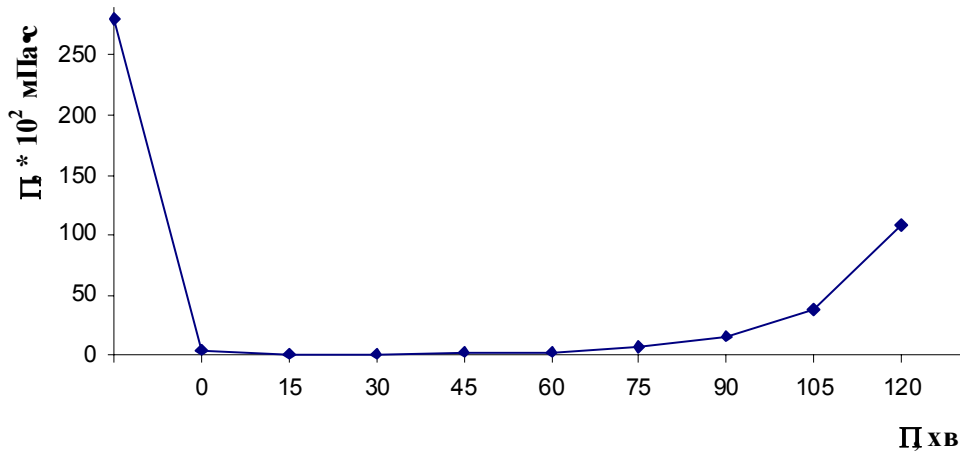


Рис. 1. Залежність в'язкості рециклату від часу реакції гліцеролізу співвідношення ПЕТФ: Гліцерин – 60: 40, температура синтезу 230 °С, каталізатор Zn (CH₃COO)₂

Наглядно видно, що під час гліцеролізу ПЕТФ відбувається деструкція основного ланцюга вихідного ПЕТФ, в'язкість різко знижується до мінімальних для даного співвідношення компонентів значення. Поступово у часі спостерігається синтез олігоестерів (рециклатів) за рахунок реакцій поліестерифікації, що проявляється у підвищенні в'язкості системи.

Отримані рециклати з в'язкістю (за Брукфілдом) 9,5-12 Па·с (60/40), 18-23 Па·с (75/25), 24-29 Па·с (80/20) використовували як поліольну складову синтезу поліуретанів. Як ізоціанатну складову використовували ВОРАТЕК, Т80/20 (ТДІ), М14 (ПЦ) і КОРУНДИНАТ 50: 25.

Проведені попередні дослідження за властивостями показали, що найбільше відповідають характеристикам захисних покриттів рециклат системи 60: 40.

В якості каталізаторів процесу синтезу поліуретанів використовували триетиламін (ТЕА) та триетаноламін (ТЕНА). Виявилось, що незначна зміна кількості триетиламіна суттєво впливає на час полімеризації покриття (рис. 2, 3).

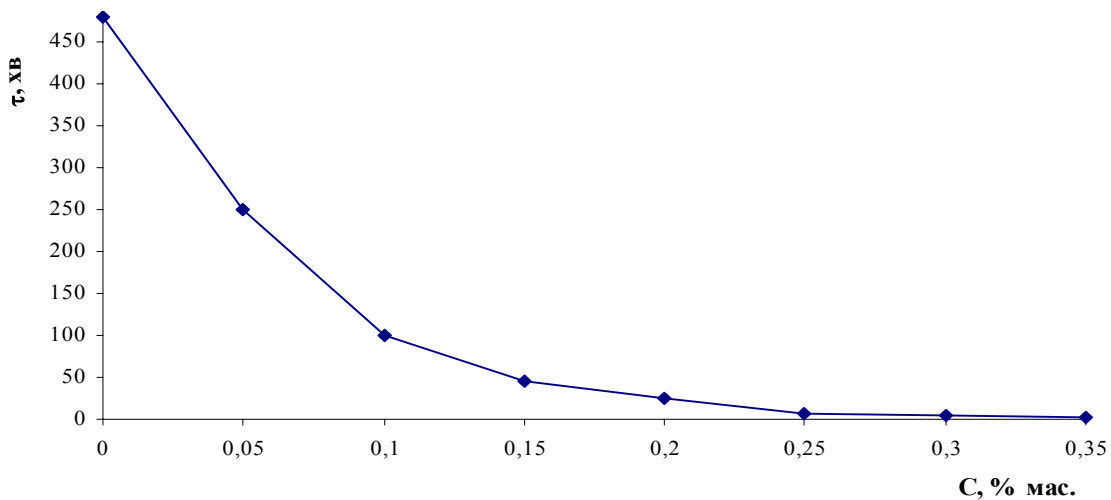


Рис. 2. Залежність часу полімеризації ПУ покриття від концентрації каталізатора ТЕА

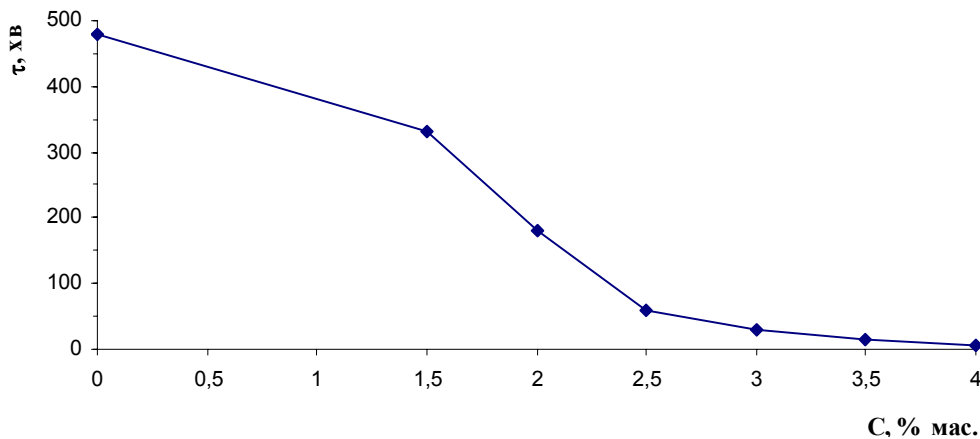


Рис. 3. Залежність часу полімеризації ПУ покриття від кількості ТЕНА

Результати досліджень свідчать про різний характер впливу каталізаторів на процес одержання поліуретанової фарби.

Для розробки складу поліуретанового покриття на основі рециклату системи (60: 40) використовували математичне планування експериментів типу 2^3 [17]. Розглядали наступні фактори:

- X1 – кількість TiO_2 , м.ч.;
- X2 – кількість ПЩ (M14), м.ч.;
- X3 – співвідношення ТЕА і ТЕНА, об.ч.

Критеріями оцінки властивостей покриття є остаточне висихання, блиск, стійкість до удару та інтенсивність зношування. Матриця планування і результати експерименту наведені в наступній табл. 2.

Таблиця 2

Матриця планування і результати експерименту

№ дослідю	X1		X2		X3		Остат.вिसихання, хв.	Блиск	Стійкість до удару, см	Інтенсивність зношування, % мас.
1	90	+	75	+	75	+	15	0,235	15	0,88
2	50	-	75	+	75	+	7	0,315	23	1,05
3	90	+	45	-	75	+	20	0,240	23	1,57
4	50	-	45	-	75	+	12	0,375	11	3,28
5	90	+	75	+	25	-	80	0,570	23	0,51
6	50	-	75	+	25	-	45	0,615	40	1,72
7	90	+	45	-	25	-	65	0,625	15	2,13
8	50	-	45	-	25	-	45	0,600	15	2,97

Відповідно до одержаних результатів, які наведені у таблиці, побудовані лінійні математичні моделі, які дозволяють виявити вплив кожного із факторів на властивості покриття:

- **Остаточне висихання:**

$$y = 36,125 + 8,875 \cdot X1 - 22,625 \cdot X3 + 1,875 \cdot X1 \cdot X2 - 4,875 \cdot X1 \cdot X3 - 3,125 \cdot X2 \cdot X3 - 1,875 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3;$$

- **Блиск:**

$$y = 0,44625 - 0,02925 \cdot X1 - 0,01375 \cdot X2 - 0,1555 \cdot X3 - 0,0245 \cdot X1 \cdot X3 + 0,016 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3;$$

- **Стійкість до удару:**

$$y = 20,625 - 1,625 \cdot X1 + 4,625 \cdot X2 - 2,625 \cdot X3 - 4,625 \cdot X1 \cdot X2 + 2,625 \cdot X1 \cdot X3 - 3,625 \cdot X2 \cdot X3;$$

- **Інтенсивність зношування:**

$$y = 1,76375 - 0,49125 \cdot X1 - 0,72375 \cdot X2 + 0,23875 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3.$$

Приведені дослідження засвідчують можливість використання ароматичних поліолів в якості олігоестерної складової поліуретанових покриттів. Це дає можливість вирішити питання сировинного забезпечення синтезу поліуретанів в Україні.

Література

1. Загальна характеристика гофрокартонної галузі України: огляд ринку гофрованого картону і упаковки (тари) з нього [Електронний ресурс] // Credit rating. – Режим доступу до статті: http://www.credit-rating.com.ua/ru/file_viewer.html?id=1df583b8f12bd6dde795b220402e54ce.
2. Балан О.Р., Литвин Б.Л., Шийчук О.В. Відходи ПЕТ. Що з ними робити? // Упаковка. – 2000. – № 6. – С.50-51.
3. Проект переработки упаковки ПЭТ и ППУ в полиол с последующим получением компонентов для пенополиуретановых систем [Електронний ресурс] // Центр энергосберегающих технологий Дон-Трейд – Режим доступу до статті: http://www.dontrade.donbass.com/razr_pet.shtml.
4. Рециклинг пластмассы, охрана среды [Електронний ресурс] // Пласт-Эксперт. – Режим доступу до статті: www.e-plastic.ru.
5. Коростелев В.И., Левин В.С. Производство и переработка пластмасс и синтетических смол // М., НИИТЭХИМ, 1979, № 1, с. 36-39.
6. Вильниц С.А., Вапна Ю.М. Новое в технологии порошковых полимерных материалов и покрытий // Л., ЛДНТП, 1969. – Ч.2. – С. 16-18.
7. Третьяков А.О. Переработка отходов из ПЭТФ // Упаковка. – 2004. – № 3. – С.36-39.
8. Шеваленко Н.В., Кіптик Д.Ю., Макушинський О.В. Нові технології переробки полімерних відходів та використаної тари // Хімічна промисловість України. – 2005. – № 5. – С.57-61.
9. Милицкова Е.А., Потапов И.И. Переработка отходов пластмасс. – М.: ООО Авис Оригинал, 1997. – 159 с.
10. Пат. 5 413 681 США, МКИ⁵ В 01 D 3. Process for the recovery of terephthalic acid and ethylene glycol from poly (ethylene terephthalate) / G.C.Tustin (США), Т.М.Pell (США), D.A.Jenkins (США), М.Т.Jernigan (США); Eastman Chem Co. (США). Inc. – № 151 637; Заявл. 15.11.93; Опубл. 09.05.95.
11. Пат. 5 395 858 США, МКИ² С 07 С 51. Process for recycling polyester / Jr.J.A.Schwartz (США);

- Partek Inc. (США). Inc. – № 234 237; Заяв. 28.04.94; Опуб. 07.03.95.
 12. Schut J. Plast. World – 1995. – 53, № 8. – Р. 27-28.
 13. Козлов Н.Г., Коротышева Г.П // Тез. докл. 2 Научн. – технич. Конф. "Ресурсосберег. и экол. Чист. Технол.", Гродно, 8-9 октября, 1996. – Гродно, 1996. – С. 92.
 14. Clean & Green [Електронний ресурс] // H&S Anlagentechnik GmbH – Режим доступу: http://www.hs-anlagentechnik.de/russian/download/recycling_ru.pdf.
 15. De Leon A., Shleich David. – Доклад на конф. 18-20 лютого 1997 р. в Сінгапурі по поліуретанам.
 16. Мандзюк І.А., Іванішена Т.В. Гліцероліз відходів ПЕТФ. Особливості кінетики // Хімічна промисловість України. – 2006. – № 10. – С.42-46.
 17. Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры): Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1980. – 264 с.

Надійшла 7.9.2009 р.

УДК 620.2: 678.686

П.П. САВЧУК, В.П. КАШИЦЬКИЙ, О.В. ВАСАГА
 Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ ПРИРОДИ МОДИФІКАТОРІВ КО-85ФМ ТА КО-08К НА СТРУКТУРОВАНІСТЬ І ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ

Оптимізовано склад модифікованого епоксидного полімеру та досліджено вплив кремнійорганічних модифікаторів на адгезійно-міцнісні характеристики та процеси структурування полімерних матеріалів на основі епоксидної смоли ЕД-20. Експериментально встановлено, що при введенні модифікатора КО-08К відбувається суттєве підвищення ударної міцності та ступеня структурування за рахунок створення додаткових вузлів зшивання. Показано доцільність використання кремнійорганічних модифікаторів, що призводять до покращення фізико-механічних та експлуатаційних характеристик епоксидних полімерів.

Composition of the modified epoxy polymer and investigational influence of modifiers is optimized on adhesive strength descriptions and processes of structurization of polymeric materials on the basis of epoxy resin ED-20. It is experimentally set that at introduction of modifier of КО-08Е there is a substantial increase of shock durability and degree of structurization due to creation of additional knots of sewing together. Expedience of the use of siliconorganic modifiers which result in the improvement of physical, mechanical and operating descriptions of epoxy polymers is shown

Ключові слова: епоксидні полімери, оптимізація складу.

Вступ та постановка проблеми. Однією із головних проблем сучасного матеріалознавства є створення нових композиційних матеріалів, здатних забезпечити надійність й довговічність експлуатації деталей машин та інженерних конструкцій. Розробка таких матеріалів полягає у науково-обґрунтованому застосуванні твердників, модифікаторів, наповнювачів та встановленні оптимальних температурно-часових режимів тверднення отриманих композиційних матеріалів. Визначення оптимального вмісту вказаних компонентів є обов'язковою умовою одержання композиту з високими фізико-механічними, теплофізичними, технологічними та експлуатаційними характеристиками [1].

Розробка нових композитних матеріалів пов'язана з врахуванням процесів інтенсифікації швидко-навантажувальних режимів експлуатації машин та механізмів, додаткового впливу агресивних середовищ. Композитні матеріали на основі епоксидних смол володіють високою адгезією, що забезпечується наявністю ефірних і полярних гідроксильних груп. Також ці матеріали мають високу технологічність при формуванні покриттів та компактних виробів [2].

Отримання нових модифікованих полімерних матеріалів з покращеними механічними, теплофізичними та іншими властивостями і їх застосування в різних галузях техніки є важливою задачею. Тому, враховуючи технологічність та високу сумісність епоксидних смол з іншими полімерами, в світовій практиці широко застосовують їх модифікування з метою регулювання параметрів структурної сітки та отримання матеріалів із наперед заданими властивостями [3].

Перспективним є модифікування епоксидних полімерів кремнійорганічними сполуками. Однак, на сьогодні недостатньо вивчені механізми структурування та процеси, які відбуваються при формуванні та експлуатації епоксикремнійорганічних наповнених композитних матеріалів [4].

Композиції на основі епоксидних смол модифікованих кремнійорганічними олігомерами характеризуються підвищеною ударною в'язкістю та термостійкістю системи. Перспективність використання кремнійорганічних сполук обумовлено високими технологічними властивостями – незначною залежністю в'язкості від температури, можливістю експлуатуватися в широкому діапазоні температур [1].

Мета роботи – вивчення закономірностей формування, структури та властивостей епоксидних полімерів, модифікованих кремнійорганічними сполуками КО-85ФМ та КО-08К.

Матеріали та методи досліджень. В роботі як вихідний матеріал використано епоксидно-діанову

смоли марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для тверднення епоксидних композицій застосовували поліетиленполіамін – ПЕПА (ТУ 6-02-594-70). Як модифікатори використано кремнійорганічні лаки марок КО-85ФМ та КО-08К.

Модифікований полімер на основі епоксидної смоли ЕД-20 досліджували на адгезійну та ударну міцність, а також на вміст гель-золь-фракції.

Границю адгезійної міцності при нормальному відриві визначали за ГОСТ 14759-69 методом “руйнування грибків”. Дослідження проводили на розривній машині марки УММ-5 при швидкості переміщення нижньої траверси 2 мм/хв.

Ударну міцність покриттів на сталевих пластинах розміром 60x200 мм визначали згідно з методикою [5], суть якої полягає у кількісному визначенні енергії удару, необхідної для наскрізного пошкодження захисних покриттів при падінні з певної висоти ударника з наконечником каліброваного розміру ($d = 8$ мм).

Ступінь структурованості матеріалів визначали за вмістом гель-фракції. Метод ґрунтується на здатності частини матеріалу, не зв’язаної в полімерну сітку, вимиватися органічним розчинником в екстракторі Сокслета. Екстракцію зразків у формі пластин розміром 40x70 мм товщиною до 0,5 мм проводили в толуолі протягом 8 год з наступним сушінням при температурі 393 К до сталої маси.

Результати досліджень та їх обговорення. Експериментально встановлено, що при введенні КО-85ФМ в кількості 10 мас. ч. відбувається зниження адгезійної міцності (рис. 1), а при вмісті модифікатора 10-30 мас. ч. спостерігається підвищення досліджуваної характеристики, що пов’язано із підвищенням кількості вузлів зшивання при взаємодії епоксидної матриці з модифікатором. Максимальне значення адгезійної міцності ($\sigma_a = 24,6$ МПа) отримано при введенні КО-85ФМ в кількості 30 мас. ч. При вмісті модифікатора понад 30 мас. ч. відбувається зниження адгезійної здатності, що пов’язано з недостатнім ступенем структуровання модифікованого епоксидного полімеру.

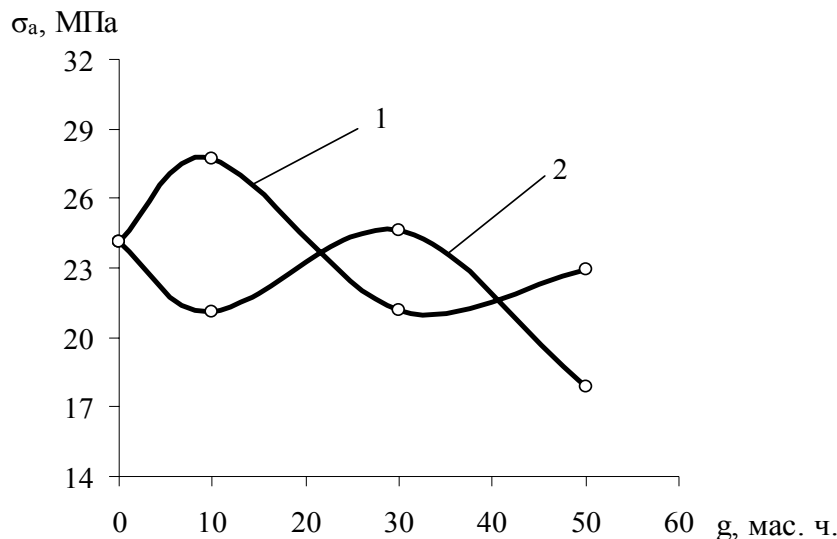


Рис. 1. Залежність адгезійної міцності від вмісту модифікатора: 1 – КО-08К; 2 – КО-85ФМ

Встановлено, що найвища адгезійна міцність ($\sigma_a = 27,7$ МПа) при нормальному відриві серед модифікованих епоксидних полімерів характерна для епоксидного полімеру з вмістом модифікатора КО-08К 10 мас. ч., що пояснюється утворенням у матеріалі структурної сітки з оптимальною кількістю вузлів зшивання.

Введення модифікатора КО-08К у кількостях 30 та 50 мас. ч. призводить до суттєвого зниження адгезійної міцності епоксидної матриці (21,2 МПа та 22,9 МПа відповідно). Адгезійна міцність епоксидного композиту модифікованого 30 мас. ч. КО-08 менша на 23,5 %, ніж при його вмісті 10 мас. ч. Максимальне значення адгезійної міцності для КО-08К становить 27,7 МПа, що пов’язано з оптимальною кількістю вузлів зшивання і формуванням системи з мінімальними залишковими напруженнями.

Аналіз поверхні клейового шва (рис. 2) показав, що для епоксидного полімеру без модифікатора КО-08К (рис. 2, а) властивий адгезійний характер руйнування, що зумовлено низькою адгезійною здатністю полімеру. При цьому зафіксовано, що відрив відбувається на межі поділу субстрат-полімерна матриця. При введенні до складу епоксиолімеру 10 мас. ч. модифікатора спостерігається когезійний характер руйнування клейового шва (рис. 2, б), що обумовлено підвищенням адгезійної міцності полімеру при введенні модифікатора.

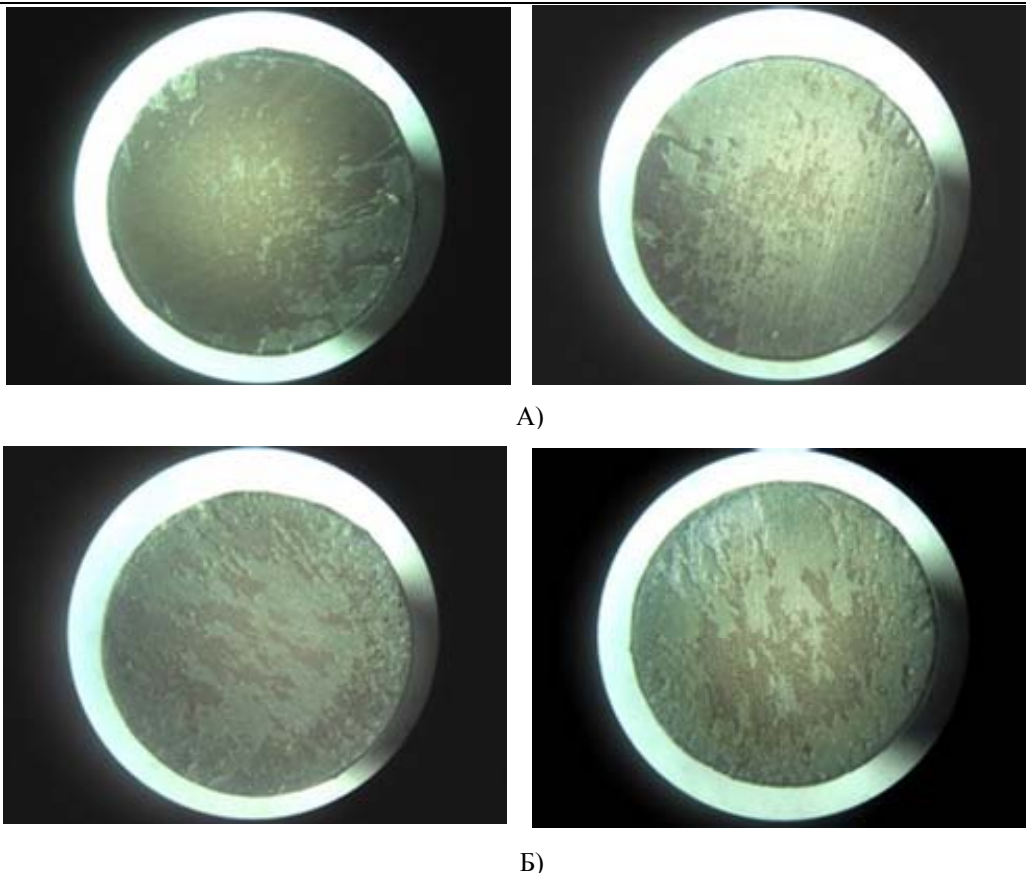


Рис. 2. Поверхня клеєвого шва епоксиполімерів після досліджень на адгезійну міцність:
а – без модифікатора; б – 10 мас. ч. КО-08К

При дослідженні ударної міцності найвище її значення ($A=16,96$ Дж) отримано при введенні до складу епоксиполімерів модифікатора КО-08К в кількості 10 мас. ч. (рис. 3). Введення даного лаку в кількості понад 10 мас. ч. призводить до зниження ударної міцності через формування системи з підвищеним напруженим станом.

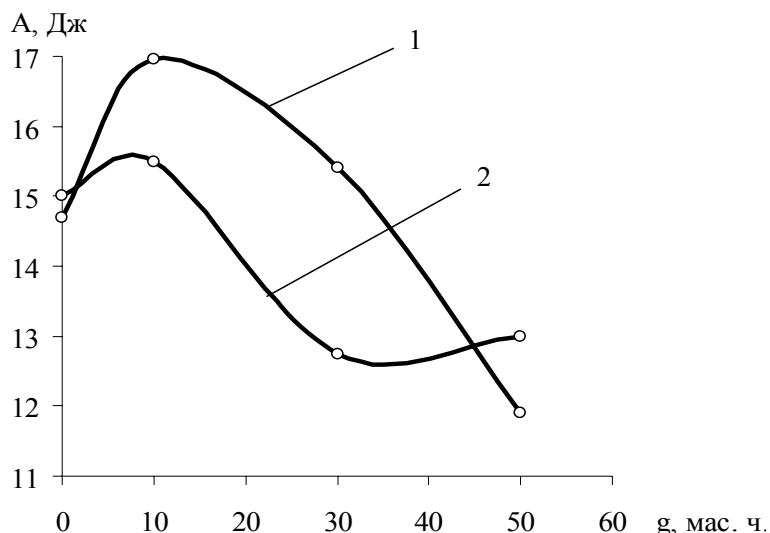


Рис. 3. Залежність ударної міцності від вмісту модифікатора: 1 – КО-08К; 2 – КО-85ФМ

Введення модифікатора КО-85ФМ у кількостях 30 та 50 мас. ч. зумовлює різке зниження ударної міцності епоксидної матриці. Найвище значення досліджуваної характеристики ($A=15,5$ Дж) отримано при введенні КО-85ФМ в кількості 10 мас. ч.

Низька ударна міцність немодифікованих епоксидних полімерів підтверджується інтенсивним руйнуванням нанесеного покриття в зоні удару (рис. 4, а). Максимальне значення ударної міцності відмічено при вмісті КО-08К 10 мас. ч., що відповідає стійкості покриття до динамічних навантажень без утворення областей відшарувань і поширення тріщин (рис. 4, б). При підвищенні вмісту модифікатора до 30 мас. ч. зона руйнування покриття значно зростає (рис. 4, в), а при вмісті модифікатора 50 мас. ч. відбувається

катастрофічне його руйнування, що супроводжується викришуванням великих ділянок (рис. 4, г).

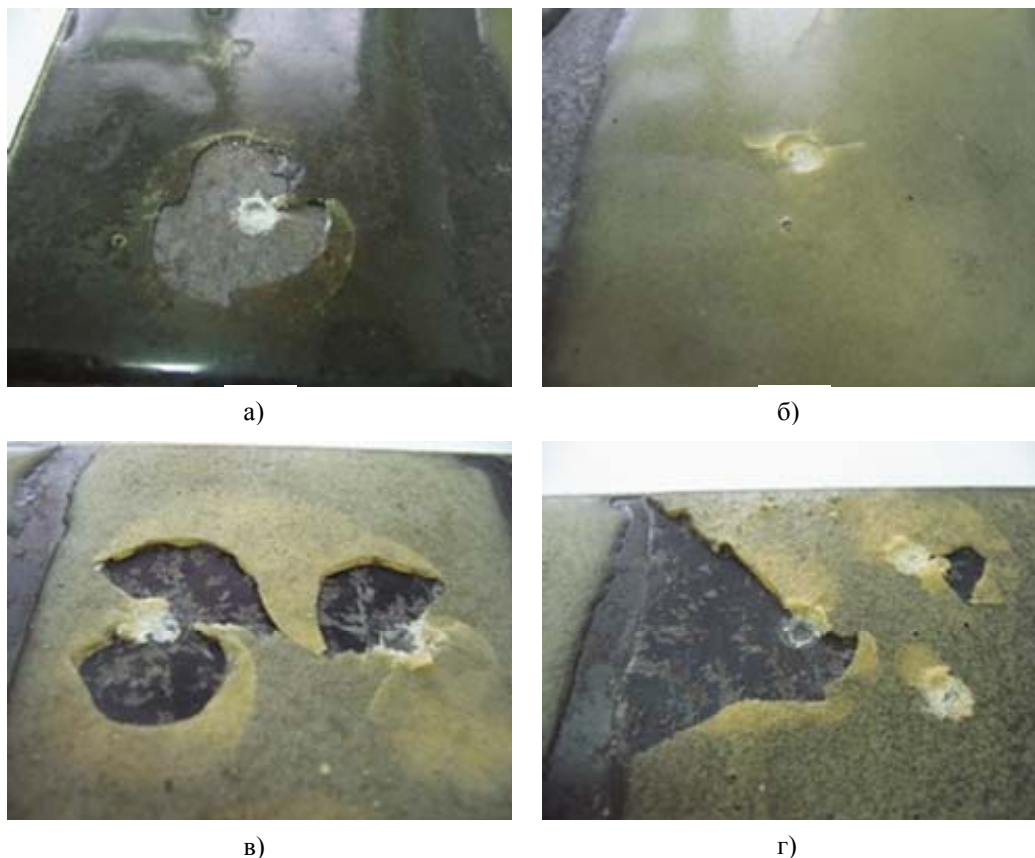


Рис. 4. Загальний вигляд поверхні модифікованих епоксидних полімерів після досліджень на ударну міцність: а – без модифікатора; б – 10 мас. ч. КО-08К; в – 30 мас. ч. КО-08К; г – 50 мас. ч. КО-08К

Експериментально встановлено, що найвищий ступінь структурування ($G = 95,8\%$) серед модифікованих епоксидних полімерів характерний для епоксидного полімеру з вмістом модифікатора КО-08 10 мас. ч. (рис. 5).

Також показано, що вміст гель-фракції знижується при високому вмісті модифікатора КО-85ФМ ($g \geq 30$ мас. ч.), оскільки утворення максимальної кількості вузлів зшивання при температурі 180°C стає неможливим через термодинамічну несумісність інгредієнтів системи.

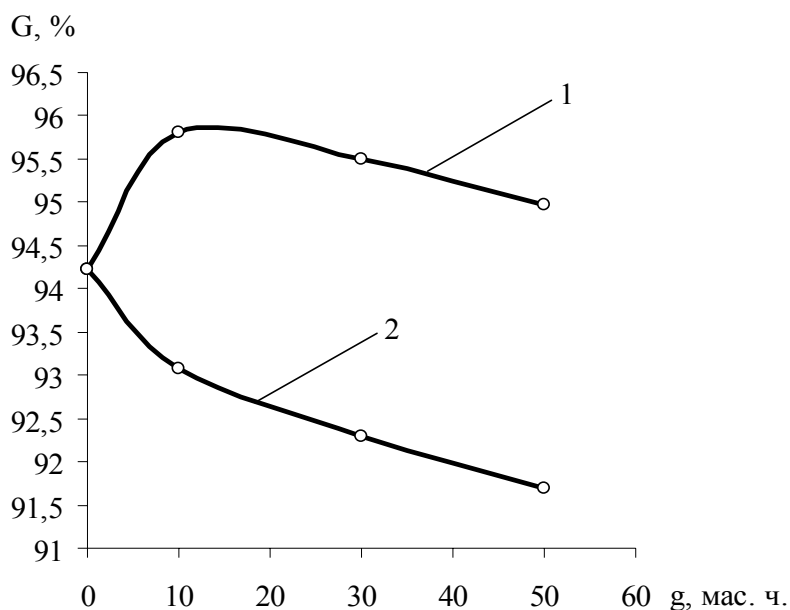


Рис. 5. Залежність вмісту гель-фракції від кількості модифікатора: 1 – КО-08К; 2 – КО-85ФМ

Висновки. На основі проведених досліджень зафіксовано підвищення адгезійно-міцнісних характеристик полімерних матеріалів на основі епоксидної смоли ЕД-20 модифікованої кремнійорганічними

модифікаторами КО-85ФМ та КО-08К порівняно з немодифікованими системами.

Показано доцільність використання кремнійорганічних модифікаторів, що призводять до покращення фізико-механічних характеристик епоксидних полімерів за рахунок виникнення сприятливих умов для протікання фізико-хімічної взаємодії між складовими системами.

Експериментально встановлено, що найвищі значення ударної міцності (16,96 Дж) та максимальна адгезійна міцність (27,7 МПа) при нормальному відриві серед модифікованих епоксидних полімерів характерна для композиту з вмістом модифікатора КО-08К 10 мас. ч. за рахунок утворення у матеріалі структурної сітки з оптимальною кількістю вузлів зшивання.

Література

1. Савчук П.П., Косторнов А.Г. Закономерности регулирования структуры и свойств защитных эпоксидных композиционных покрытий // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Спеціальний випуск № 7. Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. – 2008. – С. 453–456.

2. Букетов А.В., Стухляк П.Д., Кальба Є.М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. – Тернопіль: Збруч, 2005. – 182 с.

3. Савчук П.П., Косторнов А.Г., Кашицький В.П. Вплив технологічних параметрів на властивості епоксидних композиційних матеріалів // Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія хімія. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2008. – Випуск VI. – С. 56–64.

4. Влияние модификации эпоксидной смолы моноэфирами на адгезионную прочность / Липсон Г.А., Арсланов В.В., Чалых А.Е., Рубцов А.Е., Огарев В.А // Композиционные полимерные материалы. – 1984. – № 23. – С. 52-55.

5. Система антикорозійного захисту об'єктів нафтогазового комплексу захисні покриття. Методи випробування покриттів в лабораторних умовах. ВБН В.2.3-00018201.01.02.01-96. – Київ: Державний комітет нафтової, газової та нафтопереробної промисловості України, 1996.

Надійшла 14.9.2009 р.

УДК 675.043.84

Л.А. ЛУК'ЯНЕЦЬ, О.А. АНДРЕЄВА
Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НОВИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ШКІР'ЯНО-ХУТРОВОГО ВИРОБНИЦТВА ПОВІДОМЛЕННЯ 1

З метою визначення можливості застосування у шкіряно-хутровому виробництві досліджено фізико-хімічні властивості сучасних полімерних матеріалів – похідних стиролу, малеїнової та акрилової кислот.

For the reason determination of the possibility of the using in leather and fur production explored physico-chemical characteristics of modern polymeric materials – a derived styrene, malein and acrylic acids.

Ключові слова: полімерні матеріали, дослідження властивостей.

Постановка проблеми

Отримання якісних шкіряно-хутряних виробів – одна з найгостріших проблем галузі, вирішити яку можна удосконаленням діючих або розробкою нових технологій з використанням ефективних хімічних матеріалів. При цьому перспективними вважаються матеріали поліфункціональної дії, які, формуючи структуру дерми, надають їй бажану якість. Крім певних фізико-хімічних властивостей (розчинність у воді або органічних розчинниках, стійкість до дії електролітів і т.д.), такі матеріали повинні мати спорідненість до колагену, що сприятиме утворенню різноманітних технологічних ефектів: дублення, наповнювання та інших [1-4].

Аналіз останніх досліджень

Останнім часом увагу фахівців привертають полімерні сполуки, застосування яких на різних стадіях обробки шкіри та хутра дозволяє покращити якість готових виробів (додатково сформувати структуру, вирівняти по площі фізико-механічні властивості, підвищити стійкість до дії зовнішніх чинників тощо) [5-14].

Постановка завдання

На кафедрі технології шкіри та хутра КНУТД проводяться комплексні дослідження з пошуку і створення сучасних хімічних матеріалів для обробки шкіри та хутра з наявної сировини. Метою даної роботи, що є невід'ємною складовою цих досліджень, було дослідити нові полімерні матеріали – похідні стиролу, малеїнової та акрилової кислот – для виявлення можливості їх застосування для обробки шкіри та хутра. Для цього визначали основні фізико-хімічні властивості полімерів, досліджували характер їх взаємодії з колагеном та іншими хімічними матеріалами, поширеними у шкіряно-хутровому виробництві (ШХВ).

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктами дослідження обрані полімерні матеріали нового покоління, що отримані на базі стиролу та малеїнової кислоти (продукт Кго), акрилової кислоти (продукт СР) та її похідних (продукт ТР). Для реалізації поставленої мети у роботі використано традиційні та сучасні фізико-хімічні методи аналізу, у тому числі вискозиметричний, хроматографічний, статистичну обробку експериментальних даних.

Виклад основного матеріалу

Характеристика та основні показники досліджуваних полімерних матеріалів (ПМ), основними складовими яких є стирол та малеїнова кислота (продукт Кго), акрилова кислота (продукт СР) або її похідні (продукт ТР), наведені у табл. 1. Наявність у структурі різних груп (карбоксильної, бензольного кільця) та хімічних зв'язків (у тому числі подвійних) у сукупності з певними фізико-механічними властивостями уможливуватиме або, навпаки, виключатиме застосування цих сполук для обробки шкіри та хутра.

На підставі аналізу досліджуваних полімерів встановлено, що їм притаманні добра розчинність у воді, достатньо високі показники густини та в'язкості (особливо поліакрилатам), а стирол-малеїновому полімеру – низький поверхневий натяг (табл. 1). Це дає підставу припустити можливість використання продуктів Кго, СР та ТР у шкіряно-хутровому виробництві, наприклад, тоді, коли структура шкірної тканини вже сформована і здатна «прийняти» молекули полімерів, наприклад, під час рідинного оздоблення. Проте, нездатність утворювати повноцінні плівки з розчинів при сушінні (табл. 1) виключає можливість використання цих сполук для заключного оздоблення шкіри.

Під час вивчення загустіння полімерів в присутності електролітів виявлено високу стійкість досліджуваних сполук до дії гідроксиду та сульфату амонію, хлориду натрію та оцтової кислот (табл. 2).

Під впливом хлориду кальцію та сульфату алюмінію коагулюють усі продукти, при цьому стирол-малеїновий полімер (продукт Кго) більш чутливий до дії хлориду кальцію, ніж поліакрилати (продукти ТР, СР), що виявляють більш чутливість до дії сульфату алюмінію. На відміну від інших продукт Кго густіє в присутності соляної кислоти. Встановлено незначущість тривалості дії сульфату амонію на відносну в'язкість розчинів полімерів.

Таблиця 1

Характеристика та основні показники нових полімерних матеріалів

Характеристика, показник	Продукт		
	Кго*	ТР	СР
Зовнішній вигляд	переливчаста рідина жовтого кольору з приємним запахом	помаранчево-жовта, ледь переливчаста прозора рідина	безбарвна або світло-жовта в'язка рідина
Розчинність у воді	повна	добра	добра
рН 10-відсоткового розчину	7,6 ± 0,5	5,7 ± 0,5	5,5 ± 1,0
Заряд	аніон	аніон	аніон
Сухий залишок, %	21,5	13,5	32,5
Густина, г/см ³ : - вихідного продукту	1,078	1,060	1,158
- 10 %-го розчину	1,015	1,011	1,040
Поверхневий натяг 20-відсоткового розчину, дин/см ²	54,1	76,6	76,9
Відносна в'язкість: - вихідного продукту	2,00	13,33	78,00
- 20-відсоткового розчину	1,14	3,40	14,90
Плівкоутворювальна здатність: - діаметр плями, 10 ⁻³ м	10,0	9,4	7,7
- одержання плівки	неможливе	неможливе	неможливе

Примітка: * добра світлочутливість.

Таблиця 2

Електролітична стійкість досліджуваних полімерних матеріалів

Показник	Хлорид кальцію			Гідроксид амонію			Хлорид натрію		
	Кго	ТР	СР	Кго	ТР	СР	Кго	ТР	СР
Об'єм електроліту для коагуляції, мл	0,50	1,00	1,50	+	+	+	+	+	+
рН 8-відсоткового розчину після коагуляції	5,50	4,50	6,00	+	+	+	+	+	+
Коефіцієнт електролітичної стійкості, мл/г	0,62	1,25	1,88	+	+	+	+	+	+
Поріг коагуляції, г/л	2,64	5,04	5,04	+	+	+	+	+	+

Сульфат амонію			Сульфат алюмінію			Оцтова кислота			Соляна кислота		
Кго	ТР	СР	Кго	ТР	СР	Кго	ТР	СР	Кго	ТР	СР
+	+	+	1,00	0,50	0,50	+	+	+	1,00	+	+
+	+	+	6,00	6,00	6,00	+	+	+	1,50	+	+
+	+	+	1,25	0,62	0,62	+	+	+	1,25	+	+
+	+	+	5,18	2,71	2,71	+	+	+	3,32	+	+

Примітка: «+» має місце стійкість до дії електродів.

З метою поглиблення знань про характерні особливості нових полімерних матеріалів (молекулярну масу, фракціонування та розподіл молекулярної маси) у роботі використали традиційний вискозиметричний метод [15] та більш сучасний хроматографічний метод – гель-фільтрацію [16, 17].

Вискозиметричні дослідження виконували за допомогою вискозиметра Освальда, підбираючи його діаметр таким чином, щоб одержані дані були найбільш достовірними.

Уявлення про молекулярну масу досліджуваних матеріалів складалось на підставі графічної залежності приведеної в'язкості від концентрації полімерів, після екстраполювання якої знаходили характеристичну в'язкість полімерів $[\eta]$ [15]. Виходячи з величини цього показника, прийшли до висновку про те, що стирол-малеїновий полімер має значно меншу молекулярну масу, ніж поліакрилати.

Для хроматографічних досліджень застосували колонку *Superdex G 75* (діаметр – 10 мм, висота – 33 мм), яка дозволяє розподіляти високомолекулярні сполуки на окремі фракції з молекулярною масою від 3 000 до 70 000 [16]. У якості матрикса використали сферичні композиції агару та декстрину, у якості буферної ємності – 0,1 М розчини ацетату та хлориду натрію (рН=6,0). Умови розподілу: швидкість подачі – 0,3 мл / хв, швидкість протягування – 0,06 см / хв; рівень – 2,0 %. Для більшої достовірності отримуваних експериментальних даних виконали кілька паралельних випробувань: для продукту Кго робили два нанесення, для ТР і СР – відповідно три і чотири нанесення по 0,5 мл з розведенням у буферному розчині кожного зразка у співвідношенні 1: 5.

Результати досліджень отримали у вигляді спектрограм, за допомогою яких визначили наступні показники (табл. 3):

а) точку перегину (*Retention R*), що відповідає часу виходу з колонки речовини, тобто дозволяє визначити певні властивості останньої відносно застосовуваного носія (*Superdex G 75*);

б) площу піка (*Area A*), що характеризує розподіл речовин по фракціях.

Таблиця 3

Результати дослідження молекулярно-масового розподілу в полімерних матеріалах

Точка перегину	Кго			ТР				СР				
	1	2	Серед.	1	2	3	Серед.	1	2	3	4	Серед.
Час виходу з хроматографічної колонки (<i>Retention R</i>), хв												
пік 1	41,5	41,6	41,6	19,3	19,5	19,7	13,2	12,0	21,3	22,3	23,2	19,7
пік 2	45,2	45,1	45,1	21,7	20,4	24,9	22,3	21,7	31,3	32,9	32,9	29,7
пік 3	69,7	–	69,7	21,0	26,0	48,9	32,0	29,6	36,1	37,1	42,5	36,3
пік 4	–	–	–	27,6	48,5	59,1	45,0	–	–	–	–	–
пік 5	–	–	–	70,4	52,3	67,9	63,5	–	–	–	–	–
пік 6	–	–	–	–	52,4	77,0	64,7	–	–	–	–	–
пік 7	–	–	–	–	58,3	–	58,3	–	–	–	–	–
Площа піка (<i>Area A</i>), %												
пік 1	53,4	53,8	53,6	41,4	5,7	28,1	25,1	3,8	43,2	42,5	43,4	33,2
пік 2	36,9	35,6	36,3	11,4	35,9	18,9	22,1	48,6	34,6	31,5	38,3	38,2
пік 3	3,4	–	1,7	25,2	22,2	7,5	18,3	40,5	15,5	7,5	10,6	18,5
пік 4	–	–	–	6,4	14,7	7,3	9,5	–	–	–	–	–
пік 5	–	–	–	8,3	5,7	7,1	7,1	–	–	–	–	–
пік 6	–	–	–	–	3,0	23,4	8,8	–	–	–	–	–
пік 7	–	–	–	–	10,4	–	3,5	–	–	–	–	–

Дані табл. 3 свідчать про те, що досліджувані матеріали різняться між собою часом виходу з колонки. Так, 91,7 % продукту СР та 48,0 % продукту ТР виходять з колонки за 20-30 хв; елювання продукту Кго відбувається більш повільно: 91,6 % цього полімеру виходить з колонки не раніше 40-60 хв.

Як відомо [16,17], чим повільніше продукт виходить з колонки, тим більш низьку молекулярну масу він має. Отже, серед досліджуваних сполук найменшу молекулярну масу має стирол-малеїновий полімер (продукт Кго; середнє значення показника $R_{сеп}$ становить 48,6 хв), найбільшу – полімер на базі акрилової кислоти (продукт СР; $R_{сеп}$ дорівнює 29,4 хв); інший поліакрилат – продукт ТР займає проміжне місце ($R_{сеп}$ відповідає 40,9 хв). Таким чином, за молекулярною масою досліджувані полімерні матеріали можна розташувати у такій послідовності: продукт СР > продукт ТР > продукт Кго. Це цілком корелює з їх

показниками густини та в'язкості (табл. 1).

Крім різної швидкості елюювання, досліджувані полімери відрізняються фракційним складом. Про відносну кількість тих або інших фракцій можна судити по профілю спектрограм, орієнтовно – по висоті їх піків. Як видно з табл. 3, аналізованим полімерам притаманні як високомолекулярні фракції, так і фракції з більш низькою молекулярною масою. При цьому на спектрограмі продукту TP присутні сім піків, а на спектрограмах Кго і СР – лише три, що вказує на наявність більшої кількості фракцій у першому продукті.

Висновки

Досліджено основні властивості нових полімерних матеріалів – похідних стиролу, малеїнової та акрилової кислот. Методом гель-фільтрації виявлено різницю у фракційних складах цих полімерів, а спільно з методом віскозиметрії – відмінність їхніх молекулярних мас. Наявність різних функціональних груп, добра розчинність у воді, стійкість до дії електролітів та деякі інші фізико-хімічні властивості, наприклад, добра світлочутливість стирол-малеїнового полімеру, не виключають можливість ефективного застосування цих сполук у шкіряно-хутровому виробництві. У наступних повідомленнях будуть наведені результати реологічних досліджень систем «полімер-желатин», «полімер-хромовий дубитель», розглянуті особливості взаємодії нових полімерних матеріалів з колагеном та дубильними сполуками хрому.

Література

1. Андреева О. А. Научные основы ресурсосберегающих технологий дубления та оздоблювання шкір з використанням поліфункціональних сполук: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.19.05 «Технологія шкіри та хутра» / О. А. Андреева. – К., 2005. – 45 с.
2. Горбачов А. А. Научные основы технологических процессов производства шкіри та похідних колагену з позицій термодинаміки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.19.05 «Технологія шкіри та хутра» / А. А. Горбачов. – К., 2002. – 44 с.
3. Данилкович А. Г. Научные основы ресурсосберегающих технологий формирования структуры шкіри та хутра в дубильно-оздоблювальних процесах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.19.05 «Технологія шкіри та хутра» / А. Г. Данилкович. – К., 2000. – 40 с.
4. Чурсин В. И. Теоретические основы и практика новых нетрадиционных технологий кожевенного производства: автореф. дис. на соискание учен. степени докт. техн. наук: 05.19.05 «Технология кожи и меха» / В. И. Чурсин. – М., 1999. – 48 с.
5. Jessop Peter. Choosing the correct base coat resin / Peter Jessop // World Leather. – 2005. – 18, № 2. – P. 37–39.
6. Dix J. P. Chemical developments leading to cleaner production. Pt 3. Advantages offered by polymeric products in the manufacture of chrome free leathers / J. P. Dix // World Leather. – 2001. – 14, № 1. – P. 35–36.
7. Наполнение и додубливание хромовых кож полимерами нового поколения. Сообщ. 1 / [Б. Д. Винницкий, О. П. Лебедев, Я. Я. Макаров-Землянский и др.] // Кож. – обувн. пром-сть. – 2002. – № 6. – С. 32-34.
8. Наполнение и додубливание хромовых кож полимерами нового поколения. Сообщ. 2 / [Б. Д. Винницкий, О. П. Лебедев, Я. Я. Макаров-Землянский и др.] // Кож. – обувн. пром-сть. – 2003. – № 1. – С. 33-34.
9. Кошелева О. Э. Теоретические основы получения и применения продуктов модификации полигексаметиленгуанидина в практике кожевенного и мехового производства: автореф. дис. на соискание учен. степени докт. техн. наук: 05.19.05 «Технология кожи и меха» / О. Э. Кошелева. – М., 2004. – 51 с.
10. Полиэтилгидросилоксаноакрилатные полимеры для повышения эффекта гидрофобизации / [В.Н. Ахмедов, А.М. Джураев, А.Ю. Тошев и др.]: тезисы докладов Междунар. конф. и Регион. Центр. – Азиат. Междунар. конф. «Химическая технология», (Москва, 17-23 июня 2007 г., Ташкент, 6-8 июня 2007 г.). – Т. 5. – М.: ЛЕНАНД, 2007. – С. 145–146.
11. A practical evaluation of acrylic resins and the development of a materials evaluation method / [M. Bientinesi, G. D'Elia, M. Seggiani and oth.] // World Leather. – 2005. – 18, № 4. – P. 31–32, 34–35.
12. Горбатов С.В. Разработка пластифицированного сополимерного продукта для наполнения и жирования натуральных кож / сб. научно-исслед. работ ЦНИИКП: Горбатов С.В., Тихвинская Н.П., Газиев Д.Г. – М.: Инфест, 2003. – С. 31-34.
13. Кошелева О.Э. Эффективные наполнители для кожевенного и мехового производства / О. Э. Кошелева, Е. Н. Попова // Кожа и обувь. – 2005. – № 6. – С. 24.
14. Наповнення полімером ксантан-акриламід / [І. Р. Цеменко, А. Г. Данилкович, Г. В. Цеменко, Р. В. Луцик] // Вісник КНУТД. – 2006. – № 4. – С. 63.
15. Water soluble polyelectrolytes for leather / Gabrielle Charlotte Chitanu, Carmen Gaudia / materials of International Symposium [«Advanced Materials and Processes for Ecological Manufacturing of Leather»], (Bucharest, 2 Nov. 2007). – Bucharest: Performantica, 2007. – P. 34–41.
16. Головтеева А. А. Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха / А. А. Головтеева, Д. А. Куциди, Л. Б. Санкин. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 312 с.
17. Данилкович А. Г., Чурсин В. И. Практикум по химии и технологии кожи и меха / А. Г. Данилкович, В. И. Чурсин. – М.: ЦНИИКП, 2002. – 413 с.
18. Biodirectory 2004. – Vienna: AmerChem. Biosciences, 2004. – 793 p.

Надійшла 12.9.2009 р.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАТОРІВ БІЛІННЯ ДЛЯ КОЛЬОРУВАННЯ СУРОВИХ ЛЛЯНИХ ТКАНИН СПОСОБОМ ЛОКАЛЬНОГО ВИБІЛЮВАННЯ

Представлено результати досліджень впливу сечовини, препаратів «Celostabiteх-GW» та ДАУК на якість локального вибілювання сурових лляних тканин із застосуванням загущених складів на основі водорозчинних полімерів. Отримані результати досліджень показали можливість застосування розроблених вибілюючих композицій для отримання білих колористичних малюнків на суровій лляній тканині.

We present the results of researches of influence of the urea, preparations «Celostabiteх-GW» and DAUK on the quality of local bleaching of untreated linen fabrics with the use of thickened compounds based on the water-soluble polymers. Received results of the carried-out researches have shown the possibility of application of the developed bleaching compositions for obtaining white colouristic patterns on the untreated linen fabrics.

Ключові слова: лляні тканини, кольорування.

Ляне текстильне волокно та готові текстильні вироби із льону переважають за споживчими властивостями текстильні матеріали з інших видів волокон та прекрасно конкурують з імпортними товарами народного вжитку. Лён як природне текстильне волокно має складну структуру та будову. Присутність у лляному волокні значної кількості природних домішок, в тому числі лігніну, ускладнює технологічні процеси обробки тканин із льону, робить процеси підготовки та вибілювання багатостадійними та трудомісткими. У світовій практиці вибілювання лляних текстильних матеріалів здійснюють із застосуванням хлоромістких вибілювачів та перексиду водню. Збереження природного забарвлення лляних тканин та утворення на тканинах білих чи кольорових малюнків при використанні способу локального вибілювання розширює колористичні можливості оздоблення лляних тканин.

Російськими вченими з ІДХТУ була розроблена технологія локального вибілювання сурового льону композиціями на основі перексиду водню і хлораміну Б з використанням у якості загусника крохмалю [1]. Суть технологічного рішення полягає у використанні сурового льону для створення візерунка за рахунок знебарвлення природних барвників і лігніну у місцях локального вибілювання, які надають забарвлення волокну. Оскільки за цією технологією складно досягти гарної чіткості контуру й високої білизни малюнка, необхідно розробити такий склад для локального вибілювання сурової лляної тканини, який би усунув зазначені недоліки.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі є сурова лляна тканина зі світлотою фону 37 % та вибілюючі друкарські композиції на основі водорозчинного полімеру ЕПАА і 10-відсоткової крохмальної загустки. Якість вибілювання визначається за чіткістю контуру отриманого візерунка і ступенем білизни, що контролюється на приладі «Srecol-10».

Постановка завдання

Мета роботи полягає у дослідженні і розробці друкарських складів для кольорування лляних тканин способом локального вибілювання.

У зв'язку з цим проводимо дослідження за наступними напрямками:

1. Визначення оптимальної концентрації перексиду водню для локального вибілювання сурових лляних тканин.
2. Дослідження впливу тривалості запарювання, природи загусника та інтенсифікаторів процесу на якість локального вибілювання.

Результати досліджень та їх обговорення

Технологія кольорування сурових лляних тканин способом локального вибілювання, розроблена на кафедрі ХТДВМ Херсонського національного технічного університету, базується на застосуванні у якості вибілювача нешкідливого для навколишнього середовища перексиду водню та загусників на основі поліакриламідів та крохмалю. Особливістю даної технології є наявність в друкарському складі вибілювача, стабілізатора та інтенсифікаторів процесу біління, що дозволяють одночасно руйнувати зафарбовані супутники целюлози льону, зменшувати жорсткість і зольність тканини і отримувати цікавий колористичний ефект у місцях нанесення друкарського складу.

Суть технології полягає у нанесенні малюнка складеною вибілюючою друкарською композицією на сурову лляну тканину за допомогою сітчастого шаблону. Надруковані зразки підсушують при температурі 60 – 70°C до 30-40 % вологості в сушильній шафі й запарюють у лабораторному зрільникові в атмосфері вологої насиченої пари протягом 20 хвилин. Після запарювання зразки промивають теплою і холодною водою і висушують у сушильній шафі. Для оцінювання якості локального вибілювання визначаємо ступінь білизни (коефіцієнт відбиття) на приладі «Srecol-10» і розривне навантаження на розривній машині РМ-250. При цьому попередньо вимірюємо коефіцієнт відбиття і розривне навантаження сурової лляної тканини, які

відповідно складають 37 % і 677,4 Н.

Необхідно відзначити, що запарювання в атмосфері вологої насиченої пари одразу ж після нанесення вибілюючої друкарської композиції сприяє розтіканню контуру малюнка і появі білого витіку. Цей білий ореол навкруги малюнка можна ефективно використовувати для додаткового художнього оформлення, оскільки він створює враження об'ємності візерунка і завдяки світловому контрасту утворює ефект світіння. Але для цього текстильний матеріал повинен мати однакову капілярність за основою і утком, що важко досягається на практиці. Кращі результати збереження чіткості контуру візерунка досягаються при проведенні підсушування перед запарюванням [2].

Основними критеріями дослідження тривалості запарювання є коефіцієнт відбиття і залишковий вміст пероксиду водню на тканині після вибілювання. Вибілюючу активність друкарських композицій контролюємо за вмістом пероксиду водню, який визначається методами йодометричного та перманганатного титрування.

Однією із необхідних умов технологічного процесу локального вибілювання є підтримання певної вологості друкарського складу. Оскільки саме у вологому середовищі пероксид водню виявляє вибілюючу здатність, що дозволяє отримати високий ступінь білизни [2].

Дослідження оптимальної концентрації активного агента у вибілюючому складі для локального вибілювання сирових лляних тканин проводимо при варіації його концентрації у композиції від 10 до 30 г/кг. Найвищий коефіцієнт відбиття, що дорівнює 62 %, отримуємо при використанні друкарського складу на основі загустки ЕПАА з концентрацією пероксиду водню 30 г/кг. Надрукований зразок має чіткі контури, що пояснюється хорошим структуруванням загустки на основі ЕПАА в даній вибілюючій композиції. Підвищення концентрації пероксиду водню призводить до підвищення ступеня білизни.

Одним з найважливіших компонентів друкарських складів, що багато в чому визначає якість отриманих візерунків, є загущуючий агент. При використанні технології локального вибілювання для збереження чіткості контуру візерунка необхідний правильний підбір загусника, оскільки на процес вибілювання впливає наявність у друкарській композиції високої концентрації сильного окислювача – пероксиду водню. У процесі вибілювання деструкційній дії окислювачів в першу чергу піддається загущуючий агент, що дозволяє знизити пошкодження целюлозної складової лляного волокна [1].

Основними критеріями використання загусток у технології локального вибілювання сирових лляних тканин є зберігання активності вибілювачів у друкарському складі; висока якість друку; стабільність друкарських композицій при зберіганні.

Встановлено, що при введенні загусника на основі ЕПАА та крохмальної загустки у друкарський склад вміст вибілюючого агента у друкарському складі не змінюється протягом 2-3 годин. Це підтверджує інертність загусників до інших компонентів вибілюючих друкарських композицій.

Оскільки вибілений льон за попередніми рецептами має невисокі показники білизни за рахунок вмісту лігніну (від 59 до 62 %), у наступних дослідженнях у якості інтенсифікаторів процесу вибілювання застосовуємо сечовину та гліюксалесечовиноформальдегідні препарати «Celostabiteх-GW» та ДАУК.

Дослідження впливу концентрації сечовини у вибілюючому складі на ефект вибілювання проводимо при варіації її концентрації від 5 до 60 г/кг (табл. 1). Результати оцінюємо за ступенем білизни та втратою міцності лляної тканини після локального вибілювання, які представлені у табл. 2.

Таблиця 1

Варіанти вибілюючих друкарських композицій

Назва компоненту	Варіант, концентрація компоненту, г/ кг							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Пероксид водню (100 %-вий)	30	30	30	30	30	30	30	30
Силікат натрію	100	100	100	100	100	100	100	100
Їдкий натр (10 %-й), мл	50	50	50	50	50	50	50	50
10 %-а крохмальна загустка	-	815	-	810	-	790	-	760
Загустка ЕПАА	815	-	810	-	790	-	760	-
Сечовина	5	5	10	10	30	30	60	60

Таблиця 2

Показники якості локального вибілювання сирової лляної тканини

Показники	Варіант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Білизна, %	73,5	70	73,5	74	78	75	72	67
Розривне навантаження, Н	677,4	595,6	649,5	493,3	613,9	546,7	518,6	534,8
Втрата міцності, %	0	12,07	4,12	27,18	9,37	19,29	23,44	21,05

Введення сечовини у друкарські склади не тільки сприяє підвищенню вологості композицій, а й стабілізує пероксид водню [3]. Ступінь білизни при локальному вибілюванні сирової лляної тканини складає

від 67 до 78 %. Підвищення концентрації сечовини вдвічі (з 30 до 60 г/кг) призводить до зниження білизни і більшої втрати міцності тканини. Надруковані зразки мають чіткі контури візерунку і м'який гриф, що свідчить про гарне видалення лігніну та супутніх домішок із лляної тканини.

При дослідженні впливу концентрації препарату «Celostabiteх-GW» на якість локального вибілювання встановлюємо, що під дією цього препарату спостерігається структуризація композицій на основі водорозчинного полімеру ЕПАА, тому наступні дослідження проводимо при використанні друкарських композицій на основі 10 %-вої крохмальної загустки (табл. 3). Результати досліджень представлені у табл. 4.

Таблиця 3

Варіанти вибілюючих друкарських композицій

Назва компоненту	Варіант, концентрація компоненту, г/ кг			
	1	2	3	4
Пероксид водню (100 %-вий)	30	30	30	30
Силікат натрію	100	100	100	100
10 %-ва крохмальна загустка	810	790	760	730
Їдкий натр (10 %-вий), мл	50	50	50	50
Препарат «Celostabiteх-GW», мл	10	30	60	60
Сечовина	-	-	-	30

Таблиця 4

Показники якості локального вибілювання сурової лляної тканини

Показники	Варіант			
	1	2	3	4
Білизна, %	70,5	74	75,5	78
Розривне навантаження, Н	645,6	656,2	384,5	670,3
Втрата міцності, %	4,7	3,13	43,24	1,05

Дані таблиці 4 свідчать про те, що підвищення концентрації інтенсифікатора «Celostabiteх-GW» сприяє отриманню високих показників білизни. При сумісному використанні сечовини з препаратом «Celostabiteх-GW» ступінь білизни обробленої тканини складає 78 %, втрата міцності – 1,05 %.

Також досліджуємо вплив концентрації гліоксалесечовиноформальдегідного препарату ДАУК на якість вибілювання сурової лляної тканини. Рецептuru вибілюючих друкарських композицій наведена у таблиці 5, результати досліджень – у таблиці 6.

Таблиця 5

Варіанти вибілюючих друкарських композицій

Назва компоненту	Варіант, концентрація компоненту, г/ кг									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пероксид водню (100 %-вий)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Силікат натрію	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Їдкий натр (10 %-вий), мл	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
10 %-ва крохмальна загустка	800	-	780	-	760	-	720	-	690	-
Загустка ЕПАА	-	800	-	780	-	760	-	720	-	690
Препарат ДАУК, мл	20	20	40	40	60	60	100	100	100	100
Препарат «Celostabiteх-GW», мл	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30

Таблиця 6

Показники якості локального вибілювання сурової лляної тканини

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Білизна, %	69	72	75	74	75	75	76	76	67	65
Розривне навантаження, Н	472,8	324,6	486,9	442,6	439,9	451,6	453,5	479,8	462,1	481,6
Втрата міцності, %	30,2	52,08	28,12	34,66	35,06	33,33	33,05	29,17	31,78	28,91

Аналіз даних таблиці 6 показує, що навіть незначна концентрація препарату ДАУК (20-40 г/кг) сприяє отриманню високих показників білизни (69-76 %), але відбувається значне пошкодження целюлозної складової льону. Втрата міцності при цьому складає від 30 до 50 %. При сумісному використанні препарату «Celostabiteх-GW» з інтенсифікатором ДАУК спостерігається зниження білизни. Тому використання препарату ДАУК рахуємо недоцільним.

З метою вивчення впливу композицій на споживчі властивості готового текстильного матеріалу досліджуємо вплив складу вибілюючої композиції на капілярність обробленої лляної тканини.

Капілярність готової тканини, вибіленої за рецептами табл. 7, відповідно з ГОСТ 3816-81 оцінюємо величиною підйому стовбця біхромату калію за 1 годину. Висоту підйому рідини вимірюємо через 3, 5, 10, 20, 30, 60 хвилин, та розраховуємо константу швидкості змочування за рівнянням Уотбурна (1):

$$L = k \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

де L- висота підйому рідини, мм;
t- тривалість вимірювання, с;
k- константа швидкості змочування, характерна для кожної тканини.
Отримані результати наведені у табл. 8 та 9.

Таблиця 7

Рецептура вибілюючих складів

Назва компоненту, показники якості вибілювання	Варіант, концентрація компоненту, г/ кг			
	1	2	3	4
Пероксид водню (100 %-вий)	30	30	30	30
Силікат натрію	100	100	100	100
Їдкий натр (10 %-вий), мл	50	50	50	50
10 %-ва крохмальна загустка		730	800	-
Загустка ЕПАА	820	-	-	800
Препарат ДАУК, мл	-	-	20	20
Препарат «Celostabiteх-GW», мл	-	30	-	-
Сечовина	-	60	-	-
Ступінь білизни, %	62	78,5	69	72

Таблиця 8

Вплив складу вибілюючої композиції на капілярність локально вибіленої лляної тканини

Тривалість вимірювання, с	Варіант, висота підйому біхромату калію, мм (ГОСТ 3816-81)				
	Сурова лляна тканина	1	2	3	4
300	3	37	60	41	48
600	3,5	40	68	49	55
1200	4	44	80	52	64
1800	4,5	45	91	55	66
3600	6	46	100	60	79

Таблиця 9

Вплив складу вибілюючої композиції на капілярність локально вибіленої лляної тканини

Тривалість вимірювання, с	Варіант, константа швидкості змочування зразків				
	Сурова лляна тканина	1	2	3	4
300	1,34	16,55	26,83	18,33	21,46
600	1,11	12,65	21,5	15,5	17,39
1200	0,89	9,84	17,89	11,62	14,31
1800	0,82	8,22	16,61	10,04	12,04
3600	0,77	5,94	12,91	7,75	10,2

З наведених даних у таблицях 8 та 9 видно, що локальне вибілювання сприяє підвищенню капілярності сурової лляної тканини. Капілярність залежить від якості підготовки, тобто від ступеня білизни. Лляна тканина, вибілена з додаванням інтенсифікаторів процесу: сечовини, препаратів «Celostabiteх-GW» та ДАУК, має більшу капілярність, ніж сурова тканина. Найвищу капілярність має зразок, вибілений композицією на основі 10-відсоткової крохмальної загустки при сумісному використанні сечовини і гліоксалесечовиноформальдегідного препарату «Celostabiteх-GW». Ступінь білизни при цьому складає 78,5 %.

Висновки

Порівняння вибілюючої здатності друкарських композицій на основі різних загусників – поліакриламідів та крохмалю – показує, що природа загусника майже не впливає на якість вибілювання сурової лляної тканини. Досліджувані загусники дають гарні результати з білизни й чіткості контуру малюнка, стабільності друкарського складу при зберіганні та можуть бути використані в технології локального вибілювання.

Введення інтенсифікаторів процесу вибілювання сприяє підвищенню білизни та капілярності обробленої тканини, а також знижує пошкодження целюлозної складової льону.

Результати досліджень показують, що найкращими рецептами для кольорування сурового льону способом локального вибілювання є друкарські композиції наступного складу:

а) пероксид водню (100-відсотковий) – 30 г/кг; силікат натрію – 100 г/кг; їдкий натр (10-відсотковий, мл) – 50 г/кг; сечовина – 60 г/кг; препарат «Celostabiteх-GW», мл – 30 г/кг; 10-відсоткова

крохмальна загустка – 730 г/кг.

б) пероксид водню (100-відсотковий) – 30 г/кг; силікат натрію – 100 г/кг; їдкий натр (10-відсотковий, мл) – 50 г/кг; сечовина – 30 г/кг; загустка ЕПАА – 790 г/кг;

Такі склади дають на лляній суровій тканині художній візерунок з чітким контуром. Ступінь білизни вибіленої лляної тканини становить 78 %, при цьому втрата міцності складає лише 1-10 %.

Література

1. Влияние химической природы загустителей на качество локального отбеливания серого льна / Владимирцева Е. Л., Шарнина Л. В., Блиничева И. Б., Мельников Б. И // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998. – № 4 (244). – С. 50-53.

2. Лещева О.А., Шарнина Л.В., Владимирцева Е.Л. Новые технологии колорирования серого льна // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2005. – Т. 48. – Вып. 3 – С. 64-66.

3. Кричевский Г.Е., Корчагин М.В., Сенахов А.В. Химическая технология текстильных материалов: Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 640 с.

Надійшла 9.9.2009 р.

УДК 539.4.019.1: 684.4

Л.М. БОЙКО

Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ КОЛИВАНЬ ВОЛОГОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРИВАЛУ МІЦНІСТЬ (ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ) ЛИЧКОВАНОГО ДСП

На основі термоактиваційної теорії міцності обґрунтовано вплив наявності вологи на фізико-механічні характеристики деревини і деревних композиційних матеріалів. Побудовано розрахункову модель впливу зміни тиску набухання в стружці при зволоженні ДСП на термоактиваційні константи. Методом кінцевих елементів обчислено напруження і деформації в матеріалі, який досліджується. Визначено фізичні параметри довговічності ДСП щільністю 700 кг/м³, личкованого натуральною шпоною дуба при вологості 60 % і 90 %.

Influence of presence of humidity on physic mechanical characteristics of wood composite materials on a basis kinetic theories of durability is proved. The settlement model of influence of change of pressure of swelling in a shaving is constructed at humidifying chip boards on kinetic constants. Pressure and deformations in an investigated material are defined by a method of final elements. Physical parameters of durability chip boards in density 700 kg/m³ oaks revetted (laminated) by a natural interline interval are defined at humidity 60 and 90.

Ключові слова: деревні композиційні матеріали, вплив вологості.

Вступ. Відомо, що вміст води в деревині істотно впливає на фізико-механічні характеристики деревини і деревних композиційних матеріалів [1-3].

Причому відмічено, що тимчасова залежність зниження міцності носить експоненціальний характер, і найбільш істотне зниження міцності спостерігається саме на початку процесу, з подальшою стабілізацією.

Дослідження деревостружкових плит показало, що їх довговічність також суттєво залежить від вологості та щільності і практично зменшується до нуля протягом 2...3 діб [4].

У плит ДСП, покритих латексною плівкою, водопоглинення складає 0,69 %, набухання 0,89 %, а розбухання за 24 години знижується з 15,1 до 2 % [5].

При набуханні ДСП його деформація складається головним чином з набухання деревинних стружок, а набухання полімерної матриці плити (в'язучого) при цьому значно менше. При цьому процесі полімерна матриця сприймає на себе тиск набухання деревних частинок [6].

Тиск набухання деревини залежить від породи деревини. За різними джерелами воно коливається в межах від 0,5 МПа до 3 МПа. Тиск набухання для деяких деревних матеріалів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Тиск набухання різних деревних матеріалів

Найменування матеріалу	Тиск набухання залежно від напрямку волокон	
	Тангенціальне, МПа	Радіальне, МПа
Дуб	3,1	1,54
Сосна	1,6	0,77
ДСП без покриття, щільністю 700 кг/м ³ (тиск перпендикулярний пласті)	0,8	

Згідно з термоактиваційними уявленнями, втрата міцності (розпад) полімеру носить термоактиваційний характер. Зовнішні фактори, в даному випадку вологість, подібно до навантаження, знижує енергію активації і, відповідно, збільшує ймовірність руйнування.

Основна частина. Оцінимо кількісно ступінь впливу вологості шляхом визначення величини внутрішнього тиску, що виникає в полімерній матриці в'язучого в деревостружкових плитах при її зволоженні.

Для кількісної оцінки впливу вологості на виникнення внутрішньої напруги в композитному матеріалі, яким є ДСП, використовуємо метод кінцевих елементів (МКЕ).

При побудові розрахункової моделі впливу зміни тиску набухання в стружці при зволоженні ДСП, личкованого шпоном дуба припустимо: 1) що соснова одинична стружка знаходиться всередині полімерної матриці із в'язучого (фенолформальдегідної смоли) і повністю змочена смолою при пресуванні, 2) контакт між сусідніми стружками відбувається на ділянках склеювання стружок між собою, 3) одинична полімерна матриця має форму тонкостінної оболонки.

Модуль пружності фенолформальдегідної смоли $E_c = 3000$ МПа [7], модуль пружності сосни при статичному згині в тангентальному напрямі $E = 8800$ МПа.

На рис. 1 наведено схему елементів стружки і матриці.

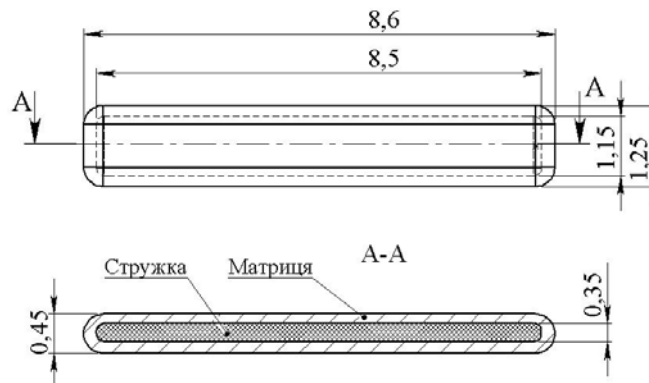


Рис. 1. Схема та розміри стружки та полімерної матриці [4].

Обчислимо напруження і деформації, які виникають в полімерній матриці. Тиск набухання при проведенні розрахунків прийнятий рівним $P_n = 0,5$ МПа [8], нижня площина одиничної матриці – зафіксована, одинична матриця симетрична.

На рис. 2 наведена епюра статичного напруження, де видно, що $\sigma_{max} = 10,3$ МПа. При цьому область зосередження максимального напруження досить велика, що говорить про добре усереднювання результатів експерименту. Максимальна величина статичної деформації полімерної матриці при створеному внутрішньому тиску $e_{max} = 2,2 \cdot 10^{-3}$ мм.

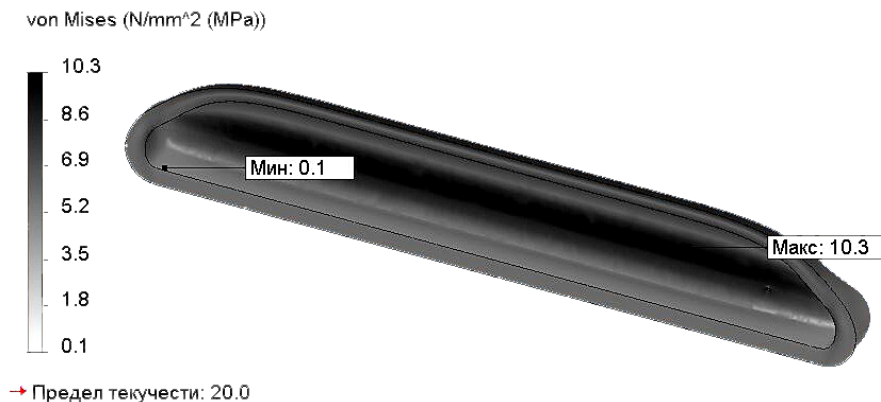


Рис. 2. Статичні напруження в одиничній полімерній матриці при створенні в ній внутрішнього тиску

При зміні граничних умов, а саме, нижня площина зафіксована, можливий другий варіант розрахунків. В цьому випадку передбачаємо, що одинична матриця змінює свою форму в процесі внутрішнього тиску набухання тільки у напрямі горизонтальної площини. Це припущення можливе, оскільки відома анізотропія ДСП при вбиранні вологи. При дослідженні, отримані значення максимальної напруги $\sigma_{max} = 12,7$ МПа, деформації $e_{max} = 2,25 \cdot 10^{-3}$ мм. При цьому середні напруження, які необхідно застосовувати в розрахунках прогнозування тривалої міцності, складають від 5 до 6 МПа.

Аналогічний вплив на зміну внутрішнього напруження має вологість навколишнього середовища, в якому експлуатуються, наприклад, меблі з ламінованого ДСП. При цьому зволоження внутрішніх шарів ламінованого ДСП залежить від типу і стану покриття та наявності окрайки на ребрах меблевих щитів.

Дослідження впливу вологості навколишнього середовища на працездатність (ресурс) ДСП, личкованих натуральним шпоном дуба проводилися по методиці визначення довговічності на основі термоактиваційної теорії [8, 9, 10]. При цьому зразки, які випробовувалися, знаходилися в спеціальній шафі, температура і вологість регулювалася за допомогою нагрівачів і зволожувачів повітря моделі УВ-03.05. Умови проведення експериментів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Умови та результати експериментів дослідження працездатності ДСП 700 кг/м³, личкованого натуральним шпоном дуба

№ випробування	Найменування матеріалу	Умови випробування		Час до руйнування зразка, lgτ, с	
		σ, МПа	T, К	W 60 %	W 90 %
1	ДСП личковане шпоном дуба	14	291	5,05	4,46
2	ДСП личковане шпоном дуба	14	348	2,2	1,95
3	ДСП личковане шпоном дуба	18	291	2,501	2,21
4	ДСП личковане шпоном дуба	18	348	1,001	0,886

Результати проведення експериментів наведені на Рис. 5, Рис. 6. Визначено фізичні параметри, які впливають на довговічність (ресурс) матеріалу при вологості W=60 % і 90 %.

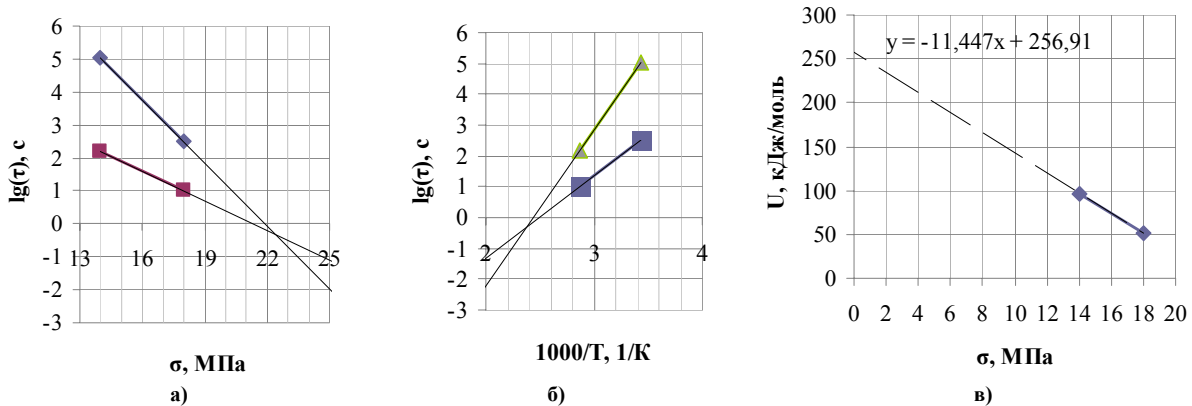


Рис. 5. Залежність довговічності ДСП 700 кг/м³ личкованого шпоном дуба при вологості 60 % а) від напруження, б) від зворотної температури, в) залежність ефективної енергії активації U від напруження

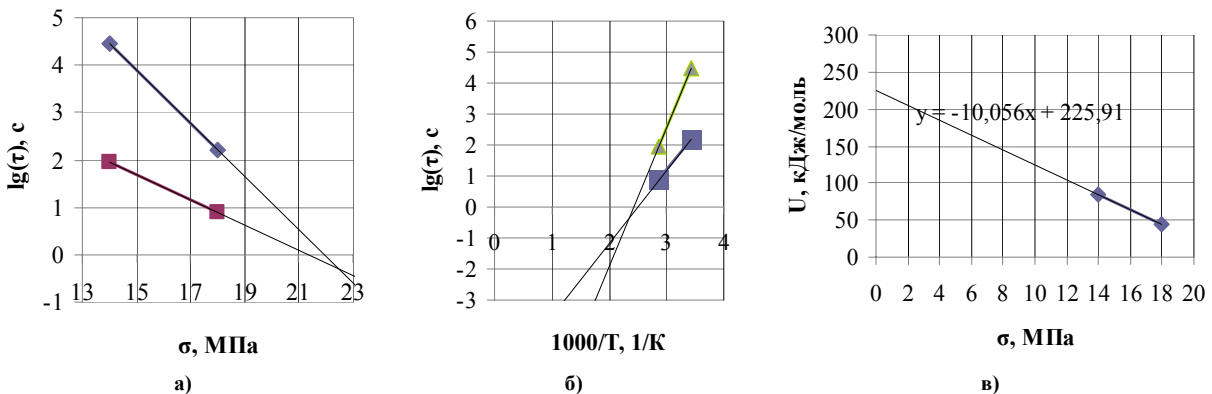


Рис. 6. Залежність довговічності ДСП 700 кг/м³ личкованого шпоном дуба при вологості 90 % а) від напруження, б) від зворотної температури, в) залежність ефективної енергії активації U від напруження

Фізичні параметри довговічності матеріалу, який досліджувався при вологості 60 % і 90 % наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Фізичних параметрів довговічності ДСП 700 кг/м³ личкованого натуральним шпоною дуба

W, %	Фізичні параметри визначають довговічність матеріалу				
	lg(τ _m)	1000/T _m , K ⁻¹	U _o , кДж/моль	γ	T _m , К
1	2	3	4	5	6
60	-0,331	2,374	257	11,45	421,3
90	-3,302	2,369	226	10,06	422,2

Оцінимо ресурс матеріалу за формулу (1) [9]. При цьому $T_{ект}=20^{\circ}\text{C}=293\text{K}$, $\sigma_{ект} \in [5...16]\text{МПа}$, $w_{ект} \in [60\%;90\%]$, що відповідає умовам експлуатації. Тоді:

$$\tau = \tau_m \exp\left[\frac{U_0 - \gamma\sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1})\right] \quad (1)$$

де τ_m – період теплових коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів, с; U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно– механічна константа, кДж/(мольхМПа); T_m – гранична температура існування твердого тіла (температура деструкції), К; R – універсальна газова стала, кДж/(мольхК); τ – час до руйнування (довговічність), с; σ – напруження, МПа; T – температура, К.

В таблиці 4 наведено результати розрахунку ресурсу ДСП личкованого натуральним шпоною дуба.

Таблиця 4

Довговічність експлуатації виробів з ДСП щільністю 700 кг/м³, личкованого шпона дуба залежно від навантаження, при середній температурі навколишнього середовища 20 °С

σ , МПа	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
T, рік при W 60 %	1879,2	433,9	100,2	23,14	5,34	1,23	0,28	0,066	0,015	0,0035	0,0008	0,0002
T, рік при W 90 %	103,0	28,2	7,7	2,12	0,58	0,16	0,04	0,012	0,003	0,0009	0,0002	0,00007

Висновки

1. Встановлено, що зміна вологості з 60 % до 90 % значно впливає на термоактиваційні параметри ДСП щільністю 700 кг/м³, при цьому U_0 і γ_0 зменшилися приблизно на 15 %.

2. Показано, що при 60 % до 90 % τ_m і T_m залишаються не змінними.

3. Підвищення вологості на 30 % в порівнянні з рекомендованою при експлуатації меблів із ДСП може привести до зниження довговічності в 5...10 разів.

4. Вологість навколишнього середовища при експлуатації меблів з личкованого ДСП, наприклад, шпоном дуба, значною мірою впливає на довговічність виробу.

Література

1. Чижек Ян Свойства и обработка древесностружечных и древесноволокнистых плит: Пер. с чешек // Отв. ред. В.Д. Бекетов. – М.: Лесн. пром-ть, 1989. – 392 с.
2. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. – М.: Лесн. пром-ть, 1987. – 320 с.
3. Дудчак В.П., Коляско И.В., Кестельман В.Н. Влияние среды и температурно-временных условий эксплуатации на физико-механические свойства фенолоформальдегидных композиционных покрытий /Пластические массы. – М., 1988. – № 7. – С. 9– 11.
4. Лазутин Д.В., Ярцев В.П. Определение работоспособности древесноволокнистых плит // Тез. докл. V науч. конф. ТГТУ. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2000. – С. 220.
5. Поташев О.Е., Лапшин Ю.Г. Механика древесных плит. – М., Лесн. Пром-сть, 1982. – 112 с.
6. Хрулев В.М., Мартынов К.Я., Дорнотуп С.Б. Повышение качества древесных материалов для малоэтажного домостроения // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск, 1990. – № 10. – С. 64-67.
7. Поздняков А.А. Прочность и упругость композиционных древесных материалов. – М.: Лесн. Пром-сть, 1988. – 136 с.
8. Киселева О.А. Прогнозирование работоспособности древесностружечных и древесноволокнистых композитов в строительных изделиях: Дис.... канд. техн. наук: 05.23.05. – Воронеж, 2003. – 205 с.
9. Ратнер С.Б., В.П. Ярцев В.П. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? – М.: Химия, 1992. – 320 с.
10. Грабар І.Г. Термоактиваційний аналіз та синергетика руйнування // Наукова монографія. – Житомир: ЖІПІ, 2002. – 312 с.

Надійшла 15.9.2009 р.

УДК 616-71: 681.518.54

В.М. ЛИСОГОР

Вінницький державний аграрний університет,

А.В. СІГУР

Вінницький технічний університет

С.А. ЯРЕМКО

Вінницький торговельно-економічний інститут

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ТОЧОК

В статті проведений аналіз апаратних засобів систем медичного телемоніторингу та моделей оцінювання показників біологічно активних точок. На основі проведеного аналізу визначені напрямки використання систем телемоніторингу та здійснена класифікація їх апаратних засобів і моделей, що використовуються для оцінювання результатів діагностування, а також сформовані рекомендації щодо використання апаратних засобів в системах медичного телемоніторингу.

In the article the analysis of facilities vehicles of the systems medical telemonitoring and models of evaluation of indexes is conducted biologically active points. On the basis of the conducted analysis directions of the use of the systems telemonitoring are certain and classification of their facilities vehicles and models which are used for the evaluation of results diagnosing is carried out, and also recommendations are formed in relation to the use of facilities vehicles in the systems medical telemonitoring.

Ключові слова: біологічно активні точки, оцінювання показників апаратними засобами.

Вступ

Сучасний стан розвитку систем медичного телемоніторингу (СМТ) показників біологічно активних точок (БАТ) характеризується підвищенням їх технічного рівня. Реалізація сучасних СМТ як правило здійснюється на основі апаратно програмних комплексів (АПК), апаратною частиною яких можуть бути інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) або більш спрощений варіант – переносні діагностичні пристрої [1-4]. Незважаючи на швидкий розвиток АПК, на яких базуються СМТ, на сьогоднішній день недостатньо дослідженими можна вважати питання класифікації таких систем, що використовуються для оцінювання показників БАТ та особливостей їх використання для вирішення конкретних задач.

Мета публікації

Метою досліджень є аналіз апаратних засобів СМТ та моделей оцінювання показників БАТ з метою їх класифікації та надання рекомендацій щодо особливостей застосування в СМТ.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: визначити напрямки використання СМТ; класифікувати апаратні засоби СМТ та моделі, що використовуються для оцінювання показників вимірювання у БАТ; сформулювати рекомендації щодо використання апаратних засобів АПК в СМТ.

Основний результат дослідження

СМТ можуть використовуватись в наступних напрямках: спостереження за динамікою стану пацієнтів в стаціонарних умовах лікарень; в умовах побуту для контролю фізіологічних параметрів людини («персональна медицина»); в екстремальних умовах у віддалених місцях (на кораблях, космічних станціях та ін) [1-4]. Враховуючи особливості застосування СМТ, АПК у їх складі можуть функціонувати в наступних режимах [5]:

- дискретного реєстрування (вимірюванням показників у БАТ здійснюється через певні проміжки часу);
- безперервного реєстрування (досліджуваний показник записується як безперервна функція часу);
- комбінованого реєстрування (одночасно здійснюється реєстрування показників у БАТ засобами безперервного та дискретного реєстрування).

При цьому вимірювання показників у БАТ може здійснюватись із застосуванням тестового впливу (методи І.Накатані, Р.Фоля) та без застосування (метод біоенергодіагностики за В.Макацом), що обумовлює особливості апаратних засобів СМТ [6-8].

Для забезпечення функціонування СМТ у вказаних напрямках, АПК у їх складі можуть базуватись на:

- одноканальних ІВС (здійснюють передачу одного інформативного показника);
- багатоканальних ІВС (забезпечують передачу декількох інформативних показників по одній лінії зв'язку).

Узагальнена схема, що відображає функціонування СМТ у вказаних напрямках та режимах, надана на рис. 1.

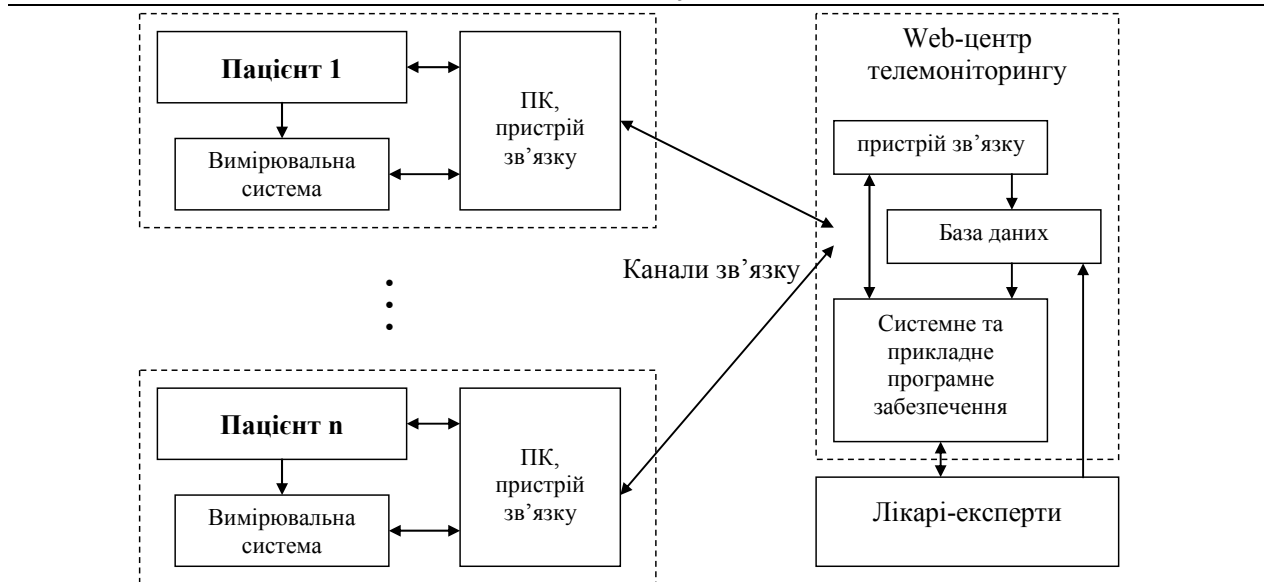


Рис. 1. Узагальнена схема СМТ

В результаті аналізу сучасного стану СМТ показників БАТ встановлено, що найбільш розповсюдженими на даний час є СМТ на базі одноканальних ІВС, які за допомогою тестового впливу послідовно здійснюють вимірювання показників у n -ї кількості репрезентативних БАТ в дискретному режимі. Зокрема, на такому підході базуються вимірювання інформативних показників у БАТ в СМТ «Руно» [4]. Приклад функціональної схеми одноканальної ІВС для послідовного вимірювання електропровідності у n -ї кількості БАТ шляхом впливу тестового струму наданий на рис. 2 [9].

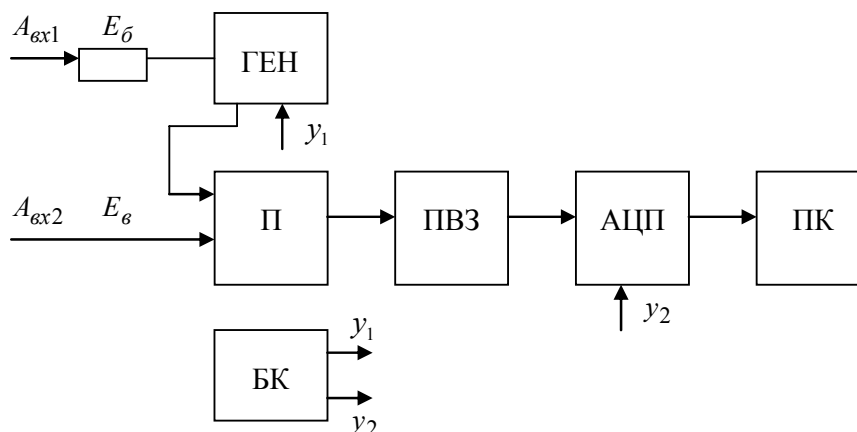


Рис. 2. Одноканальна ІВС із дискретним реєструванням результатів вимірювань шляхом тестового впливу

На рис. 2 E_{δ} , E_{ϵ} – базовий і вимірювальний електроди, ГЕН – генератор стабільного струму; П – підсилювач, ПВЗ – пристрій вибірки та зберігання, АЦП – аналогово-цифровий перетворювач, ПК – персональний комп'ютер. Інформативними параметрами, що реєструються в даній ІВС є рівень напруги. Тривалість діагностування n -ї кількості БАТ становить від 3 до 15 хв (залежно від методу вимірювання); рівень тестового струму – 20 мкА.

Більшою функціональністю володіють ІВС, які дають змогу крім дискретного здійснювати також безперервне реєстрування показників БАТ, що дозволяє протягом тривалого часу дистанційно спостерігати за зміною стану БАТ та прослідкувати результати терапевтичного впливу. Характерною особливістю цих систем є наявність пристроїв запам'ятовування інформації. Приклад ІВС, що дозволяє здійснювати пошук, діагностування та безперервне реєстрування показників у БАТ подано на рис. 3 [10].

Функціональна схема ІВС на рис. 3 містить: 1 – процесор, 2 – постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), 3 – оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), 4 – рідкокристалічний індикатор (РКІ), 5 – звуковий випромінювач, 6 – клавіатура, 7, 8 – активний і пасивний електроди, 9 – джерело опорної напруги (ДОН) для аналогово-цифрового перетворювача, 10 – ДОН для ланцюгів вимірювання, 11 – керований комутатор вимірювального ланцюга, 12 – вхідний обмежувач-перетворювач, 13 – гальванічна розв'язка для інтерфейсу RS 232, 14 – блок живлення пристрою, 15 – блок резервного живлення ОЗП, 16 – перетворювач напруги.

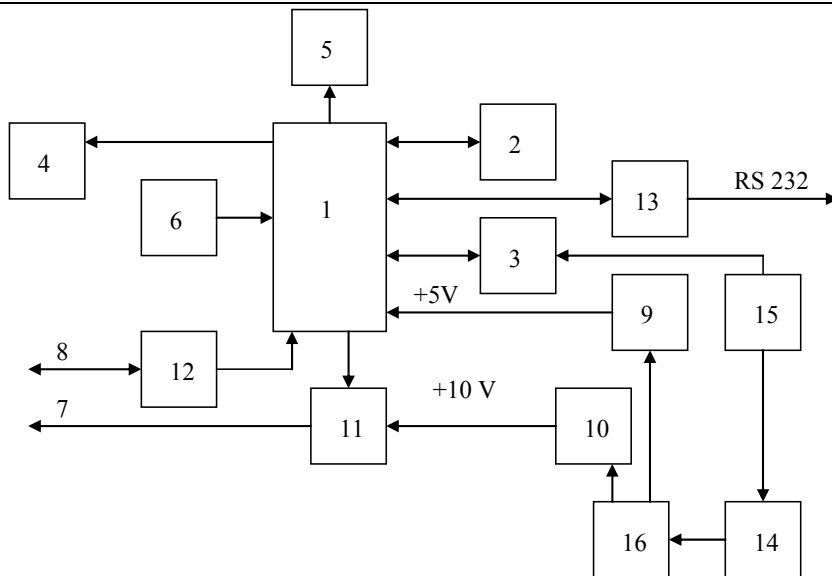


Рис. 3. Одноканальна ІВС із безперервним реєструванням сигналів

Загальним недоліком наведених вище одноканальних ІВС є низька інформативність та умовна взаємна кореляція результатів вимірювань n -ї кількості БАТ отриманих в різний час однією парою електродів.

Для дослідження стану БАТ із застосуванням тестового впливу використовуються також багатоканальні ІВС. Приклад багатоточкового інформаційно-вимірювального комплексу, що реалізує такий підхід шляхом реєстрування показників із 24-х ТА як в дискретному, так і в безперервному режимах наведений на рис. 4 [11].

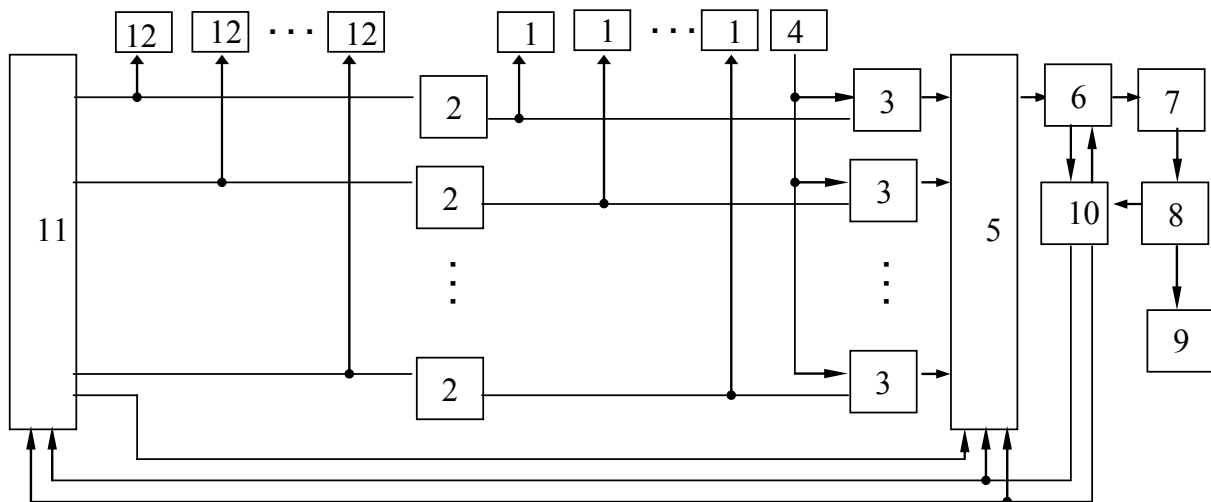


Рис. 4 Багатоточковий комплекс реєстрування сигналів у БАТ шляхом тестового впливу

В склад комплексу, поданого на рис. 4 входять такі функціональні блоки: 1 – вимірювальні електроди; 2 – стабілізатори струму; 3 – підсилювачі; 4 – індиферентний електрод; 5 – аналоговий комутатор; 6 – аналогово-цифровий підсилювач; 7 – блок узгодження; 8 – транскриптор; 9 – друкуючий пристрій; 10 – блок керування; 11 – комутатор стабілізаторів струму; 12 – індикатори сигналів

Багатоточковий комплекс містить 24 інформаційних канали; рівень струму через ТА в режимі вимірювання становить $10 \pm 0,1$ мкА; час вимірювання – 30 мс; час безперервної роботи – 8 год.

Перевагою цього інформаційно-вимірювального комплексу і подібних йому багатоканальних ІВС є можливість реєстрування n -ї кількості показників БАТ, що значно скорочує час діагностування. Проте його недоліком, як і попередніх ІВС є наявність тестового впливу та неврахування впливних величин на досліджуваній сигнал у БАТ, що збільшує кількість завад і вносить суттєві похибки в результат вимірювання.

Однією із типових серед багатоканальних ІВС, що дозволяють здійснювати безперервне реєстрування показників БАТ без застосування тестового впливу є система моніторингу потенціалів «Віта-12 (МГ)» [8], функціональна схема якої подана на рис. 5.

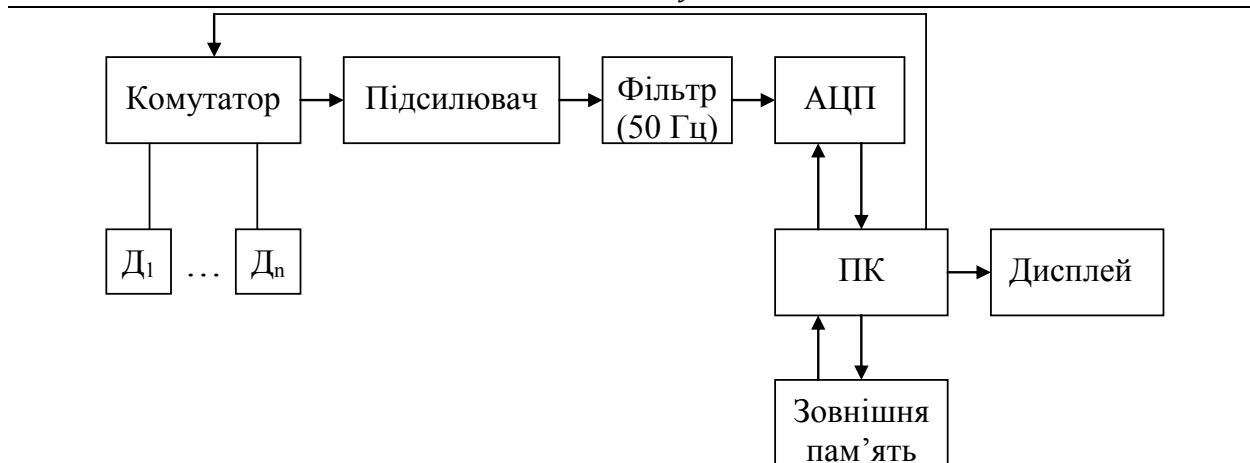


Рис. 5. Функціональна схема ІВС моніторингу потенціалів у БАТ без застосування тестового впливу

Характерними особливостями технічних даних ІВС «Віта-12 (МГ) є такі: система не потребує для своєї роботи зовнішніх джерел тестового струму; час одного вимірювання зі всіх здавачів становить 10 с; час безперервної роботи від 4 до 16 хв.

Незважаючи на можливість одночасного діагностування n -ї кількості репрезентативних БАТ та відсутності тестового впливу недоліками тут є низька достовірність результатів вимірювань, що обумовлюється слабкістю біоелектричного сигналу, який реєструється на фоні власних шумів вимірювальної схеми. Крім того, відсутність гальванічної розв'язки може призвести до протікання струму на об'єкт дослідження [12].

Крім однопараметричних ІВС реєстрування показників БАТ, на даний час створені та застосовуються для дистанційного контролю функціонального стану людини в домашніх умовах, у віддалених місцях та в області космічної телемедицини багатопараметричні діагностичні комплекси, що дають змогу проводити дистанційне діагностування усіх систем в цілому і окремо кожного органу за декількома методами та параметрами [1, 3].

Характеристики розглянутих засобів для телемоніторингу показників БАТ зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики ІВС дослідження показників БАТ

Характеристика	ІВС із застосуванням тестового впливу			ІВС без застосування тестового впливу
	Одноканальні		Багатоканальні	
	ІВС із дискретним режимом	ІВС із безперервним режимом	ІВС із дискретним та безперервним режимами	ІВС із безперервним режимом
Рівень тестової напруги	$10^0 - 10^2$ мВ	$10^0 - 10^2$ мВ	$10^0 - 10^2$ мВ	–
Розрядність АЦП	10	10	10 – 16	10
Кількість каналів	1	1	6 – 12	12
тривалість одного сеансу	10 – 15 хв	–	30 с – 3 хв	10 с
Час безперервного реєстрування	–	8 год	10 год	4 – 16 хв.

Оцінювання інформативних показників в існуючих системах функціонального діагностування стану людини здійснюється на основі моделей норми-патології. Відомі методи, в яких оцінювання даних здійснюється на основі стандартної моделі норми (СМН), що використовує визначені на основі спостережень інформативних показників великої кількості здорових людей стандартні межі відхилень [6, 7]. Існують також методи та системи, які використовують індивідуальний функціональний діапазон норми (ІФДН), який формується шляхом усереднення багаторазових спостережень інформативних показників конкретної людини і використовує для оцінювання індивідуальні межі відхилень від середнього [1, 4]. Здійснимо огляд моделей норми-патології, що застосовуються у відомих методах діагностування функціонального стану людини.

Для оцінювання даних дослідженні теплочутливості у БАТ шляхом впливу тестової температури (метод К. Акабане) в [7] запропоновано використовувати СМН на основі усереднення вимірювань інформативних показників у 150 здорових людей, що дозволило встановити межі відхилень від середнього ± 3 с. У СМТ, наведеній в [4], що також базується на даному методі, для оцінювання стану акупунктурного

меридіана використовується ІФДН, показники якого формуються шляхом визначення величини ξ – різниці між значенням логарифму визначеного латентного періоду (ЛП) в i -тій БАТ T_i та середнім значенням \bar{T} багаторазових вимірювань в даній точці діагностування

$$\xi_i = T_i - \bar{T} \quad (1)$$

При первинному обстеженні пацієнта паталогічними вважаються відхилення ξ , що перевищують довірчий інтервал (ϕ) більше, ніж в 2 рази. Довірчий інтервал ϕ визначається, як середнє квадратичне відхилення варіанти, помножене на t -критерій Стьюдента для довірчої вірогідності 99 %: У нормі відхилення від довірчого інтервалу знаходиться в межах $\pm 0,4$.

Значення ЛП правої і лівої гілок меридіана в багатьох випадках є неоднаковими. Для опису цієї особливості застосовується новий критерій – асиметрія: $A_i = T_{i\text{ dex}} - T_{i\text{ sin}}$, де $T_{i\text{ dex}}$ та $T_{i\text{ sin}}$ – відповідно логарифми ЛП правої і лівої точок вимірювання. При первинному обстеженні пацієнта паталогічними вважаються відхилення A_i , що перевищують довірчий інтервал більше, ніж у 2 рази.

Оцінювання даних при вимірюванні електропровідності ТА під впливом тестового струму (метод І.Накатані) здійснюється за допомогою карти рідодраку або R-таблиці [6, 7]. Спочатку на двох її крайніх графах відмічають середнє арифметичне вимірювань у 24-х репрезентативних БАТ та з'єднують позначки горизонтальною лінією. Далі формують межі норми стандартної ширини – 1,4 см., провівши паралельні лінії зверху і знизу на відстані 0,7 см від середньої лінії. Потім на карті відмічають значення вимірювань у БАТ, що репрезентують відповідні меридіани. Якщо результат вимірювання в i -тій БАТ знаходиться в межах утвореного діапазону, стан відповідний меридіану визначається як «Норма», при перевищенні верхньої межі ІФДН стан меридіану визначається як «Збудження», а якщо показник вимірювання не досягає нижньої межі ІФДН – стан меридіана визначається як «Пригнічення».

Для оцінювання даних в СМТ [1], що базуються на вимірюванні зміни електричного опору при дослідженні БАТ постійним або змінним струмом (метод Р.Фоля) використовується умовна шкала від 0 до 100 одиниць. Зареєстровані показники вимірювань у репрезентативних БАТ, що знаходяться в межах 50-65 одиниць відповідають СМН. Значення, що перевищують діапазон середньостатистичної норми і знаходяться в межах 68-80 одиниць відповідають стану патологічного подразнення відповідного органу; 82-88 одиниць – відповідають стану часткового запалення органу; 92-100 одиниць – свідчать про гострий запальний процес. Значення, що не досягають нижньої межі діапазону середньостатистичної норми і відповідають 40-48 одиницям – відповідають атонії, стану початкової дегенерації відповідного органу; показники, що є меншими за 40 одиниць свідчать про значні дегенеративні процеси у органі або його функціональне виснаження.

У [13] запропонована СМН для оцінювання даних за методом біоенергодіагностики, побудована на основі усереднення вимірювань ІІ у 95-ти здорових осіб віком від 17 до 27 років. Реєстрування та аналіз результатів досліджень здійснювались за допомогою карти біоенергодіагностики. При побудові СМН були обрані наступні межі відхилень: 8 мм. Показники СМН для методу біоенергодіагностики наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Межі функціонального діапазону норми для методу біоенергодіагностики

	Біоелектрична активність акупунктурних зон (абсолютні значення, мкА)											
	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н7	Н8	Н9	Н10	Н11	Н12
Верхня межа діапазону норми	8,67	9,87	8,91	9,36	6,71	6,22	8,78	6,60	9,75	7,58	5,54	5,19
Норма	7,05	7,66	6,83	8,02	4,54	5,0	7,53	5,66	7,67	6,46	3,80	4,32
Нижня межа діапазону норми	5,43	5,44	4,75	5,67	2,38	3,78	6,27	4,72	5,57	5,34	2,38	3,45

У [14] оцінювання результатів при вимірюванні опору в ТА шляхом тестового впливу здійснюється на основі нормування даних згідно з виразом (2)

$$r_i = \frac{U_i}{\sum_{i=1}^{24} U_i} \quad (2)$$

$r_i^{(j)}$ – результат вимірювання нормованого опору в i -й ТА в j -му сеансі вимірювань, $i=1,2,\dots,24$; $j=1,2,\dots,M$, M – кількість сеансів вимірювань; через H_0 – гіпотезу про те, що вибірка, яка містить 24 значення, отриманих в j -тому сеансі вимірювань відповідає здоровій людині «Норма», H_1 – альтернативна гіпотеза, що вибірка відповідає стану «Патологія». На першому етапі приймається часткове рішення про відповідність кожного із $r_i^{(j)}$ результату вимірювання «Нормі» або «Патології» за правилом:

$$x_i^{(j)} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } r_{i \text{ ниж}} \leq r_i^{(j)} \leq r_{i \text{ верх}}, \\ 1, & \text{якщо } r_{i \text{ ниж}} \leq r_i^{(j)} \leq r_{i \text{ верх}}. \end{cases} \quad (3)$$

Значення $r_{i \text{ ниж}}$ та $r_{i \text{ верх}}$ визначають із заданою довірчою ймовірністю допустимий діапазон варіацій значень нормованого опору в i -тій ТА у здорової людини. При 95 % довірчій ймовірності:

$$r_{i \text{ верх}} = \bar{r}_i + 2\sigma_{ri}; \quad r_{i \text{ ниж}} = \bar{r}_i - 2\sigma_{ri}, \quad (4)$$

де \bar{r}_i - оцінка математичного очікування нормованого опору в i -тій ТА для стану норма, яка визначається усередненням значень в усіх досліджуваних в усіх M_0 - сеансах вимірювань

$$r_0 = \frac{1}{M_0} \sum_{j=1}^{M_0} r_i^{(j)} \quad (5)$$

σ_{ri} - оцінка середньоквадратичного відхилення нормованого опору, що визначається як

$$\sigma_{ri} = \left\{ \frac{1}{M_0} \sum_{j=1}^{M_0} (r_i^{(j)} - \bar{r}_i)^2 \right\}^{1/2}. \quad (6)$$

На другому етапі оцінювання відхилення результатів вимірювання від «Норми» приймається рішення про належність часткового рішення $x_i^{(j)}$, прийнятого до кожного із вимірювань $r_i^{(j)}$ до гіпотези H_0 або H_1 за такими умовами:

$$R^{(j)} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \sum_{i=1}^{24} x_i^{(j)} \leq m, \text{ - норма} \\ 1, & \text{якщо } \sum_{i=1}^{24} x_i^{(j)} > m, \text{ - паталогія,} \end{cases} \quad (7)$$

де m - поріг, що визначається кількістю досліджуваних ТА та заданою повністю вірною класифікацією «норми» γ . При умові незначущості значень опору в досліджуваних ТА та відповідно, $x_i^{(j)}$ в контрольній групі, поріг m прийняття рішення $R^{(j)}$ в умові (1.9) визначається із нерівності

$$P_m = \sum_{K=0}^m \frac{n!}{K!(n-K)!} \cdot P^K (1-P)^{n-K} \geq \gamma \quad (8)$$

де $n = 24$ - об'єм вибірки, що дорівнює кількості досліджуваних ТА; $p = 0,05$ - ймовірність появи $x_i^{(j)} = 1$ при 95 % довірчій ймовірності оцінювання стану кожної ТА. Приймавши $\gamma = 0,95$ із таблиці біноміального розподілу знайшли значення $m = 3$. Отже, згідно (1.9), якщо $\sum_{i=1}^{24} x_i^{(j)} \leq 3$ - стан здоров'я людини відповідає нормі; при умові якщо $\sum_{i=1}^{24} x_i^{(j)} > 3$ - патології.

Здійснимо порівняння характеристик моделей оцінювання показників у БАТ за допомогою таблиці.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика моделей оцінювання показників БАТ

Показники	Оцінювання на основі середньостатистичної моделі норми				Оцінювання на основі індивідуального діапазону норми
	К.Акабане	І.Накатані	Р.Фоля	Біоенерго-діагностики за Макацом	К.Акабане, Р.Фоля
Інформативний параметр	зміна теплочутливості	Електро-провідність	Опір	Біопотенціал	зміна теплочутливості, опір
Тестовий вплив	Значний	Значний	Значний	Відсутній	Значний
Діапазон моделі норми	$\xi_i = \pm 3c$	1,4 см. на карті Ріодераку	50-65 ум. од.	8 мм.	$\xi_i = T_i - \bar{T}$ $r_{i \text{ верх}} = \bar{r}_i + 2\sigma_{ri};$ $r_{i \text{ ниж}} = \bar{r}_i - 2\sigma_{ri}$
Фактори, що не враховуються при оцінюванні стану БАТ	Індивідуальні особливості організму людини: обмін речовин, спосіб реагування на стреси, тестові навантаження та ін.				Встановлення розбіжностей зі середньостатистичною нормою

На основі проведеного аналізу та класифікації апаратних засобів та моделей оцінювання функціонального стану людини в СМТ можна запропонувати наступні рекомендації:

1. В СМТ, для яких тривалість діагностування не є досить важливим фактором, можуть бути використані менш функціональні та дешевші одноканальні ІВС із дискретним режимом реєстрування показників БАТ.

2. При необхідності проведення оперативного телемоніторингу та динамічного спостереження за результатами терапевтичного впливу, доцільним є застосування багатоканальних ІВС із безперервним та комбінованим режимами реєстрування показників БАТ.

3. Підвищення вірогідності систем телемоніторингу показників БАТ можна досягти за рахунок зменшення дії впливних величин на результати вимірювання.

4. Стосовно моделей оцінювання показників БАТ перспективним можна вважати підхід, при якому враховуються в комплексі як індивідуальні особливості організму людини шляхом порівняння із індивідуальним функціональним діапазоном норми, так і є можливість співставлення із середньостатичною моделлю норми для оцінювання розбіжностей між ними.

Висновки

Таким чином, на основі проведеного аналітичного огляду було визначено, що СМТ телемоніторингу показників БАТ застосовуються у напрямках дистанційного спостереження за станом здоров'я пацієнтів в умовах побуту та у віддалених районах, що дає змогу завчасно діагностувати патологічні зміни в організмі людини. Були розглянуті особливості вимірювання в одноканальних та багатоканальних ІВС із дискретним, безперервним та комбінованим режимами реєстрування даних, а також особливості оцінювання результатів діагностування на основі СМН та ІФДН, що дозволило відповідним чином класифікувати СМТ показників БАТ та запропонувати рекомендації стосовно покращення їх характеристик.

Література

1. Апаратно-программный комплекс «РОФЭС» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://rofes.ru/projects/rofes/diff.html>
2. Пат. 10835 Україна, 7 А 61 В 10/00. Система для дистанційного визначення стану здоров'я пацієнта / М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський, І.В. Смірнов, заявники і власники патенту – № u200507503; заявл. 28.07.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11. – 8 с.
3. Проекты телемедицинских центров для межконтинентальных космических станций (МКС) / Шелест С.В., Шевцов А.И., Щерба Т.В., Шелест В.С // Актуальные вопросы и организационно-правовые основы сотрудничества Украины и КНР в сфере высоких технологий: матер. IV между. научн. – пр. конф, Киев, 2007. – С. 181-186
4. Проект медицинского телемониторинга при участии научно-практического центра традиционной медицины и гомеопатии Министерства здравоохранения Российской Федерации. – <http://www.medicare.ru/ptm/what.is.htm>
5. Биологическая телеметрия / Бабский Е.Б., Баевский Р.М., Геллер Е.С. и др.; под ред. В.В. Парина. – М.: Медицина, 1971. – 260 с.
6. Табеева Д.М. Руководство по иглорефлексотерапии. – М.: Медицина, 1980. – 560 с.
7. Вогралик В.Г., Вогралик М.В. Пунктурная рефлексотерапия: Чжень-цзю. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1988. – 335 с.
8. Макац В.Г. Основы акупунктурной биоэнергодиагностики. – Винница. – 1991. – 236 с.
9. Пат. РФ № 2033749, А 61В5/05 / А.Н. Гордиенко, Б.М. Тихомиров, А.А. Соколов, Г.П. Мохнаев 1995, Бюл. № 12
10. Пат. 45572 Україна, МПК А 61 В 5/05. Пристрій для електропунктурної діагностики / О.Є. Орел, С.І. Бурлік, М.М. Водяхо, Н.А. Литвиненко, С.В. Нащокін заявники і власники патенту; – № 2001010391; заявл. 18.01.2001; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4. – 8 с.
11. Малин А.А., Быстров Ю.Г. Многоточечный информационно-измерительный комплекс для снятия показателей с точек акупунктуры // Технические аспекты рефлексотерапии и системы диагностики. Сб. науч. трудов. – Калинин: КГУ, 1984. – С. 14 – 15
12. Азаров О.Д. Багатоканальні ІВС опрацювання стрибкоподібних сигналів на базі АЦП із ваговою надлишковістю: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 138 с.
13. Власюк А.І. Система контролю активності акупунктури людини: автореф. дис. на здобуття канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Інформаційно-вимірювальні системи» / А.І. Власюк. – Вінниця, 1999. – 18 с.
14. Асеева Т.В. Замедленная направленная пневмоэнцефалограмма в комплексном лечении симптоматической эпилепсии и оценка состояния больных по значениям электрокожного сопротивления в точках акупунктуры // Технические аспекты рефлексотерапии и системы диагностики. Сб. науч. трудов. – Калинин: КГУ, 1981. – С 56-70

Надійшла 17.9.2009 р.

ОЦІНКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ КУТОМІРНОГО КАНАЛУ СИСТЕМИ ПОСАДКИ САНТИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Виконано аналіз інструментальної точності кутомірної системи посадки повітряних суден, який працює в сантиметровому діапазоні частот. Враховані рекомендації ICAO щодо способу його технічної реалізації.

The analysis of tool accuracy of the goniometric channel of system of landing air which works in a centimetric range of frequencies is made. Recommendations ICAO, concerning a way of its technical realisation are considered.

Ключові слова: система посадки повітряних суден, рекомендації ICAO.

Вступ

Виконавчий комітет ICAO вимагає від користувачів системи посадки за стандартом TRSB суворого дотримання вимог щодо складу наземного та бортового радіообладнання, комплектності, схеми розгортання на місцевості, формату радіосигналу, принципів отримання кутової інформації на борту повітряного судна (див. рис. 1.), забезпечення регламентованих тактико-технічних характеристик. В той же час питання способів технічної реалізації вимог стандарту TRSB носять необов'язковий, рекомендаційний характер. Так на момент затвердження стандарту, документи ICAO [1-2] звертали увагу на доцільність побудови бортового вимірювача кутових координат за схемою, яка наведена на рис. 2.

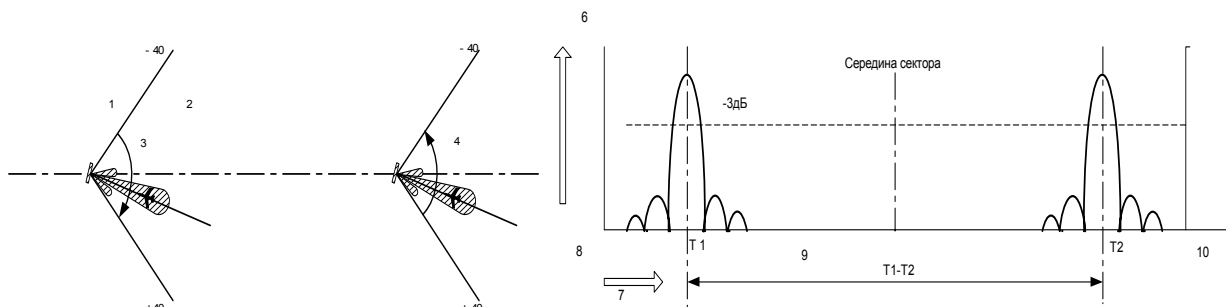


Рис. 1. Принцип визначення кутових координат повітряного судна системі посадки сантиметрового діапазону: 1- азимутальна антена; 2 – осьова лінія ЗПС; 3- сканування « туди »; 4- сканування « назад »; 5 – сигнальні імпульси; 6- поріг вимірювання -3дБ; 7- час, 8- початок сканування « туди »; 9- кутове положення повітряного судна пропорційне результату вимірювання часової різниці $T_1 - T_2$; 10 – кінець сканування « назад ».

Параметри бортового радіообладнання кутомірної підсистеми суттєво впливають на точність вимірювання часового інтервалу T_1-T_2 , що у кінцевому результаті і визначає точність інформації про кутове положення повітряного судна (ПС).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

За оцінками експертів і результатів льотних випробувань [3-5, 7] основними факторами, що обмежують інструментальну точність кутових вимірювань є похибки визначення часового положення характерних точок кутових сигнальних імпульсів на рівні -3 дБ від максимального амплітудного значення та спосіб подальшої обробки результатів вимірювань. Розглянемо особливості роботи цифрового варіанту побудови бортового вимірювача кутових координат [2, 11], функціональна схема якого представлена на рис. 2, а, а часові діаграми, що ілюструють його роботу – на рис. 2, б. Часова різниця між характерними точками, сформованими на рівні -3 дБ від максимального значення амплітуди кутових сигнальних імпульсів « туди » – « назад », вимірюється наступним чином:

1. Переднім фронтом строб-імпульсу «туди» запускається реверсивний лічильник по прямому входу з частотою, яка дорівнює половині частоти масштабних імпульсів.

2. Заднім фронтом строб-імпульсу «туди» лічильник переводиться в режим рахування повної частоти масштабних імпульсів.

3. Переднім фронтом строб-імпульсу «назад» лічильник повертається в режим рахування половинної частоти масштабних імпульсів по інверсному входу.

4. Заднім фронтом строб-імпульсу «назад» реверсивний лічильник зупиняється. Число зафіксоване лічильником являє собою часову різницю між характерними точками сигнальних імпульсів « туди – назад ».

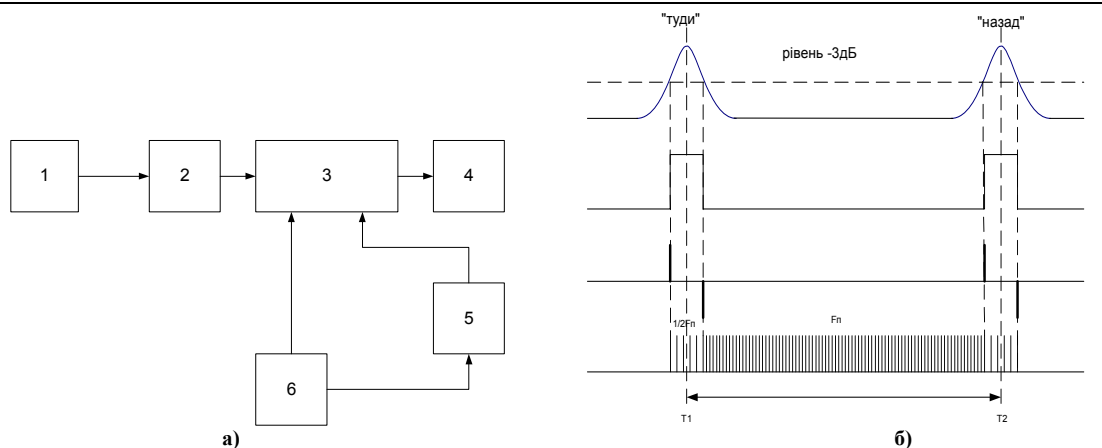


Рис. 2. Рекомендований ІСАО цифровий вимірювач кутових координат [11] а) функціональна схема: 1-контрольний виявлювач кутових сигналів « туди – назад »; 2-порогова схема; 3-комутатор частоти; 4-реверсивний лічильник; 5-подільник частоти на 2; 6-генератор масштабних імпульсів; б) часові діаграми роботи

Коректна робота даного пристрою передбачає повну симетрію сигнальних імпульсів « туди-назад », збіжність їх тривалості та надзвичайно високу стабільність порогів спрацьовування формуючого пристрою строб-імпульсів «туди– назад» [10]. На прикладі взаємодії хаотичної імпульсної перешкоди та флуктуаційного шуму з сигнальним імпульсом у роботі [6] було показано, що симетрія імпульсних сигналів «туди – назад» може порушуватись. Окрім того, точки максимальної швидкості зміни напруги сигнальних імпульсів «туди -назад» не співпадають з їх характерними точками, зафіксованими на рівні – 3дБ від максимального значення, що призводить до погіршення точності вимірювань порівняно з оптимальною [9]. Проте головний недолік даного варіанту побудови цифрового вимірювача полягає у тому, що кутове положення ПС може бути зафіксоване з точністю до періоду надходження масштабних імпульсів.

Формулювання мети досліджень

В даній роботі основна увага зосереджена на підвищенні точності бортових вимірювань кутових координат повітряного судна, що заходить на посадку.

Основна частина

Для досягнення поставленої мети пропонується інша концепція побудови бортового вимірювача [8], у основу якої покладена ідея використання мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті та відповідним інтерфейсом. Функціональна схема інтерфейсу та часові діаграми, що пояснюють принцип дії пристрою наведені на рис. 3-4. При появі опорного часового імпульсу 11 на керованому вході лічильника 5, останній встановлюється у режим рахування масштабних імпульсів, які надходять з генератора 6. Дані з лічильника 5 та аналого-цифрового перетворювача 7, який працює з частотою, що задається генератором тактової частоти 10, у мікро – ЕОМ 8 не потрапляють, бо з пристрою керування обміном 3 через комутатор 4 не надійшов сигнал запиту на переривання виконання фонові програми. При виявленні кутового сигнального імпульсу «туди» пристроєм контрольного виявлення 1 та досягненні ним заданого рівня напруги спрацьовує порогова схема 2. Вона генерує сигнал запиту на переривання, який через комутатор зовнішніх пристроїв 4 надходить до мікро-ЕОМ і переводить її у режим підготовки каналу прямого доступу до обміну. Цикл обміну починається з запису вмісту лічильника 5 у першу комірку пам'яті, яка приймає участь у процесі обміну. Адреси наступних комірок пам'яті формуються у лічильнику адрес 9 у відповідності до такту роботи аналого-цифрового перетворювача 7. Цикл обміну закінчується коли амплітуда сигнального імпульсу « туди » вдруге досягне заданого рівня напруги. Мікро-ЕОМ після завершення циклу обміну повертається до виконання фонові програми. Центр ваги тіла кутового сигнального імпульсу « туди » та його часове положення відносно початку відліку можуть визначатись у процесі виконання фонові програми. Послідовність операцій при обробці кутового сигнального імпульсу «назад» – аналогічна. Кутове положення ПС визначається як різниця результатів, одержаних внаслідок обробки кутових сигнальних імпульсів « туди – назад ».

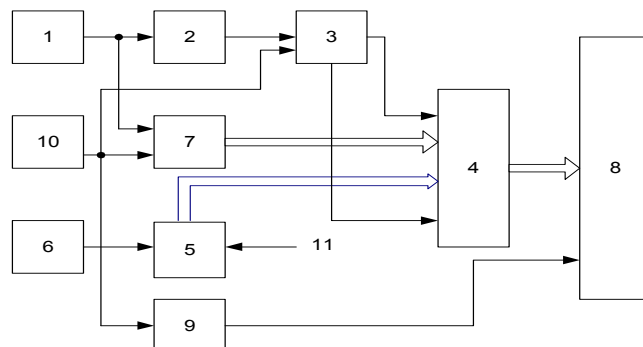


Рис. 3. Функціональна схема бортового вимірювача, яка використовує мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті [8]: 1-контрольний виявлювач сигналних імпульсів « туди – назад»; 2- порогова схема; 3- пристрій керування обміном; 4- комутатор зовнішніх пристроїв; 5- лічильник числамасштабних імпульсів; 6- генератор масштабних імпульсів; 7 – аналого-цифровий перетворювач; 8- мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу в пам'ять; 9- лічильник адрес; 10- генератор тактових імпульсів; 11- сигнал опорного часу

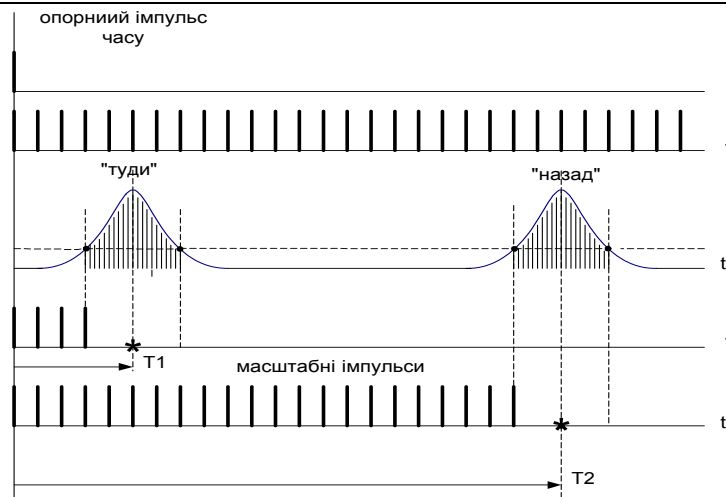


Рис. 4. Часові діаграми роботи бортового вимірювача, що використовує мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті

Висновки

Використання надмірності апаратної частини, а саме мікро – ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті та методу формування центра ваги кутового сигнального імпульсу має наступні переваги порівняно з пристроєм, запропонованим в роботах [2, 11]:

1. Можливість підвищення точності вимірювань при незмінній частоті масштабних імпульсів за рахунок вагового усереднення багатьох відліків аналого-цифрового перетворювача;

2. Підвищення технологічності пристрою та, у певній мірі спрощення, у зв'язку з тим, що як усі додатково введені елементи так і сама мікро-ЕОМ можуть використовуватись для вирішення ще й низки інших задач.

Попередньо проведені розрахунки, дозволяють стверджувати, що при використанні АЦП з тактовою частотою 2 МГц та мікро – ЕОМ з часом звернення до оперативної пам'яті у режимі прямого доступу 0,07 мкс, очікувана інструментальна точність запропонованого пристрою може бути від трьох до п'яти разів вищою по відношенню до базового варіанту [2, 11].

Література

1. Time Reference Scanning Beam Microwave Landing System. A New Non-Visual Precision Approach and Landing Guidance System for International Civil Aviation, New-York, FAA, December, Working Group Seventh Meeting – London.
2. AWOP, Working Group Seventh Meeting – London, Nov. 2 – 12, 1976, AWOP Assessment of New Guidance Systems.
3. О ходе разработки микроволновой системы посадки по приборам. Краткий обзор // Радиоэлектроника за рубежом. – М.: 1975. – Вып. 17 (781). – С. 3– 11.
4. Шестакова Н.А. СВЧ система инструментальной посадки самолетов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1972. – № 11. – С. 5 – 21.
5. Сантиметровые системы посадки самолетов / В.М.Бенин, Е.И. Шолупов, В.А.Кожевников, И.А. Хаймович. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
6. Оцінка сукупного впливу хаотичних імпульсних перешкод та флуктуаційного шуму на точність первинних спостережень / Воловик Ю. М., Логвиненко В. В., Шутило М. А., Воловик А. Ю. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2006. – Т.1, № 3. – С.192 – 195.
7. Семенов А.А., Мелкунин В.Г. Радионавигационные системы аэропортов. Радиомаячные системы посадки. – К.: КМУГА, 1999. – 100 с.
8. Пат. U2005 10483 Україна, МПК G01s1/ 08, G01s3/66. Пристрій для обробки кутової інформації у радіотехнічній системі посадки сантиметрового діапазону / Воловик А.Ю., Воловик Ю.М., Кичак В.М., Шутило М.А.; заявл. 23.11.2005; опубл. 17.04.2006. Бюл.№ 4, 2006. – 6 с.
9. Поиск, обнаружение и измерение параметров сигналов в радионавигационных системах / В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов, Ю. А. Коломенский.; под ред. Ю.М.Казаринова. – М.: Сов. радио, 1975. – 273 с.
10. Фолкенберри Л.М. Справочное пособие по ремонту электрических и электронных систем / Л. М. Фолкенберри.; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 416 с.
11. Сосновский А.А., Хаймович И.А. Авиационная радионавигация. Справочник. – М.: Транспорт, 1987. – 256 с.

Надійшла 8.9.2009 р.

КОМПЕНСАЦІЯ ВНУТРІШНЬОМОДОВОЇ ДИСПЕРСІЇ В АНІЗОТРОПНОМУ ФОТОПРУЖНОМУ ОПТИЧНОМУ ВОЛОКНІ

Виконано аналіз можливості використання поляризаційної дисперсії, причиною виникнення якої є подвійне променезаломлювання в одномодовому оптичному волокні, вигнутому в спіральну лінію при кімнатній температурі, для корекції або повної компенсації хроматичної дисперсії. Наведені результати розрахунків параметрів спіралі для реалізації компенсаторів дисперсії.

Analysis of ability of usage polarization dispersion, which appears because of double refraction in spiral cambered monomode optical fiber at room temperature for correction or full compensation of chromatic dispersion, is made. Valuation results of parameters for compensator realization are given.

Ключові слова: оптичне волокно, поляризаційна дисперсія.

Постановка задачі. Останнім часом анізотропні компоненти знаходять широке застосування в волоконно-оптичних системах передачі інформації (ВОСП). До них відносяться розгалужувачі сигналів, частотновибіркові фільтри, самофокуруючі оптичні волокна, компенсатори дисперсії тощо. В основу реалізації даних пристроїв покладено властивості анізотропного середовища: подвійне променезаломлювання, тензорний характер діелектричної проникливості, обмін потужностями між основними звичайною та незвичайною хвилями, поляризаційна дисперсія. Одним із способів отримання анізотропного оптичного волокна (ОВ) є прокладка останнього в охолодженому стані (при кімнатній температурі) в спіральну лінію постійного кроку ρ та радіусу R . При цьому дане ОВ піддається впливу механічних напруг і середовище поширення електромагнітної хвилі вздовж даного волокна є анізотропним, тобто властивості даного середовища є залежними від напрямку поширення електромагнітної хвилі та її поляризації. Особливості анізотропних ОВ, обумовлених фотопружністю на сьогодні всебічно не досліджені та для аналізу можливості виконання в ВОСП пристроїв, принцип дії яких ґрунтується на використанні властивостей анізотропного середовища, необхідно провести роботи по дослідженню залежності елементів тензора діелектричної проникливості, перехідних затухань між звичайною та незвичайною хвилями, поляризаційної дисперсії від впливу фотопружності.

Аналіз публікацій стосовно даної проблеми. Дослідження перехідних затухань при обміні потужностями між основними хвилями з взаємоортогональними кутами поляризації – звичайною HE_{11}^o та незвичайною HE_{11}^e , що виникають внаслідок подвійного променезаломлювання в анізотропному середовищі проведені в роботах [1, 2, 3]. В роботах [4, 5] отримано вирази для розрахунку поляризаційної дисперсії для ОВ, підданих впливу механічних напруг. В роботах [6, 7, 8] проведено вимірювання поляризаційної модової дисперсії, зумовленої вигином ОВ для діапазона довжин хвиль сигналу, що передається 1510 нм – 1645 нм.

Однак у перерахованих роботах відсутня методика визначення конкретних параметрів спіральновигнутих одномодових волоконних світловодів (СОМВС) для досягнення корекції або повної компенсації хроматичної дисперсії, яка складається із матеріальної та хвилеводної дисперсій. Автори даних робіт лише припускають можливість виконання пристроїв на основі фотопружних елементів.

Мета роботи: проведення досліджень залежності поляризаційної дисперсії від різних ступенів впливу фотопружності для різних складів СОМВС та отримання найбільш оптимальних параметрів для реалізації компенсаторів дисперсії. Для досліджень вибраний діапазон довжин хвиль сигналу, що передається четвертого вікна прозорості (1565 мкм – 1625 мкм).

Отримання рівняння компенсації внутрішньомодової дисперсії.

Для характеристики ступеня впливу фотопружності СОМВС вибраний безрозмірний параметр A :

$$A = \frac{\rho}{4\pi R}, \quad (1)$$

де ρ – крок скрутки спіралі, R – радіус спіралі.

При зростанні параметра A зменшується вплив анізотропії (елементи тензора діелектричної проникливості, що розташовані на головній діагоналі дорівнюють значенню діелектричної проникливості ізотропного ОВ, всі інші прямують до нуля).

Вираз для розрахунку поляризаційної дисперсії має вигляд [5]:

$$\Delta\tau_1 = - \frac{\lambda^3}{c\lambda_0 \left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - l_i^2} \right]^{3/2}} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2}{(\lambda^2 - l_i^2)^2} \cdot \left[\frac{r}{R} G(A) + \frac{r^2}{2R^2} H(A) \right], \quad (2)$$

де λ – довжина хвилі передаваного сигналу, c – швидкість світла у вакуумі ($3 \cdot 10^8$ м/с), λ_0 – довжина хвилі світла у вакуумі ($1,3 \cdot 10^{-6}$ м), A_i, l_i – коефіцієнти ряду Селмейера, що залежать від складу скла ОВ

(приводяться в [9], Таблиця 10.1), r – радіус ОВ, R – радіус спірального, у яку викладено ОВ, функції $G(A)$ і $H(A)$ залежать від геометрії вигину COMBC та розраховуються за формулами:

$$G(A) = \frac{A^2 + 2A - 1}{(1 + 4A^2)\sqrt{1 + A^2}}; \quad H(A) = \frac{1 - A^2}{2(1 + A^2)(1 + 4A^2)^2}. \quad (3)$$

Залежність поляризаційної дисперсії від параметра A для матеріалу серцевини чистого кварцу ілюструє рис. 1.

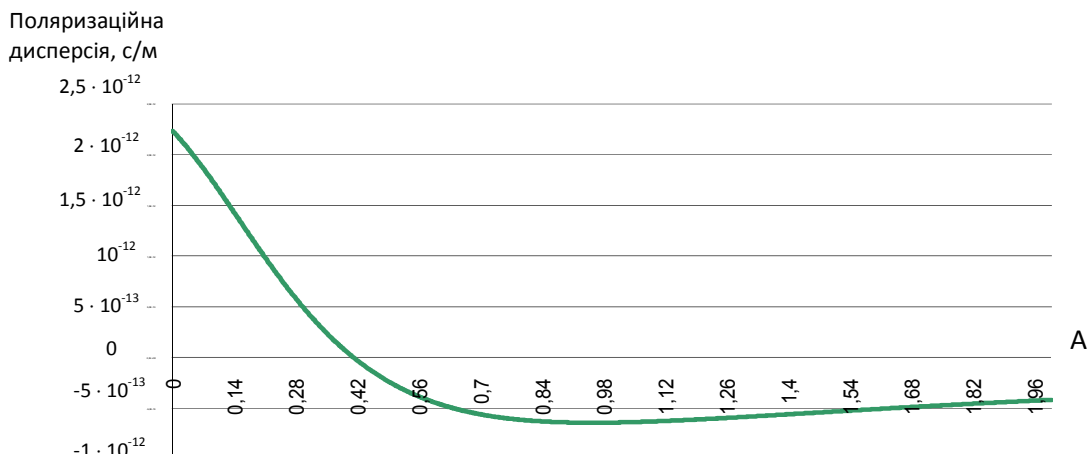


Рис. 1. Залежність поляризаційної дисперсії в COMBC від A при серцевині 100 % SiO_2

Як свідчить графік рис. 1, поляризаційна дисперсія, що залежить від параметра $A = \frac{\rho}{4\pi R}$, може приймати як додатні, так і від’ємні значення, приймає максимальне значення при $A = 0$ (випадок вигнутого по дузі окружності ВС), зменшується при зростанні A . Якщо дана дисперсія дорівнює по модулю, але протилежна за знаком хроматичній дисперсії в COMBC, сумарна дисперсія дорівнює нулю, в такому випадку досягається повна компенсація внутрішньомодової дисперсії.

Хроматична дисперсія ВС розраховується як сума матеріальної та хвильоводної дисперсії:

$$\Delta\tau = \underbrace{\frac{\lambda}{n_1 c} \left[\sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2 \cdot (3\lambda^2 + l_i^2)}{(\lambda^2 - l_i^2)^3} - \left(-\frac{\lambda}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2}{(\lambda^2 - l_i^2)^2} \right)^2 \right]}_{\text{матеріальна дисперсія}} + \underbrace{\left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - l_i^2} + \frac{\lambda^2}{n_1} \sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2}{(\lambda^2 - l_i^2)^2} \right] \cdot \frac{\Delta}{\lambda c}}_{\text{хвильоводна дисперсія}} \cdot \Phi, \quad (4)$$

де n_1, n_2 – діелектричні проникливості матеріалів серцевини та оболонки відповідно, Δ – відносна різниця показників заломлення серцевини та оболонки, $\Phi = V \frac{\partial^2(Vb)}{\partial V^2}$ – функція, що залежить від профіля

діелектричної проникливості ОВ, визначається за графіком ([9] Рис. 10.8.), $V = \frac{2\pi a}{\lambda_0} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ – нормована частота, a – радіус серцевини ОВ.

Таким чином, рівняння компенсації внутрішньомодової дисперсії COMBC матиме вигляд:

$$\underbrace{\frac{\lambda^3}{c \lambda_0 \left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - l_i^2} \right]^{3/2}} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2}{(\lambda^2 - l_i^2)^2} \cdot \left[\frac{r}{R} G(A) + \frac{r^2}{2R^2} H(A) \right]}_{\text{інвертована поляризаційна дисперсія}} = \underbrace{\frac{\lambda}{n_1 c} \left[\sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2 \cdot (3\lambda^2 + l_i^2)}{(\lambda^2 - l_i^2)^3} - \left(-\frac{\lambda}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2}{(\lambda^2 - l_i^2)^2} \right)^2 \right]}_{\text{матеріальна дисперсія}} + \underbrace{\left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - l_i^2} + \frac{\lambda^2}{n_1} \sum_{i=1}^3 \frac{A_i l_i^2}{(\lambda^2 - l_i^2)^2} \right] \cdot \frac{\Delta}{\lambda c}}_{\text{хвильоводна дисперсія}} \cdot \Phi \quad (5)$$

Результати досліджень поляризаційної дисперсії в СОМВС.

Розв'язати рівняння (5) можна графічним методом, суть якого полягає в наступному: у декартовій системі координат будується графік залежності хроматичної дисперсії від A та графік залежності поляризаційної дисперсії, помноженої на -1 від A . Інвертована поляризаційна дисперсія сильно залежить від A в межах A від 0 до 2. У випадку перетину двох графіків досягається компенсація внутрішньомодової дисперсії при значенні A , що відповідає точці перетину. Однак точку перетину необхідно досягти при значеннях $A = 0,618$ або $A > 0,94$, так як при цьому, як свідчать результати досліджень в [3], перехідні затухання будуть мінімальними, оскільки напівдовжина діляки биття ξ_1 (довжини СОМВС, після проходження якої напрямок перекачування потужності змінюється на протилежний) при $A = 0,618$ прямує до нескінченності, і, як наслідок, потужність із звичайної хвилі не буде перекачуватись у незвичайну та навпаки, при $A > 0,94$ практично відсутні перехідні затухання. Рис. 2 ілюструє даний метод.

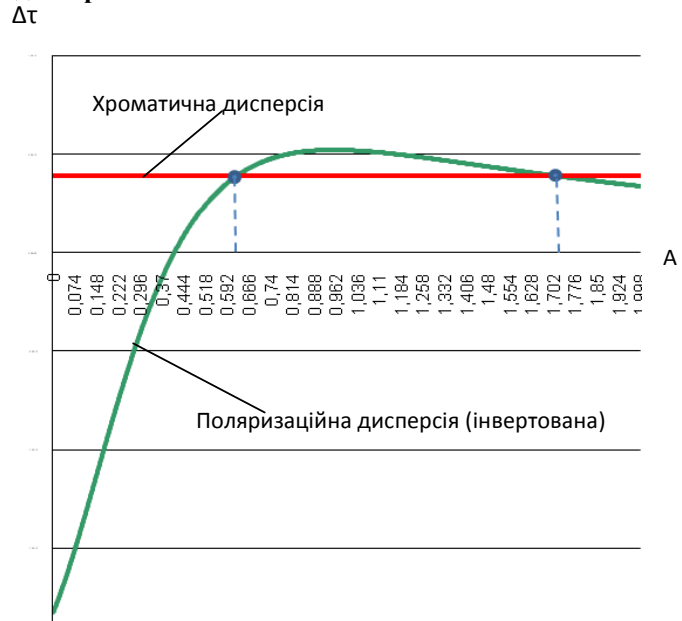


Рис. 2. Розв'язок рівняння компенсації внутрішньомодової дисперсії в СОМВС

Рецепти ОБ, для яких була досягнута повна компенсація хроматичної дисперсії для параметра $A = 0,618$ при довжині хвилі сигналу, що передається 1,565 мкм, а також параметри спіралі СОМВС, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри СОМВС для компенсації внутрішньомодової дисперсії при $\lambda = 1,565$ мкм

Склад ОБ	Радіус спіралі R, мм	Параметр A	Радіус серцевини, мкм	Поляризаційна дисперсія, с/м	Хроматична дисперсія, с/м
1. Серцевина – 7 % GeO ₂ , 93 % SiO ₂ , оболонка – 3,5 % B ₂ O ₃ , 96,5 % SiO ₂	5	0,618	2,279	-3,874·10 ⁻¹³	3,874·10 ⁻¹³
2. Серцевина – 4,1 % GeO ₂ , 95,9 % SiO ₂ , оболонка – 1 % F, 99 % SiO ₂	5	0,618	2,101	-5,674·10 ⁻¹³	5,674·10 ⁻¹³
3. Серцевина – 3,5 % GeO ₂ , 96,5 % SiO ₂ , оболонка – 3 % B ₂ O ₃ , 97 % SiO ₂	5	0,618	2,143	-4,737·10 ⁻¹³	4,737·10 ⁻¹³
4. Серцевина – 13,5 % GeO ₂ , 86,5 % SiO ₂ , оболонка – 1 % F, 99 % SiO ₂	5	0,618	1,787	-4,1302 · 10 ⁻¹³	4,1302 · 10 ⁻¹³
5. Серцевина – 9,1 % P ₂ O ₅ , 90,9 % SiO ₂ , оболонка – 3,5 % B ₂ O ₃ , 96,5 % SiO ₂	5	0,618	1,756	-4,84 · 10 ⁻¹³	4,84 · 10 ⁻¹³
6. Серцевина – 9,1 % GeO ₂ , 7,7 % B ₂ O ₃ , 83,2 % SiO ₂ , оболонка – 2,2 % GeO ₂ , 3,3 % B ₂ O ₃ , 94,5 % SiO ₂	5	0,618	2,132	-4,9332 · 10 ⁻¹³	4,9332 · 10 ⁻¹³
7. Серцевина – 4,03 % GeO ₂ , 9,7 % B ₂ O ₃ , 86,27 % SiO ₂ , оболонка – 1 % F, 99 % SiO ₂	5	0,618	2,015	-4,7446 · 10 ⁻¹³	4,7446 · 10 ⁻¹³
8. Серцевина – 5,8 % GeO ₂ , 94,2 % SiO ₂ , оболонка – 1 % F, 99 % SiO ₂	5	0,618	1,992	-4,9511 · 10 ⁻¹³	4,9511 · 10 ⁻¹³
9. Серцевина – 7,9 % GeO ₂ , 92,1 % SiO ₂ , оболонка – 13,5 % B ₂ O ₃ , 86,5 % SiO ₂ (загартований)	5	0,618	1,918	-4,8801 · 10 ⁻¹³	4,8801 · 10 ⁻¹³
10. Серцевина – SiO ₂ (з гасильними домішками), оболонка – 13,3 % B ₂ O ₃ , 86,7 % SiO ₂	5	0,618	2,148	-4,7583 · 10 ⁻¹³	4,7583 · 10 ⁻¹³

Висновок. Як показали проведені дослідження, шляхом налаштування параметра A є можливість досягти необхідного значення поляризаційної дисперсії при передачі оптичного сигналу по СОМВС в четвертому вікні прозорості, оскільки в даному діапазоні довжин хвиль поляризаційна дисперсія значно зростає та стає одного порядку з хроматичною дисперсією. Результати досліджень можуть бути використані для розробки компенсаторів дисперсії, частотновибіркового фільтрів, направлених відгалужувачів та інших пристроїв ВОСП.

1. Макаров Т. В. Невзаимные влияния волн и сигналов в спиральных одномодовых волоконных световодах. Часть I // Праці УНДІРТ. – Одеса, 2004. – Вип. 2 (38). – С. 23-28.
2. Макаров Т. В. Невзаимные влияния волн и сигналов в спиральных одномодовых волоконных световодах. Часть II // Праці УНДІРТ. – Одеса, 2004. – Вип. 2 (38). – С. 29-34.
3. Одинцов Н. Н., Стащук О. М. Исследование некоторых параметров волоконных световодов, изогнутых по спирали // Наукові праці ОНАЗ ім О. С. Попова. – Одеса, 2008. – Вип. 1. – С. 63 – 66.
4. Макаров Т. В. Передаточные характеристики изогнутых волоконных световодов // Праці УНДІРТ. – Одеса, 1998. – № 1 (13). – С. 13-23.
5. Одинцов Н. Н., Стащук О. М. Исследование поляризационной дисперсии волоконных световодов, изогнутых по спирали // Наукові праці ОНАЗ ім О. С. Попова. – Одеса, 2009.
6. Смеликова И. Н., Юрченко А. С. Научно-технические проблемы транспорта, промышленности и образования: Труды Всероссийской научной конференции, 22 – 24 апреля 2008 г. / Под общ. ред. В. С. Шварцфельда. – 6, 2008. – С. 51-55.
7. Прокопович М. Р., Резак Е. В. Инновационные технологии – транспорту и промышленности // Труды 45-й Международной научно-практической конференции ученых транспортных узлов, инженерных работников и представителей академической науки, 7 – 9 ноября 2007 г. / Под ред. Ю. А. Давыдова. – 2007. – № 2. – С. 146-148.
8. Прокопович М.Р., Резак Е.В., Смеликова И.Н. Влияние изгиба оптического волокна на значение поляризационной модовой дисперсии: Международный оптический конгресс «Оптика XXI век». – Санкт-Петербург, 20 – 24 октября, 2008. – С. 278-281.
9. Корнейчук В.И., Макаров Т.В., Панфилов И.П. Оптические системы передачи. – К.: Техніка, 1994. – 388 с.

Надійшла 7.9.2009 р.

УДК 621.314.222.8

А.М. ЗАЛІЗЕЦЬКИЙ, В.В. ГАЙ
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ

В статті розглянуто проблему, що пов'язана з врахуванням впливу дійсних похибок на метрологічні характеристики трансформаторів напруги задля підвищення точності вимірювання напруги, а отже, і обліку електричної енергії.

In article it is contemplated a problem which is connected with the account of influence of the valid errors on metrological characteristics of transformers of voltage for the sake of increase of accuracy of measurement of pressure, and so, and the account of electric energy.

Ключові слова: трансформатори напруги, метрологічні характеристики.

Постановка проблеми

Споживання електроенергії висуває все більш високі вимоги до точності її обліку, а відповідно, і до точності вимірювальних трансформаторів напруги (ТН). Одним із шляхів підвищення точності, що не потребує збільшення маси, габаритних розмірів, вартості ТН, пов'язаний з врахуванням їх дійсних похибок в реальних умовах роботи. Дослідженням контролю дійсних похибок ТН задля підвищення точності вимірювання напруги, а отже, і обліку електричної енергії присвячена дана стаття.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Відомо, що похибка по напрузі f і кутова похибка δ залежать від впливаючих факторів: вхідної напруги, потужності вторинного кола S_2 , коефіцієнта потужності навантаження $\cos \varphi$ і температури t [1]. В зв'язку з цим дійсна похибка в умовах експлуатації відрізняється від номінальних значень похибок, визначених факторами: $U_1 = U_{1ном}$; $S_2 = S_{2ном}$; $\cos \varphi = 0,8$; $t = 20^\circ\text{C}$.

Похибки ТН розраховуються за формулами [1]:

$$f_p = \{-R_1P - X_1Q - [(R_1 + R'_2)\cos \varphi + (X_1 + X'_2)\sin \varphi]S_2\}U_1^{-2}, \quad (1)$$

$$\delta_p = \{-R_1Q - X_1P + [(R_1 + R'_2)\sin \varphi + (X_1 + X'_2)\cos \varphi]S_2\}U_1^{-2}, \quad (2)$$

де $P = pt$; $Q = q_1t + q_2S_m$; p – питома потужність втрат, Вт/кг;

q_1, q_2 – питомі намагнічуючі потужності, з розмірностями відповідно В·А/кг і В·А/см²;

m, S_M – маса та переріз магнітопровода;

R_1, X_1 та R_2, X_2 – активні опори та опори розсіювання первинної та вторинної обмоток.

Формування основних цілей

Метою даної роботи є визначення фактичних значень ΔU і δ та встановлення їх залежності від впливу зовнішніх факторів.

Виклад основного матеріалу

Згідно з поставленою метою в даній статті наводяться результати теоретичного і експериментального дослідження впливу перерахованих факторів на похибки ТН типів ЗНОЛЭ-35, ЗНОЛ.06-10, НОЛ.11-6. Характеристики цих трансформаторів наведені в табл. 1.

Встановлюються залежності похибок від первинної напруги, потужності навантаження і коефіцієнта потужності навантаження відповідно в діапазонах $0,8U_{1ном} \leq U_1 \leq 1,2U_{1ном}$, $0,25S_{2ном} \leq S_2 \leq S_{2ном}$, $0,8 \leq \cos \varphi \leq 1,0$, а також залежності похибок від температури в діапазонах вказаних в табл. 1.

При цьому визначаються значення $\Delta U_{ном}$ і $\delta_{ном}$ при номінальних впливаючих факторам $U_1 = U_{1ном}$; $S_2 = S_{2ном}$; $\cos \varphi = 0,8$; $t = 20^\circ\text{C}$, а також похибки ΔU і δ , коли один із факторів змінюється. При розрахунку похибок використовується табл. 1 в якій наведені залежності p , q_1 і q_2 від індукції магнітного поля B для різних стрічкових магнітопроводів, що виготовлені із електротехнічної сталі марки 3405, товщиною 0,35 мм.

Активні опори R_1 і R_2 обмоток вимірюються мостом постійного струму типу Р 333, а опори розсіювання X_1 і X_2 обмоток отримуємо із досліду короткого замикання у відповідності з [4], при цьому вважається, що $R'_2 = n^2 \cdot R_2$ і $X'_2 = n^2 \cdot X_2$, де n – номінальний коефіцієнт трансформації ТН.

Таблиця 1

Характеристики трансформаторів напруги

Характеристики ТН	ЗНОЛЭ-35	ЗНОЛ.06-10	НОЛ.11-6
Номінальна первинна напруга $U_{1ном}$, кВт	$35/\sqrt{3}$	$10/\sqrt{3}$	6
Вищий клас точності	0,5	0,2	3,0
Номінальна потужність навантаження вищого класу точності $S_{2ном}^6$, В·А	150	50	250
Номінальна потужність навантаження нижчого класу точності $S_{2ном}^H$, В·А	600	300	250
Робочий діапазон температур по технічних умовах t , °С	-60...+60	-45...+100	-45...+60
Маса магнітопровода m , см ²	25,9	14,0	6,0
Переріз магнітопровода S_M ,	48,0	32,0	18,9
Активний опір первинної обмотки R_1 , Ом	5950	890	2610
Активний опір вторинної обмотки R_2 , Ом	0,0560	0,112	0,350
Опір розсіювання первинної обмотки X_1 , Ом	4910	430	1940

В табл. 2 наведені похибки ТН, експериментально визначені при умові відповідних номінальних впливаючих факторів. Як видно із цієї таблиці, значення $\Delta U_{ном}$ і $\delta_{ном}$ для різних зразків ТН одного типу можуть суттєво відрізнятися, що обумовлено різними магнітними властивостями магнітопроводу і неоднаковою корекції їх похибок [2]. В зв'язку з цим залежність похибок від будь-якого фактора також буде неоднаковою для різних зразків ТН одного типу.

Таблиця 2

Залежності питомих намагнічуючих потужностей та питомих втрат в сталі p від магнітної індукції B

B , Тл	p , Вт/кг	q_1 , ВА/кг	q_2 , ВА/кг
0,72	0,47	0,41	0,14
0,90	0,63	0,70	0,18
0,96	0,71	0,84	0,20
1,08	0,89	1,25	0,23
1,20	1,08	1,75	0,26
1,44	1,52	2,98	0,32

Результати приведених досліджень показали, що ці розбіжності можна виключити, якщо побудувати залежність зміни похибок від впливаючих факторів. При цьому значення $f - f_{ном}$ і $\delta - \delta_{ном}$, що визначені експериментально, досить добре узгоджуються із розрахунковими значеннями $f_p - f_{p,ном}$ і $\delta_p - \delta_{p,ном}$.

Експериментальна похибка визначається у відповідності з [5] на трьох зразкових ТН кожного типу. Результати досліджень впливу первинної напруги, потужності навантаження і коефіцієнта потужності на похибку ТН наведені в табл. 3-13.

Таблиця 3

Похибки ТН

Тип ТН	Заводський номер	$f_{ном}, \%$	$\delta_{ном}, ' $
ЗНОЛЭ-35	7316	-0,028	2,2
ЗНОЛЭ-35	2146	0,010	1,4
ЗНОЛЭ-35	4899	0,036	2,8
ЗНОЛ.06-10	8232	-0,078	5,2
ЗНОЛ.06-10	7425	0,000	4,7
ЗНОЛ.06-10	3219	0,045	4,5
НОЛ.11-6	0784	-1,65	2,5
НОЛ.11-6	0397	-1,625	0,0
НОЛ.11-6	0652	-1,35	-1,5

Таблиця 4

Дані для побудови залежностей зміни похибки напруги f
від потужності навантаження S_H ТН ЗНОЛЭ-35

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛЭ-35		ЗНОЛЭ-35 № 7316		ЗНОЛЭ-35 № 2146		ЗНОЛЭ-35 № 4899	
S_H	f	S_H	f	S_H	f	S_H	f
43,75	0,75	42	0,6	43,5	0,7	42	0,62
150	0,23	150	0,27	150	0,27	150	0,27
300	-0,45	300	-0,4	299	-0,32	300	-0,4
450	-1,1	450	-1,4	447	-1,23	452	-1,27
600	-1,75	610	-1,7	612	-1,75	610	-1,68

Таблиця 5

Дані для побудови залежностей зміни куткової похибки δ
від потужності навантаження S_H ТН ЗНОЛЭ-35

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛЭ-35		ЗНОЛЭ-35 № 7316		ЗНОЛЭ-35 № 2146		ЗНОЛЭ-35 № 4899	
S_H	δ	S_H	δ	S_H	δ	S_H	δ
28	0,25	37,5	0,36	17,5	0,3	27,5	0,2
153	0	153	0	153	0	153	0
300	-0,23	298	-0,18	296	-0,22	302	-0,2
450	-0,54	445	-0,5	450	-0,6	442	-0,7
600	-0,9	580	-0,82	602	-0,9	600	-0,89

Таблиця 6

Дані для побудови залежностей зміни похибки напруги f
від коефіцієнта потужності навантаження $\cos \varphi$ ТН ЗНОЛЭ-35

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛЭ-35		ЗНОЛЭ-35 № 7316		ЗНОЛЭ-35 № 2146		ЗНОЛЭ-35 № 4899	
$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f
0,8	0	0,79	0	0,79	0	0,79	0
0,9	0,01	0,9	0,01	0,87	0,01	0,91	0,011
1	0,09	1	0,09	1,005	0,087	1	0,1

Дані для побудови залежностей зміни кутової похибки δ
від коефіцієнта потужності навантаження $\cos \varphi$ ТН ЗНОЛЭ-35

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛЭ-35		ЗНОЛЭ-35 № 7316		ЗНОЛЭ-35 № 2146		ЗНОЛЭ-35 № 4899	
$\cos \varphi$	δ	$\cos \varphi$	δ	$\cos \varphi$	δ	$\cos \varphi$	δ
0,8	0	0,8	0	0,8	0	0,8	0
0,9	-4,5	0,89	-4,47	0,9	-4,52	0,905	-4,48
1	-12,3	0,995	-11,8	0,99	-12	1	-12,5

Таблиця 8

Дані для побудови залежностей зміни похибки напруги f
від потужності навантаження S_H ТН ЗНОЛ-06-10

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛ-06-10		ЗНОЛ-06-10 № 8232		ЗНОЛ-06-10 № 7425		ЗНОЛ-06-10 № 3219	
S_H	f	S_H	f	S_H	f	S_H	f
13	0,25	10	0,27	12	0,24	16	0,28
50	0	52	0	52	0	52	0
100	-0,28	101	-0,28	100	-0,24	100	-0,24
200	-1	200	-0,98	200	-0,98	201	-1
300	-1,75	300	-1,5	302	-1,62	303	-1,7

Таблиця 9

Дані для побудови залежностей зміни кутової похибки δ
від потужності навантаження S_H ТН ЗНОЛ-06-10

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛ-06-10		ЗНОЛ-06-10 № 8232		ЗНОЛ-06-10 № 7425		ЗНОЛ-06-10 № 3219	
S_H	δ	S_H	δ	S_H	δ	S_H	δ
13	-1,75	0	-1,6	10	-1,85	13	-2,25
50	0,25	50	0	50	0	50	0
100	2	98	2,4	100	2	102	1,95
200	6,8	198	7,25	199	6,85	200	6,6
300	11,3	301	12,1	299	11,6	298	10,5

Таблиця 10

Дані для побудови залежностей зміни похибки напруги f
від коефіцієнта потужності навантаження $\cos \varphi$ ТН ЗНОЛ-06-10

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛ-06-10		ЗНОЛ-06-10 № 8232		ЗНОЛ-06-10 № 7425		ЗНОЛ-06-10 № 3219	
$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f
0,8	0	0,8	0	0,8	0	0,8	0
0,9	-0,007	0,9	-0,008	0,89	-0,009	0,92	-0,005
1	0,02	1	0,019	0,99	0,021	1,09	0,02

Таблиця 11

Дані для побудови залежностей зміни кутової похибки δ
від коефіцієнта потужності навантаження $\cos \varphi$ ТН ЗНОЛ-06-10

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
ЗНОЛ-06-10		ЗНОЛ-06-10 № 8232		ЗНОЛ-06-10 № 7425		ЗНОЛ-06-10 № 3219	
$\cos \varphi$	δ	$\cos \varphi$	δ	$\cos \varphi$	δ	$\cos \varphi$	δ
0,8	0	0,81	0	0,81	0	0,81	0
0,9	-2,25	0,89	-2,25	0,91	-2,3	0,9	-2,32
1	-7,5	0,99	-7,4	1	-7,45	1	-7,26

Дані для побудови залежностей зміни похибки напруги f
від потужності навантаження S_H ТН НОЛ.11-6

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
НОЛ.11-6		НОЛ.11-6 № 0784		НОЛ.11-6 № 0397		НОЛ.11-6 № 0652	
S_H	f	S_H	f	S_H	f	S_H	f
64	2,75	62	2,9	63	2,6	68	2,8
100	2,3	100	2,32	110	2,25	113	2,2
150	1,5	150	1,6	148	1,75	150	1,6
200	0,75	198	0,82	200	0,7	202	0,78
250	0	252	0,1	252	0,1	252	0,1

Таблиця 13

Дані для побудови залежностей зміни похибки напруги f
від коефіцієнта потужності навантаження $\cos \varphi$ ТН НОЛ.11-6

Теоретичні дані		Експериментальні дані					
НОЛ.11-6		НОЛ.11-6 № 0784		НОЛ.11-6 № 0397		НОЛ.11-6 № 0652	
$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f	$\cos \varphi$	f
0,8	0,1	0,8	0,11	0,8	0,11	0,8	0,11
0,9	0,2	0,9	0,19	0,87	0,2	0,91	0,21
1	1	1	1	0,98	1	1,2	0,98

За результатами досліджень наведених в табл. 4-13 побудовані графіки (рис. 1-3) на яких в якості ілюстрації показано експериментальні і теоретичні залежності зміни похибок від потужності навантаження S_2 і $\cos \varphi$, де результат експерименту показаний символами \blacksquare , \blacktriangle та \bullet , а розрахований теоретично-суцільною лінією.

Оскільки по всьому досліджуваному діапазоні впливових факторів значення $f - f_{ном}$ і $f_p - f_{p,ном}$, а також $\delta - \delta_{ном}$ і $\delta_p - \delta_{p,ном}$ досить добре корелюються між собою, це дозволяє записати співвідношення:

$$f - f_{ном} = f_p - f_{p,ном}; \quad \delta - \delta_{ном} = \delta_p - \delta_{p,ном},$$

із яких знаходимо

$$f = f_p - f_{p,ном} + f_{ном}, \quad (3)$$

$$\delta = \delta_p - \delta_{p,ном} + \delta_{ном}, \quad (4)$$

де f_p , $f_{p,ном}$, δ_p і $\delta_{p,ном}$ – похибки, визначені по формулам (19), (20).

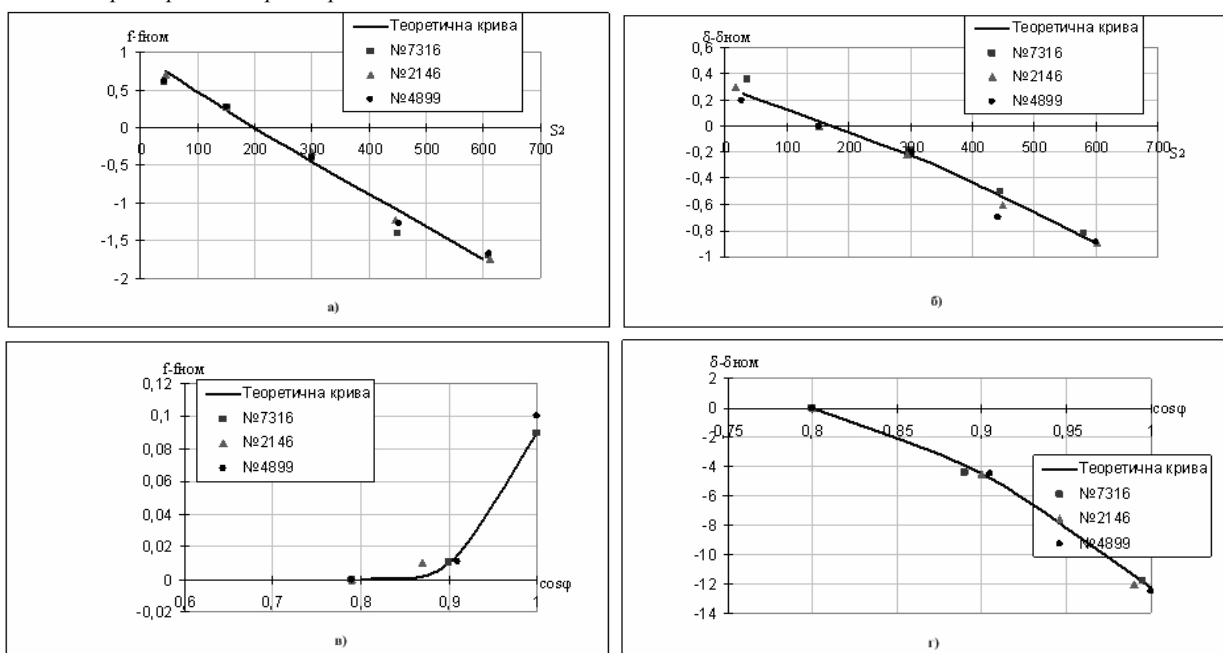


Рис. 1. Експериментальні та теоретичні залежності зміни похибок:
а) та б) – від потужності навантаження S_2 ; в) та г) – від $\cos \varphi$ ТН типу ЗНОЛЭ-35

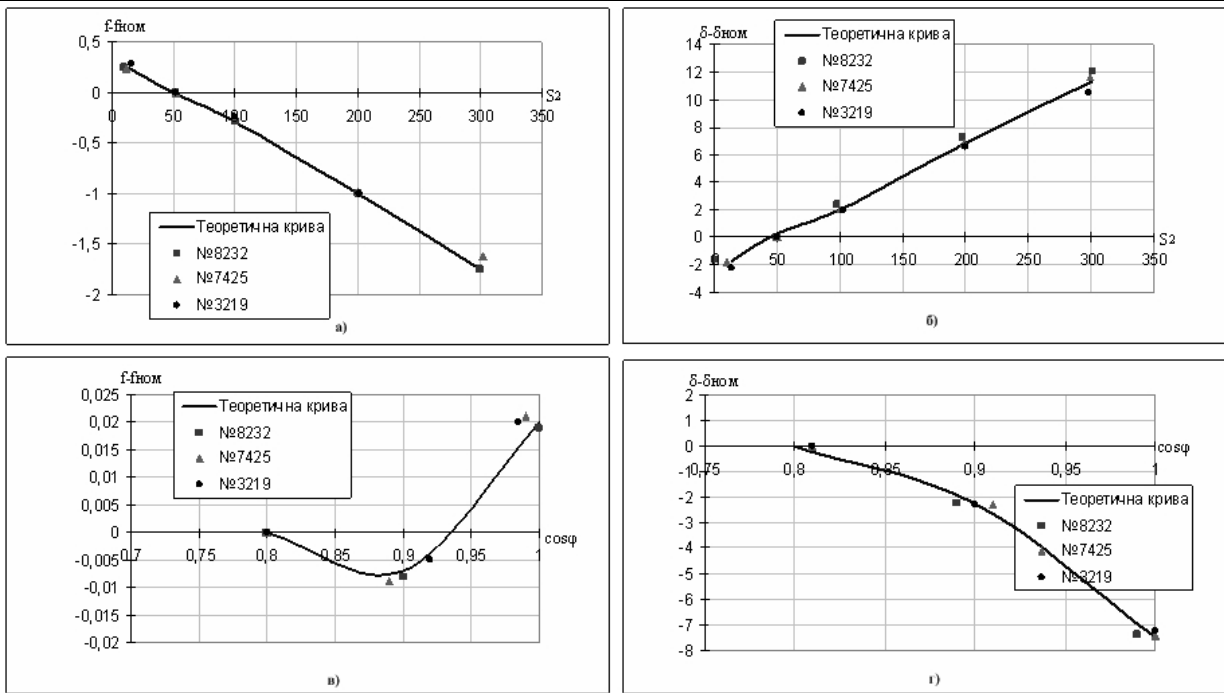


Рис. 2. Експериментальні та теоретичні залежності зміни похибок: а) та б) – від потужності навантаження S_2 ; в) та г) – від $\cos \varphi$ ТН типу ЗНОЛ.06-10

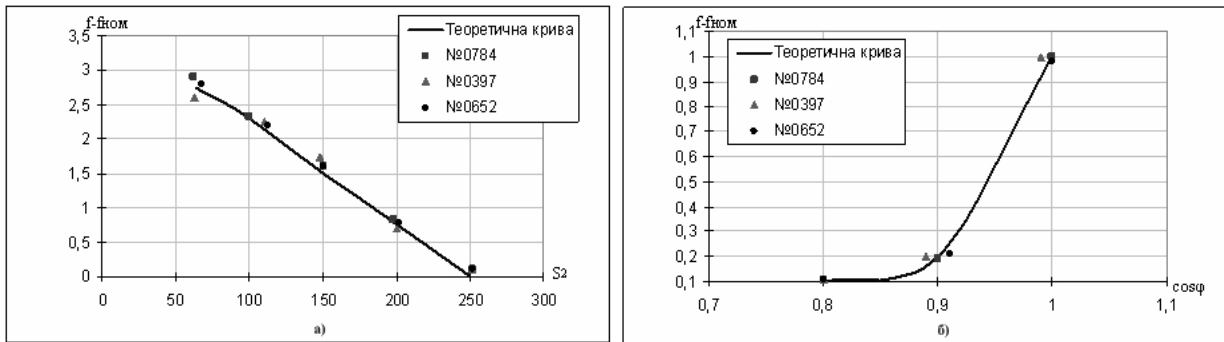


Рис. 3 Експериментальні та теоретичні залежності зміни а) – похибки напруги, б) – кутової похибки від потужності навантаження S_2 ТН типу НОЛ.11-6

Таким чином, похибки f і δ ТН, що досліджуються в реальних умовах експлуатації можна розрахувати за допомогою співвідношень (3), (4), якщо відомо їх похибки $f_{ном}$ і $\delta_{ном}$ при номінальних факторах. Останні можуть бути наведені в паспортних даних на конкретний ТН. Там же вказують алгоритм розрахунку похибок.

В табл. 14 наведені максимальні зміни амплітудної $f - f_{ном}$ і кутової $\delta - \delta_{ном}$ похибок, віднесених до їх граничних значень f_p і δ_p для вищого класу точності ТН при зміні первинної напруги в інтервалі від $0,8U_{1ном}$ до $1,2U_{1ном}$ [5]. Перші значення приведених відношень відносять до розрахунку, другі – до експерименту; всі вони не перевищують 1 %.

Таблиця 14

Максимальні зміни похибок

Тип ТН	Клас точності ТН	$f_{zp}, \%$	$\delta_{zp}, \%$	$(f - f_{ном})/f_{np}, \%$	$(\delta - \delta_{ном})/\delta_{np}, \%$
НОЛ.11-6	3,0	3,0	-	0.1; 0.7	-
ЗНОЛ.06-10	0,2	0,2	10	3.0; 1.0	0.9; 1.0
ЗНОЛЭ-35	0,5	0,5	20	1.4; 0.6	0.6; 0.3

Дослідження впливу температури на похибку ТН показало, що значення $f - f_{ном}$ і $\delta - \delta_{ном}$, визначенні експериментально, також добре узгоджуються з розрахованими значеннями $f_p - f_{p,ном}$ і $\delta_p - \delta_{p,ном}$. При цьому амплітудна і кутова похибки мають лінійну залежність від температури.

Отримані результати дозволяють зробити стосовно досліджуваних трансформаторів наступні висновки:

1) зміна похибок при зміні потужності навантаження, коефіцієнта потужності і температури мають закономірний характер і їх можна описати функціями (3), (4);

2) вплив первинної напруги на похибку незначний, тому в інтервалі від $0,8U_{1ном}$ до $1,2U_{1ном}$ її можна не враховувати;

3) відхилення похибок від значень, що визначаються впливом номінальних факторів в умовах експлуатації можна розрахувати за допомогою автоматизованої системи обліку енергії на базі ПК, що фіксує зміну зовнішніх впливаючих факторів. Це дає можливість постійно контролювати дійсну похибку ТН і тим самим підвищити точність вимірювань напруги, а отже, і обліку електроенергії.

Література

1. Дымков А.М., Кибель В.М., Тишенин Ю.В. Трансформаторы напряжения. – М.: Энергия, 1975.
2. Чунихин А.А. Электрические машины. – М.: Энергия, 1967.
3. ГОСТ 3484– 77. Трансформаторы силовые. Методы испытаний.
4. ГОСТ 8,126– 76. ГСИ. Трансформаторы напряжения. Методы и средства поверки.
5. ГОСТ 1983– 77. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия.

Надійшла 17.9.2009 р.

УДК 620.91:67.08

В.В. КАРМАНОВ, К.В. ЛУНЯКА, О.И. КЛЮЕВ

Херсонський національний технічний університет

ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЙ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ВИНТОВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Рассмотрены вопросы связанные с процессами пресс-экструдирования профилей строительных деталей из композиционных материалов. Тепловые процессы при экструдировании с постоянной производительностью в установившемся температурном режиме рассматриваются как стационарные. Предложена методика теплотехнического расчета.

In article considered questions about details from composite materials. The analysis of processes developed in static and dynamic.

Ключові слова: екструдер, композиційні матеріали.

Введение. Процессы переработки композиционных материалов на основе высокомолекулярных соединений из вторичного сырья и отходов текстильной, перерабатывающей, легкой, лесной и других областей промышленности в пресс-экструдерах являются достаточно перспективными. С целью создания непрерывного и стабильного протекания основного технологического процесса приобретают большое значение расчеты термодинамических характеристик пресс-экструдирования. В связи с тем, что указанные вопросы применительно к процессам пресс-экструдирования профилей строительных деталей из композиционных материалов освещены недостаточно, актуальным становится получение зависимостей для теплотехнического расчета, что позволит обеспечить ресурсосбережение, экономию энергозатрат и оптимизировать необходимый технологический процесс.

Постановка проблемы. С целью обеспечения необходимых тепловых режимов экструдирования пластических материалов нашли широкое применение электрические нагреватели рабочего органа пресс-экструдера. Для их рационального использования необходимо определить тепловые потери, мощность нагревательных элементов, температуру цилиндра рабочего органа, фильтры, при которой масса достигает температуры переработки.

Изложение основного материала. Тепловые процессы при экструдировании с постоянной производительностью в установившемся температурном режиме можно рассматривать как стационарные. Это обусловлено тем, что температурное поле рабочего органа и перерабатываемой массы в любой момент времени остается постоянным несмотря на то, что температура массы при перемещении по рабочему органу изменяется во времени. Используются два метода расчета термодинамических характеристик пресс-экструдирования профилей строительных деталей из композиционных материалов. По первому методу с учетом тепломассообмена принимаем, что при движении по винту обрабатываемый продукт нагревается до необходимой температуры, определяемой теплом, которое выделяется за счет механической энергии привода (энергии диссипации) и подводимой от нагревателей.

Принимая обрабатываемый продукт несжимаемым и пренебрегая инерционными эффектами

уравнение баланса энергии в пресс-экструдере с винтовым рабочим органом имеет вид

$$q_{nep} + q_{nom} + G_m \cdot \Delta p \cdot V = q_n + q_m \quad (1)$$

где q_{nep} – энергия, необходимая для обработки продукта, Вт;
 q_{nom} – теплотери в окружающую среду, Вт;
 G_m – производительность установки, кг/с;
 Δp – разность давления на входе и выходе винтового потока, Па;
 V – удельный объем сырья, кг/м;
 q_n – энергия нагревателя, Вт;
 q_m – энергия, выделяющаяся за счет работы привода, Вт.

Если рассматривать баланс энергии винта, работающего в автогенном режиме, то член уравнения q_n исключается. Определим каждую составляющую уравнения, условно разделив рабочий орган на участки. Тепловые потери q_{nom} складываются из потерь в рабочем органе $q_{нк}$ и потерь в воздухе $q_{нв}$.

Потери в рабочем органе $q_{нк}$ происходят за счет теплопроводности цилиндра и винта к корпусу пресс-экструдера, которые согласно закону Фурье можно выразить

$$dq_{нк} = \left[\frac{\lambda_u \cdot F_u}{l'_u} (T_u - T_{вз}) + \frac{\lambda_b \cdot F_b}{l'_b} (T_b - T_{вз}) \right] \cdot d\tau, \quad (2)$$

где λ_u, λ_b – коэффициенты теплопроводности цилиндра и винта, Вт/м²·К;
 F_u, F_b – площадь поперечного сечения цилиндра и винта, м²;
 $T_u, T_{вз}, T_b$ – температура цилиндра, винта, воздуха, К;
 l'_u, l'_b – длины участков корпуса цилиндра, в которых не расположены нагревательные элементы, м;
 τ – время переработки, с.

При установившемся режиме температура цилиндра и винта практически одинакова, тогда

$$dq_{нк} = \left[\left(\frac{\lambda_u \cdot F_u}{l'_u} + \frac{\lambda_b \cdot F_b}{l'_b} \right) (T_{ннц} - T_{вз}) \right] \cdot d\tau, \quad (3)$$

Теплоотдача с поверхности рабочего органа в воздух происходит излучением и конвекцией. Согласно закону Ньютона количество теплоты, отданное воздуху с поверхностью за время переработки

$$dq_{нв} = \alpha_o \cdot F_{ннц} \cdot (T_u - T_{вз}) \cdot d\tau \quad (4)$$

где $\alpha_o = \alpha_u + \alpha_k; \alpha_o; \alpha_u; \alpha_k$ – коэффициенты теплоотдачи общей, излучением и конвекцией, Вт/м²·К;
 $F_{ннц}$ – площадь наружной поверхности цилиндра, м²;
 $T_{ннц}$ – температура наружной поверхности цилиндра, К;

Подставив в уравнение (4) значение коэффициента теплоотдачи d_o получим суммарные потери в воздух за время переработки

$$dq_{нв} = \pi \cdot d_{нц} \cdot l_u \cdot \left[\sigma_0 \cdot \varepsilon_n (T_{ннц}^4 - T_{вз}^4) + \frac{1,34 (T_{ннц} - T_{вз})^{1,25}}{d_{нц}^{0,25}} \right] \cdot d\tau, \quad (5)$$

где σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/м²·К⁴;
 ε_n – приведенная степень черноты поверхности рабочего органа;
 $d_{нц}$ – наружный диаметр цилиндра, м.

В общем случае энергия, необходимая для переработки массы, расходуется на нагревание $q_{наг}$ и на сжатие $q_{сж}$.

Энергия на нагревание равна

$$dq_{наг} = C_M \cdot m_M \cdot dT_M = m_M \cdot dh_p, \quad (6)$$

где C_M – теплоемкость перерабатываемого продукта, Дж/кг·К;
 m_M – масса продукта, кг;
 T_M – температура массы, К;
 h_p – энтальпия массы при постоянном давлении, Дж/кг.

Энергия затрачиваемая на сжатие равна

$$dq_{сж} = m_M \cdot \left[V_{My} - \left(\frac{\partial V_{My}}{\partial T_M} \right)_p \right] dP_M = m_M \cdot dh_T, \quad (7)$$

где V_{My} – удельный объем массы, м³/кг;

P_M – давление массы, Па;

h_T – энтальпия массы при постоянной температуре, Дж/кг.

Энергия, выделяющаяся в массе под действием сил вязкого трения при работе привода равна

$$dq_m = M_{кр} \cdot \omega_v \cdot d\tau, \quad (8)$$

или

$$dq_m = \mu \cdot j^2 \cdot V_M,$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на валу винта, Н м;

ω_v – частота вращения винта, с;

μ – вязкость продукта, Па·с;

j – скорость сдвига, с⁻¹;

V_m – объем массы, м³;

Из уравнения энергетического баланса определяем мощность внешнего источника тепла, необходимого для нагрева массы до требуемой температуры в расчетном участке рабочего органа

$$N_H = \frac{q_H}{\tau} = m_{м\tau} \cdot \Delta h_p + m_{м\tau} \cdot \Delta h_T + \left(\frac{\lambda_{ц} \cdot F_{ц}}{l'_{ц}} + \frac{\lambda_{в} \cdot F_{в}}{l'_{в}} \right) \cdot (T_{ц} - T_{вз}) + \pi \cdot d_{нц} \cdot l_{ц} \cdot \left[\sigma_0 \cdot \varepsilon_n \cdot (T_{нпз}^4 - T_{вз}^4) \cdot \frac{1,34(T_{нпц} - T_{вз})^{1,25}}{d_{нн}^{0,25}} \right] - M_{кр} \cdot \omega_v, \quad \text{Вт} \quad (9)$$

где $\Delta h_p; \Delta h_T$ энтальпия массы при постоянном давлении и постоянной температуре, Дж/кг;

$m_{м\tau}$ – массовый расход материала, кг/с.

Согласно уравнению Ньютона для теплообмена между цилиндрической стенкой и материалом энергия теплообмена равна

$$dq_H = \alpha_{цм} \cdot F_{нпц} \cdot (T_{ц} - T_{мсп}), \quad (10)$$

где $\alpha_{цм}$ – коэффициент теплоотдачи от цилиндра к массе, Вт/м²·К;

$T_{мсп}$ – средняя температура массы, К.

Тогда из уравнений (9) и (10) получим среднюю температуру, которую должен иметь цилиндр, чтобы при заданной производительности масса нагрелась до температуры переработки

$$T_{ц} = \frac{m_{м\tau} \cdot \Delta h_p + m_{м\tau} \cdot \Delta h_T - M_{кр} \cdot \omega_v}{\alpha_{цм} \cdot F_{нпц}} + T_{мсп}. \quad (11)$$

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{цм}$, входящий в выражение (11), можно определить по уравнению Ньютона

$$\alpha_{цм} = \frac{q'_H}{F_{нпц} (T_{ц} - T_{мп})}, \quad (12)$$

где q'_H – количество теплоты, передаваемой массе стенкой, Дж/кг;

$T_{мп}$ – температура переработки массы, К.

Из уравнения (11) и (12) определим коэффициент теплоотдачи для отдельного участка при движении массы в винтовом рабочем органе.

$$\alpha_{цм} = \frac{m_{м\tau} \cdot \Delta h_p + m_{м\tau} \cdot \Delta h_T - M_{кр} \cdot \omega_v}{F_{нпц} (T_{ц} - T_{мп})}. \quad (13)$$

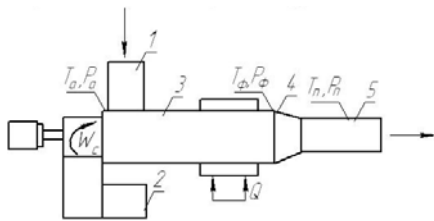


Рис.1.Схема энергетического и теплового баланса при установившемся процессе профилирования строительных деталей пресс-экструзией: 1-бункер; 2-привод; 3-винтовой пресс-экструдер с зоной пластификации; 4-формирующая головка; 5-профилирующая головка; 6-пневно- или гидроцилиндр для осевого перемещения вала штока.

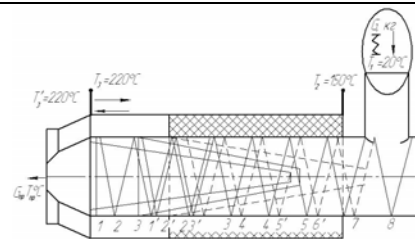


Рис.2. Схема регулируемого пресс-экструзионного процесса профилирования из композиционных материалов строительных деталей.

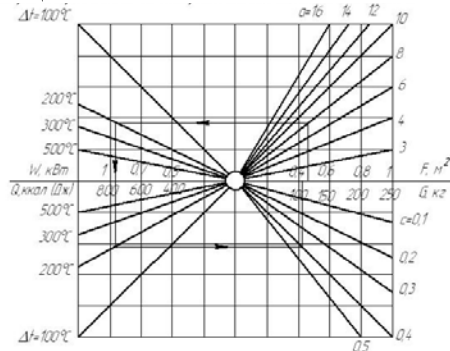


Рис.3. Номограмма для определения тепловых параметров пресс-экструдера профилирования строительных деталей.

Расчет позволяет установить основные параметры, необходимые для обеспечения требуемого теплового режима обработки.

Для изготовления профильных строительных изделий из композитных материалов и термопластических связующих путем гибкого процесса пресс-экструзии с применением винтового рабочего органа с регулируемыми параметрами согласно (рис 1.) и (рис.2) получена номограмма (рис.3.) для теплового расчета и подбора теплообменных устройств.

На номограмме (рис.3) отмечены следующие параметры

- G - производительность;
- W - мощность теплообменного устройства (нагревательных элементов);
- Q - количество теплоты на обработку;
- α - коэффициент лучеиспускания;
- F - площадь поверхности контакта теплообменного устройства с поверхностью пресс-экструдера;
- C - к.п.д. теплообменного устройства;
- Δt - разность температур начала и конца обработки

Расчеты и номограмма позволяют установить основные параметры, необходимые для обеспечения требуемого теплового режима, подобрать (рассчитать) теплообменные устройства, теплоизоляционные материалы.

По второму методу мощность каждого нагревателя определяется путем расчета мощности нагревательных элементов в зависимости от массы продукта обработки (ПО), поверхности головки экструдера (ГЭ) и от тепловых потерь в окружающую среду (ТПМ).

Изменение напряжение в сети во время работы пресс-экструдера приводит к перебоям в работе и вызывает образование дефектов в получаемых изделиях, в связи с чем рекомендуется расчетную величину мощности увеличивать на 15-20% для компенсации непредвиденных расходов тепла.

Продолжительность нагрева определится из соотношения тепла, необходимого для нагрева ГЭ, ТМП, и ПО, к теплу, выделяемому нагревательными приборами за единицу времени работы (1 час).

$$\tau = \frac{W \cdot n^{-1}}{W'_n} \cdot (\phi')^{-1}; \quad \tau = \frac{W_n}{W'_n \cdot \phi'} \quad (14)$$

где W_n – количество тепла, затрачиваемого на нагрев ГЭ, ТМП, ПО, Вт;
 W'_n – количество тепла, отдаваемого электронагревательными приборами в 1 ч, $W'_n=0,15...0,2$ кВт;
 ϕ' – поправочный коэффициент, $\phi'=1,8...2$

Если продолжительность нагрева сравнительно большая, то для сокращения расхода электроэнергии ее следует уменьшить некоторым увеличением мощности нагревателей.

Мощность нагревателя и количество выделяемого им тепла прямо пропорциональны сопротивлению проводника, в связи с чем подбору проводника необходимо уделять особое внимание.

Материал проводника должен обладать большим удельным сопротивлением, стойкостью к длительным воздействиям температуры и малым температурным коэффициентом. Свойства сплавов, наиболее часто применяемых в конструкциях нагревателей приведены в соответствующих справочниках

Количество тепла, передаваемого нагревательным прибором ГЭ, ТПМ, и ПО

$$W_n = \beta \cdot F_n \cdot \Delta t_{n2} \cdot \tau, \quad (15)$$

Δt_{n2} – разность температур поверхности нагревателя и ГЭ, К;

F_n – площадь поверхности нагревания, м²;

β – приведенный коэффициент теплоотдачи, равный сумме коэффициентов лучеиспускания и конвекции, $\beta = a_n + a_T$.

Коэффициент лучеиспускания

$$a_n = \frac{C_{1-2} \left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4}{T_n - T_m}, \quad (16)$$

где T_n – абсолютная температура поверхности нагревателя, К;

T_m – Абсолютная температура поверхности ГЭ, ТПМ и ПО, К;

C_{1-2} – приведенный коэффициент лучеиспускания,

$$C_{1-2} = \frac{C_0}{\frac{1}{A_n} + \frac{F_n}{F_m} \left(\frac{1}{A_m} - 1 \right)} \quad (17)$$

где $C_0 = 4,9$ – коэффициент лучеиспускания абсолютного черного тела, Дж/м² · ч · К⁴;

$A_n = 0,9$ – степень черноты поверхности нагревателя;

$A_m = 0,9$ – степень черноты ГЭ;

F_m – площадь поверхности контактирующей с металлической частью корпуса, обращенной к ГЭ или к опоре пресс-экструдера, м².

Площадь поверхности нагревателя

$$F_n = \frac{1}{\left\{ \frac{1}{W_n} \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] - \frac{1}{F_m} \left(\frac{1}{A_m} - 1 \right) \frac{1}{C_0} \right\} A_n \cdot C_0}, \quad \text{м}^2. \quad (18)$$

Диаметр проводника

$$d = 7,43 \sqrt[3]{\frac{F_n \cdot \rho \cdot W}{U^2}}, \quad \text{мм} \quad (19)$$

где ρ – удельное электросопротивление проводника, Ом м²/мм;

U – напряжение на концах проводника, Вт;

W – электрическая мощность нагревательного элемента (спирали), Вт;

Длина проводника одного нагревательного элемента

$$l = \frac{1000 \cdot F_n}{\pi \cdot d}, \quad \text{м}. \quad (20)$$

Проверочный расчет в рассматриваемых условиях осуществляет по формуле

$$T_n - T_m = \frac{0,860 \cdot U^2}{(a_n + a_T) F_n \cdot R}, \quad \text{К} \quad (21)$$

где сопротивление проводника, применяемого в нагревательных элементах,

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S_{np}}, \quad \text{Ом}, \quad (23)$$

где S_{np} – площадь поперечного сечения проводника, мм²;

l – длина проводника, м;

При разработке конструкции ГЭ и нагревательного прибора (НП) необходимо обеспечить однородное температурное поле с соблюдением выбранного температурного режима. Спирали и стержни рекомендуется располагать ближе к зоне нагрева. Минимальное расстояние от нагревателя до края ГЭ должно быть не менее 30мм. При уменьшении указанного расстояния КПД нагревателя несколько снижается.

Для снижения разности температур в частях ГЭ применяют изоляцию, которая уменьшает отдачу тепла в окружающую среду в местах соединения ГЭ с опорой или проводной ее частью. При применении изоляции температура на конце ГЭ повышается, а температура в ГЭ выравнивается. Нагреватели изолируют от ГЭ.

Выводы. Нагреватели должны быть жестко закреплены. При нагреве нагревательного прибора до 300°С и более в качестве изоляции возможно применять стекломиканит и асбестовый шнур. При более высокой температуре нагрева возможно использовать пластинчатую слюду, термоупорный миканит в виде шайб и втулок на жидком стекле. Токопроводящие медные стержни, которые состоят из 82 частей высокоглиноземистого шамота покрывают специально приготовленным составом

Рациональное использование энергосистемы пресс-экструдера согласно методике

теплотехнического расчета и энергетического баланса позволит обеспечить ресурсосбережение, экономия энергозатрат и оптимизировать необходимый технологический процесс.

Литература

1. Соколов Н. А. Литье в оболочковые формы. – М: Машиностроение, 1978. – 461с.
2. Карманов В. В. Теплотехнический расчет и энергетический баланс рабочего органа пресс-экструдера. Херсон, 1997.
3. Карманов В. В. Универсальные регулированные винтовые рабочие органы. Херсон: ХИИ, 1994 г. - 41 с.

Надійшла 21.9.2009 р.

УДК 621.382.2

А.О. СЕМЕНОВ, О.В. ОСАДЧУК, К.О. КОВАЛЬ
Вінницький національний технічний університет

КВАЗІЛІНІЙНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОМНОЖУВАЧА ЧАСТОТИ НА ОСНОВІ БІПОЛЯРНОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ

В роботі запропоновано квазілінійну математичну модель помножувача частоти аналогових сигналів на основі біполярної транзисторної структури з від'ємним опором. Квазілінійна математична модель побудована на основі степеневої апроксимації вольт-амперних характеристик біполярної транзисторної структури та квазілінійної схеми-заміщення у режимах подвоєння та потроєння частоти.

In this work it is proposed a quasi-linear mathematical model of an analog signal frequency multiplier on a base of bipolar transistor structure with negative resistance. The quasi-linear mathematical model is developed on a base of power approximation of U/I characteristics of the bipolar transistor structure and a quasi-linear substitution circuit in frequency doubling and tripling modes.

Ключові слова: помножувач частоти аналогових сигналів, квазілінійна математична модель.

Вступ

Помножувачами частоти є радіотехнічні пристрої для створення дискретної множини частот, які широко використовуються як функціональні вузли радіовимірвальних приладів, систем діагностування і автоматичного керування, пристроїв формування і оброблення радіосигналів тощо [1]. Перспективним напрямком побудови помножувачів частоти ВЧ і НВЧ діапазонів є використання реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором [2-5]. Проведені дослідження у роботах [2,3] показали, що помножувачі частоти на основі транзисторних структур з від'ємним опором (ТСВО) діапазонів ВЧ і НВЧ у порівнянні з помножувачами частоти на основі генераторів зовнішнього збудження мають покращенні техніко-експлуатаційні характеристики. Проте, в порівнянні з останніми, для помножувачів частоти на основі ТСВО немає узагальноної методики теоретичних досліджень. У статті частково вирішена ця актуальна наукова задача і запропонована квазілінійна математична модель помножувача частоти на основі біполярної ТСВО, яка може бути покладена за основу для аналізу фізичних процесів у помножувачах частоти аналогових сигналів інших типів ТСВО.

Метою даної роботи є розробка квазілінійної моделі помножувача частоти аналогових сигналів на основі біполярної транзисторної структури з від'ємним опором.

Розробка квазілінійної математичної моделі помножувача частоти на основі біполярної ТСВО

На рис. 1 представлено електричну схему помножувача частоти ВЧ аналогових сигналів на біполярній ТСВО (рис. 1,а) [5]. Фотографію помножувача частоти, який складається із біполярних транзисторів BFT92 і BFR93 та виготовлений по гібридній технології, подано на рис. 1,б.

Помножувач частоти структурно складається з емітерного повторювача на біполярному транзисторі VT1 і резисторів R_1 , R_2 і R_3 , біполярної ТСВО на основі транзисторів VT2 і VT3, а також послідовного коливального контуру з котушки L_1 та реактивної складової повного опору ТСВО на електродах колектор-емітер VT3. Помножувач частоти на основі біполярної ТСВО працює таким чином [5]. Сигнал з частотою ω_1 надходить на вхід емітерного повторювача на біполярному транзисторі VT1. Опори подільника напруги R_1 і R_2 , а також R_3 вибираються з умови розташування робочої точки на лінійній ділянці вихідних статичних ВАХ біполярного транзистора VT1 та забезпечення половини напруги живлення на емітері VT1. Емітерний повторювач використовується для узгодження опорів попереднього каскаду з біполярною транзисторною структурою, повний опір якої складається з від'ємного опору активної складової і реактивної складової емнісного характеру. Коливальний контур помножувача налаштований на резонансну частоту $\omega_p = p\omega_1$, що дозволяє виділити n -ту гармонічну складову з суми гармонічних сигналів. За рахунок компенсації від'ємним опором біполярної ТСВО у паралельному коливальному контурі рівень вихідного сигналу є набагато більшим за рівень відповідної n -ої складової, що можна характеризувати еквівалентним коефіцієнтом

резонансного підсилення по напрузі $K_{\text{рез}}$. Вибір положення робочої точки на статичній ВАХ біполярної ТСВО здійснюється за допомогою зміни опорів резисторів R_1 , R_2 і R_3 при умові роботи емітерного повторювача у лінійному режимі. Еквівалентна схема помножувача частоти представлена на рис. 2.

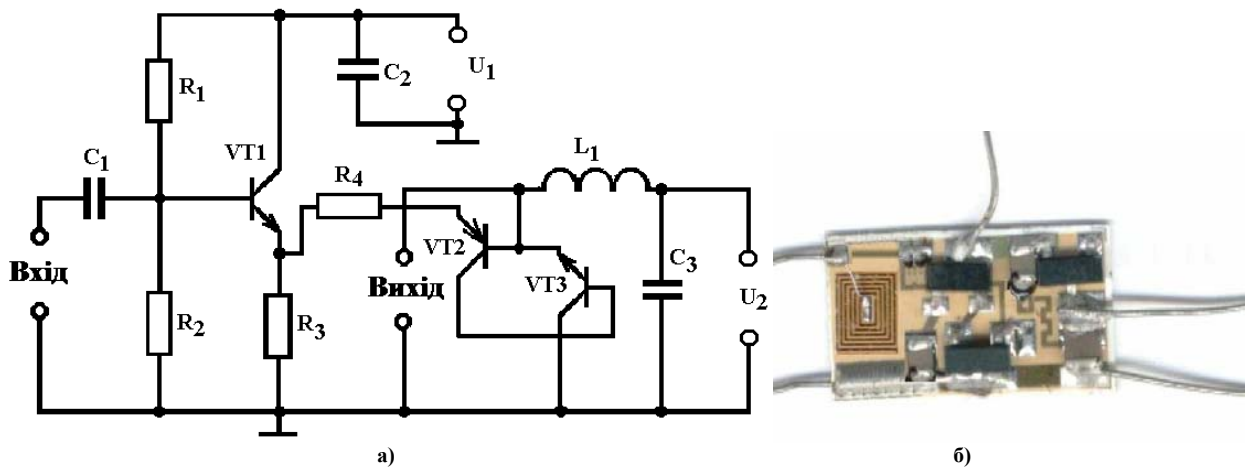


Рис. 1. Електрична схема помножувача частоти на біполярній транзисторній структурі з від'ємним опором

На рис. 2 прийняті такі позначення: БТСВО – нелінійний опір, що враховує нелінійні властивості біполярної транзисторної структури з від'ємним опором; E , R_i – параметри джерела сигналу, що створює струм з частотою ω_1 ; $L_{\text{екв}}$, $C_{\text{екв}}$, $g_{\text{екв}}$ – елементи коливного контуру, який налаштований на частоту $\omega_p = \omega\omega_1$.

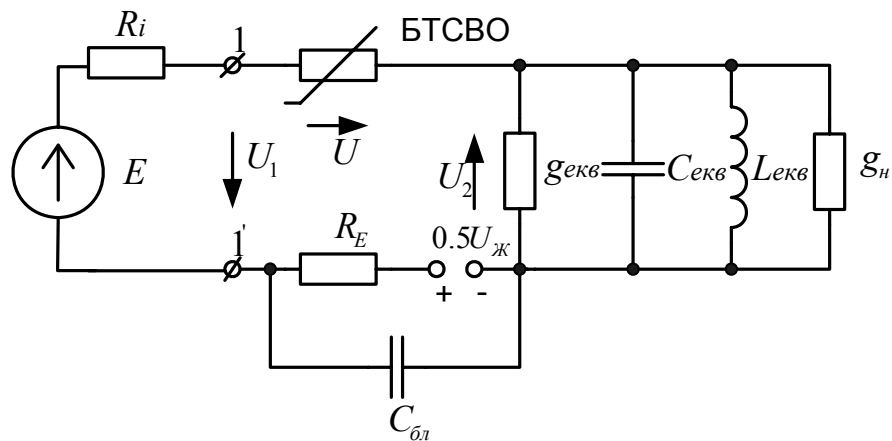


Рис. 2. Еквівалентна схема помножувачів частоти на основі транзисторних структур з від'ємним опором

Аналіз режимів роботи помножувача від зміни входньої частоти та режимів живлення потребує отримання аналітичних залежностей ВАХ, значення від'ємного опору, резонансного коефіцієнту передачі по напрузі транзисторної структури від вказаних вище параметрів, що складає квазілінійну математичну модель помножувача частоти, яка описує фізичні процеси, які відбуваються у помножувачі частоти.

Для апроксимації статичної ВАХ помножувача частоти на біполярній ТСВО використаємо запропонований в роботі [6] апроксимуючий степеневий поліном

$$i_T(u) = (I_S + gU_S - hU_S^3) - (g - 3hU_S^2)u - 3hU_S u^2 + hu^3, \quad (1)$$

де U_S, I_S – координати середини спадаючої ділянки вольт-амперної характеристики біполярної транзисторної структури з від'ємним опором; g, h – коефіцієнти апроксимації, які визначаються з геометричної форми статичної ВАХ ТСВО.

Графік апроксимованої статичної ВАХ помножувача частоти на біполярній транзисторній структурі з від'ємним опором представлено на рис. 3.

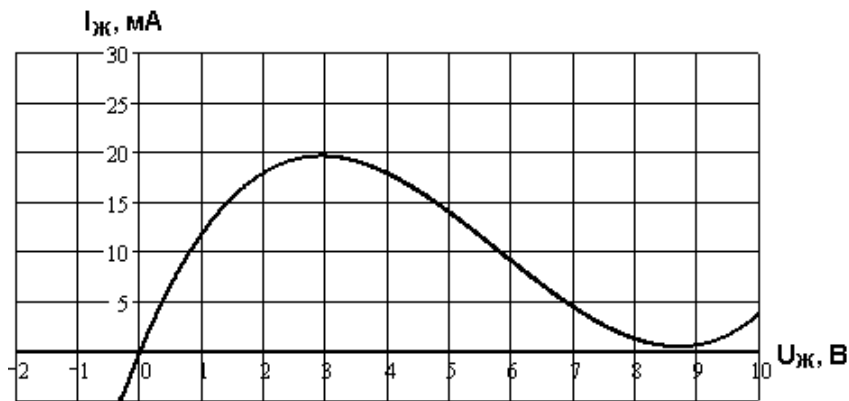


Рис. 3. Графік статичної ВАХ помножувача частоти на біполярній ТСВО, апроксимованої поліномом 3-го степеня

Величини I_S , U_S , g , і h рівняння апроксимації (1) ВАХ біполярної ТСВО визначаються з системи лінійних алгебраїчних рівнянь (2)- (5) за експериментально отриманими точками початку (U_{\max} , I_{\max}) і кінця (U_{\min} , I_{\min}) ділянки від'ємного опору [6]

$$U_{\max} = U_S - \sqrt{\frac{g}{3h}}, \quad (2)$$

$$U_{\min} = U_S + \sqrt{\frac{g}{3h}}, \quad (3)$$

$$I_{\max} = I_S + g\sqrt{\frac{g}{3h}} - h\left(\sqrt{\frac{g}{3h}}\right)^3, \quad (4)$$

$$I_{\min} = I_S - g\sqrt{\frac{g}{3h}} + h\left(\sqrt{\frac{g}{3h}}\right)^3. \quad (5)$$

Експериментальні дослідження показали, що такий помножувач ефективно працює в режимах подвоєння і потроєння частоти. При цьому, в режимі подвоєння робоча точка розташовується поблизу максимуму статичної ВАХ, а в режимі потроєння робоча точка розташовується на середині ділянки від'ємного опору

Режим подвоєння частоти

Для режиму подвоєння робоча точка розташовується поблизу максимуму статичної ВАХ біполярної ТСВО. В режимі подвоєння частоти амплітуди складових струму біполярної транзисторної структури з від'ємним опором з частотами ω_1 і $\omega_2 = 2\omega_1$ визначаються за допомогою методики [7], яка апробована у [2,3]

$$I_1 = (3hU_S^2 - g)U_1 - 3hU_SU_1U_2, \quad (6)$$

$$I_2 = (3hU_S^2 - g)U_2 - \frac{3}{2}hU_SU_1^2. \quad (7)$$

На підставі еквівалентної схеми на рис. 2 можна записати рівняння амплітуди напруги другої гармонічної складової

$$U_2 = -\frac{I_2}{g_n + g_{екв}} = \frac{3}{2} \frac{hU_SU_1^2}{3hU_S^2 - g + g_n + g_{екв}}. \quad (8)$$

Роботу помножувача частоти на ділянці від'ємного опору, на якій спостерігається часткова компенсація активних втрат (регенеративний підсилювач), можна характеризувати резонансним коефіцієнтом підсилення, величина якого визначається з рівняння

$$K_{ном} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{3}{2} \frac{hU_SU_1}{3hU_S^2 - g + g_n + g_{екв}}. \quad (9)$$

Вхідна провідність еквівалентної схеми на рис. 2 праворуч точок 1-1' визначається як

$$g_{вх} = \frac{I_1}{U_1} = 3hU_S^2 - g - 3hU_SU_2 = 3hU_S^2 - g - \frac{9}{2} \frac{h^2U_S^2U_1^2}{3hU_S^2 - g + g_n + g_{екв}}. \quad (10)$$

Резонансний коефіцієнт передачі по напрузі вхідного кола помножувача (рис. 2)

$$K_{ex} = \frac{g_c}{g_c + g_{ex}} = \frac{g_c}{g_c + 3hU_S^2 - g - \frac{9}{2} \frac{h^2 U_S^2 U_1^2}{3hU_S^2 - g + g_y + g_{екв}}}. \quad (11)$$

Умови стійкої роботи помножувача частоти визначаються співвідношеннями

$$\begin{aligned} 3hU_S^2 - g + g_H + g_{екв} &\geq 0, \\ g_c + 3hU_S^2 - g - \frac{9}{2} \frac{h^2 U_S^2 U_1^2}{3hU_S^2 - g + g_H + g_{екв}} &\geq 0, \\ g_c &\geq 3hU_S^2 - g. \end{aligned} \quad (12)$$

Режим потроєння частоти

У режимі потроєння частоти робоча точка вибирається посередині спадаючої ділянки статичної ВАХ біполярної транзисторної структури з від'ємним опором. Визначимо амплітуди складових струму транзисторного аналогу лямбда-діода з частотами ω_1 і $\omega_3 = 3\omega_1$

$$I_1 = (3hU_S^2 - g)U_1 + \frac{3}{4}hU_1(U_1^2 + U_1U_3 + 2U_3^2) \approx (3hU_S^2 - g)U_1 + \frac{3}{4}hU_1^2(U_1 + U_3), \quad (13)$$

$$I_3 = (3hU_S^2 - g)U_3 + \frac{1}{4}h(U_1^3 + 6U_1^2U_3 + 3U_3^3) \approx (3hU_S^2 - g)U_3 + \frac{1}{4}h(U_1 + 6U_3)U_1^2. \quad (14)$$

Враховуючи, що $U_3 = -\frac{I_3}{g_H + g_{екв}}$, зі співвідношення (14) можна отримати

$$U_3 = -\frac{hU_1^3}{2\left[3hU_1^2 + 2(3hU_S^2 - g + g_{екв} + g_H)\right]}. \quad (15)$$

Резонансний коефіцієнт передачі помножувальної частини пристрою праворуч клем 1-1' на рис. 2.

$$K_{ном} = \frac{U_3}{U_1} = -\frac{hU_1^2}{2\left[3hU_1^2 + 2(3hU_S^2 - g + g_{екв} + g_H)\right]}. \quad (16)$$

Вхідна провідність частини схеми праворуч точок 1-1' (рис. 2)

$$g_{ex} = \frac{I_1}{U_1} = 3hU_S^2 - g + \frac{3}{4}hU_1(U_1 + U_3). \quad (17)$$

Умови стійкості помножувача частоти у режимі потроєння, як і в режимі подвоєння частоти визначаються співвідношеннями (12).

Дослідження стабільності характеристик помножувача частоти на основі БТСВО

Стабільність параметрів помножувачів частоти на основі біполярної ТСВО визначаються сталістю напруги джерела живлення і температури оточуючого середовища. У загальному випадку приріст довільного параметра N помножувача частоти на основі біполярної ТСВО можна записати у вигляді [7]

$$dN = \frac{\partial N}{\partial U_{Ж}} dU_{Ж} + \frac{\partial N}{\partial T} dT. \quad (18)$$

Параметр N має складну залежність від $U_{Ж}$ і T . Зміна цих величин призводить до зміни параметрів G_0 , G_K , C_0 і C_K еквівалентної схеми біполярної ТСВО [7]

$$\frac{\partial N}{\partial U_{Ж}} = \frac{\partial N}{\partial G_0} \frac{\partial G_0}{\partial U_{Ж}} + \frac{\partial N}{\partial G_K} \frac{\partial G_K}{\partial U_{Ж}} + \frac{\partial N}{\partial C_0} \frac{\partial C_0}{\partial U_{Ж}} + \frac{\partial N}{\partial C_K} \frac{\partial C_K}{\partial U_{Ж}}, \quad (19)$$

$$\frac{\partial N}{\partial T} = \frac{\partial N}{\partial G_0} \frac{\partial G_0}{\partial T} + \frac{\partial N}{\partial G_K} \frac{\partial G_K}{\partial T} + \frac{\partial N}{\partial C_0} \frac{\partial C_0}{\partial T} + \frac{\partial N}{\partial C_K} \frac{\partial C_K}{\partial T}. \quad (20)$$

При розрахунку нестабільності помножувача частоти на основі біполярної ТСВО необхідно врахувати вплив нестабільності напруги джерела живлення і температури на середнє значення провідності G_0 і диференційної провідності G_K k -ї гармоніки за допомогою рівняння (3) з врахуванням (1), (2), (5)- (8). Дослідження впливу напруги живлення і температури на C_0 і C_K можна здійснити за допомогою результатів експериментальних досліджень [8].

Висновки

В роботі запропоновано квазілінійну модель помножувача частоти аналогових сигналів на основі біполярної транзисторної структури з від'ємним опором. На основі запропонованої степеневі апроксимації

статичних характеристик біполярної транзисторної структури і розробленої еквівалентної схеми отримано аналітичні співвідношення для визначення параметрів помножувача в режимах подвоєння і потроєння частоти. Результати теоретичних досліджень придатні для застосування при дослідженні помножувача частоти на біполярній ТСВО у широкому діапазоні частот. Розроблену квазілінійну математичну модель помножувача частоти можна поширити для аналізу помножувачів частоти на інших видах транзисторних структур з від'ємним опором.

Література

1. Дорожовець М. Основи метрології та вимірювальної техніки. / Дорожовець М., Мотало В., Стадник Б., та ін.: у двох томах. – Львів: 2005. – 656 с.
2. Семенов А.О. НВЧ помножувач частоти на основі транзисторної структури з від'ємним опором / Семенов А.О., Осадчук О.В., Коваль К.О // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький. – 2008. – № 1 (29). – С. 48-52.
3. Семенов А.О. Помножувач частоти на основі польової транзисторної структури з від'ємним опором / Семенов А.О., Осадчук О.В., Коваль К.О // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – Хмельницький. – 2008. – № 3. – Т.1. – С. 139– 144.
4. Патент на корисну модель № 38506 по класу Н03В19/00. Електрично-керований помножувач частоти / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, А.О. Семенов, К.О. Коваль. – Реєстр. номер заявки u 2008 10040. Дата подання 04.08.2008 р.; опубл. 12.01.2009. – Бюл. № 1. – 5 с.
5. Патент на корисну модель № 38347 по класу Н03В19/00. Мікроелектронний електрично керований помножувач частоти / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, А.О. Семенов, К.О. Коваль. – Реєстр. номер заявки u 2008 12443. Заявл. 23.10.2008.; Опубл. 12.01.2009. – Бюл. № 1. – 5 с.
6. Семенов А.О. Узагальнене диференційне рівняння ГЕК на основі ТСВО / А. О. Семенов // Матеріали другої Міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування” (СПРТП-2007). – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – С.77-78.
7. Акчурина Э.А., Рудь В.В., Спирина В.Я. Туннельные диоды в технике связи. – М.: Связь, 1971. – 136 с.
8. Семенов А.О. Електрично керована еквівалентна ємність на основі транзисторної структури з від'ємним опором / Семенов А.О., Осадчук О.В., Коваль К.О // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2008. – Вип. 1 (25). – С. 159-164.

Надійшла 12.9.2009 р.

УДК 371.3

Н.Р. КОНДРАТЕНКО, Т.І. ТРОЯНОВСЬКА, Ю.Я. СЛОБОДЯНЮК

Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПРИЙНЯТТЯ СТУДЕНТАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ НАВЧАННЯ НА БАЗІ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Дана робота присвячена дослідженню сприйняття студентами навчального матеріалу дистанційного курсу навчання на базі кластерного аналізу. В результаті проведеного експерименту було виявлено, що подача навчального матеріалу в запропонованій адаптивній системі дистанційного навчання є більш ефективною, що показує збільшення кластеру встигаючих студентів у порівнянні з традиційним підходом.

The given work is devoted to research of perception teaching material features by remote course students on cluster analysis base. As a result of experiment was revealed that teaching material giving in the offered adaptive system of remote training is more effective in comparison with the traditional approach. The proof is the increase of good students cluster.

Ключові слова: дистанційне навчання, кластерний аналіз.

Вступ

Сьогодні, коли людина цінує свій час і прагне навчатися протягом усього життя, дистанційне навчання (ДН) стає не тільки інструментом підвищення кваліфікацій, а й набуття нових спеціалізованих знань. Тому доцільним є постійно підвищувати якість дистанційних курсів навчання (ДКН), тим більше, що висока конкуренція та попит на подібні системи постійно росте.

В загальному випадку, більшість систем дистанційного навчання (СДН) спрямовані на подачу навчального матеріалу (НМ) студентам ДКН по заздалегідь визначеному принципу без урахування індивідуального підходу. Актуальним є провести аналіз сприйняття НМ студентами ДКН, які відрізняються системами індивідуального підходу на базі кластерного аналізу.

Поставимо задачу проаналізувати особливості сприйняття НМ ДКН на базі кластерного аналізу. Для розв'язання поставленої задачі запропонуємо моделі кластерного аналізу.

Індивідуальний підхід при подачі НМ в сучасних СДН

Виділяють такі типи СДН: статичні, динамічні та адаптивні. Статичні системи будуються на основі традиційної компоновки теоретичних та практичних елементів, які відповідають компоновці звичайного підручника, з повністю детермінованим єдиним шляхом навчання, і результатом навчання за допомогою таких систем є середній кваліфікаційний рівень [1]. Динамічні СДН будуються на основі нелінійної компоновки теоретичних та практичних елементів, які утворюють кілька недетермінованих шляхів навчання, кожен з яких відповідає певному кваліфікаційному рівню [2]. Адаптивні СДН (АСДН) аналогічні динамічним, однак за рахунок наявності зворотного зв'язку між студентом та системою навчання, здатні адаптуватись до особливостей окремо взятого студента [3].

У загальному випадку, АСДН засновуються на декількох принципах:

- Принцип персоналізації. Реалізація цього принципу обумовлює, що кожен актор (користувач) системи повинен бути певним чином описаний в системі та однозначно ідентифікований. Це, в свою чергу дозволяє викладачу, наприклад, збирати інформацію про перебіг навчання студента [4], і оперативно коригувати його [3].

- Принцип варіативності. Система повинна забезпечувати кілька різних варіантів одного і того самого курсу навчання [5]. Це може і не передбачати розробку варіантів курсу, але у будь-якому випадку передбачає початкове тестування, яке дозволяє визначити схильності, рівень навичок або інші психофізіологічні параметри студента. Це дозволить підібрати студенту курс, розрахований на відповідну аудиторію, або кваліфікацію.

- Принцип самовдосконалення. В системі повинен бути присутнім елемент досвіду. Наприклад, система повинна запам'ятовувати проміжні результати тестування, і відповідно ним автоматично коригувати процес подальшого оцінювання студента [5].

- Принцип творчої складової. Система повинна дозволити студенту впливати на планування власного навчання, а також надавати альтернативні варіанти опанування тієї чи іншої інформації.

- Принцип неповної інформації. В адаптивних системах матеріал повинен подаватись як окремі тези (поняття), які можуть бути конкретизовані за допомогою переходу на додаткові вузли системи, формуючи таким чином шлях індивідуального навчання студента [6].

Індивідуальний підхід і його вихідні параметри

Для забезпечення індивідуального підходу до кожного студента в даній АСДН пропонується ввести принцип непрямого оцінювання. Непряма оцінка – оцінка, що в академічному навчанні ставиться викладачем інтуїтивно зважаючи на старанність студента та самостійну роботу [7].

Частіше за все непряме оцінювання зводиться до константації самого факту зняття замірів, проте не впливає на оцінку студента ДКН. Характерним прикладом є обмеження в часі під час здачі тесту, або доступності тесту в часі. Яскравим представником такого такого підходу є СДН Міжнародна Академія Cisco (www.cisco.net).

У традиційному навчанні викладач, читаючи курс, завжди занурюється в навчальне середовище. Інтуїтивні або непрямі оцінки (НО), які він робить упродовж роботи, допомагають йому корегувати процес навчання в реальному часі. ДН такого не дозволяє, тому навчальне середовище для нього необхідно створити штучно, за допомогою технологічних засобів.

Для цього пропонується застосування НО з метою вирішити задачу максимального наближення так званого «кібернетичного відчуття» викладача ДФН до реального. Маючи такі технічні засоби (які, між іншим, цілком застосовні і в академічній формі) викладач фактично за допомогою комп'ютера розширює спектр своїх почуттів, тобто глибше занурюється в навчальне середовище.

НО в ДФН можуть стати механізмом неявних спостережень за студентом, причому, результати таких спостережень – НО – впливатимуть на кінцевий результат оцінювання – на прямі оцінки (ПО). Крім того, аналіз НО дозволить розробляти та застосовувати адаптивні підходи до процесу навчання студента ДФН.

В даній АСДН пропонується виконувати НО на основі наступних факторів:

1. Шлях проходження студентом дистанційного курсу (*множина*):

базова основа курсу, достатня для успішної здачі тесту;

розширена версія курсу – коли студент працює з додатково запропонованими посиланнями або працює зі спорідненими курсами.

2. Швидкість опрацювання НМ (розраховується індивідуально для кожного студента) (*числова оцінка*).

3. Швидкість здачі тесту (індивідуально для кожного студента) (*числова оцінка*).

Математична модель НО записується у вигляді матриці значень непрямих оцінок – векторів значень НО для кожного студента:

$$f_{HO} = \begin{bmatrix} S(t_{\text{ем}}^1)_{\text{тесту}}^1, S(t_{\text{ем}}^2)_{\text{тесту}}^2, S(t_{\text{ем}}^3)_{\text{тесту}}^3, \dots, S(t_{\text{ем}}^k)_{\text{тесту}}^k \\ S(t_{\text{мєстун}}^1)_{\text{тесту}}^2, S(t_{\text{мєстун}}^2)_{\text{тесту}}^2, S(t_{\text{мєстун}}^3)_{\text{тесту}}^2, \dots, S(t_{\text{мєстун}}^k)_{\text{тесту}}^2 \\ S(t_{\text{ем}}^1)_{\text{тесту}}^3, S(t_{\text{ем}}^2)_{\text{тесту}}^3, S(t_{\text{ем}}^3)_{\text{тесту}}^3, \dots, S(t_{\text{ем}}^k)_{\text{тесту}}^3 \\ S(t_{\text{мєстун}}^1)_{\text{тесту}}^4, S(t_{\text{мєстун}}^2)_{\text{тесту}}^4, S(t_{\text{мєстун}}^3)_{\text{тесту}}^4, \dots, S(t_{\text{мєстун}}^k)_{\text{тесту}}^4 \\ W_1^5, W_2^5, W_3^5, \dots, W_k^5 \end{bmatrix},$$

де $t_{\text{тєстун}}$ та $t_{\text{мєстун}}$ відповідно – швидкість прочитання текстового матеріалу та швидкість складання тестового завдання, параметри яких розраховуються індивідуально для кожного студента на

основі відповідно його $t_{\text{ем}}^{\text{тєстун}}$ та $t_{\text{ем}}^{\text{мєстун}}$.

НО впливає на пряму оцінку опосередковано та дозволяє АСДН без участі викладача ставити максимально наближені до реальних умов оцінки.

Застосування кластерного аналізу для аналізу особливостей сприйняття НМ ДКН

Термін «кластерний аналіз» верше був введений Тріоном в 1939 році і в дійсності включає в себе більше 100 різних алгоритмів класифікації. За допомогою кластеризації можна аналізувати показники різних типів даних.

Кластерний аналіз – це спосіб групування багатомірних об'єктів, що базований на представленні результатів окремих спостережень точками відповідного геометричного простору з подальшим виділенням груп як «згустків» цих точок. «Кластер» (з англійської мови «Cluster») перекладається як «згусток», «скупчення (зірок)» і т.д..

Як науковий напрямок кластерний аналіз почав розвиватись ще в середині 60-х років і з тих пір активно розвивається, являючись однією із гілок найбільш інтенсивного росту статистичної науки. Перевагою даного методу є те, що він може працювати навіть тоді, коли даних мало і не виконуються вимоги класичних методів статистичного аналізу.

Основною метою кластерного аналізу є виділення у вихідних багатомірних даних таких однорідних підмножин, щоб об'єкти всередині груп були схожі, а об'єкти з різних груп – не схожі [8].

Методи кластерного аналізу можна розділити на дві групи:

- ієрархічні;
- неієрархічні.

Кожна з цих груп містить багато підходів та алгоритмів. Використовуючи різні методи кластерного аналізу, аналітик може отримати різні результати для тих самих даних. Це вважається нормальним явищем.

Не дивлячись на відмінності в цілях, типах даних і застосованих методах, всі дослідження, що використовують кластерний аналіз, проходять наступні п'ять основних кроків [9]:

1) відбір вибірки для кластеризації;

- 2) визначення множини ознак, по яким оцінюватимуться об'єкти у вибірці;
- 3) обчислення значень тієї або іншої міри подібності (близькості);
- 4) використання методу кластерного аналізу для створення груп схожих об'єктів;
- 5) перевірка достовірності результатів кластерного рішення.

Розглянемо більш детально ієрархічні методи, а саме агломеративний метод кластерного аналізу (рис. 1).

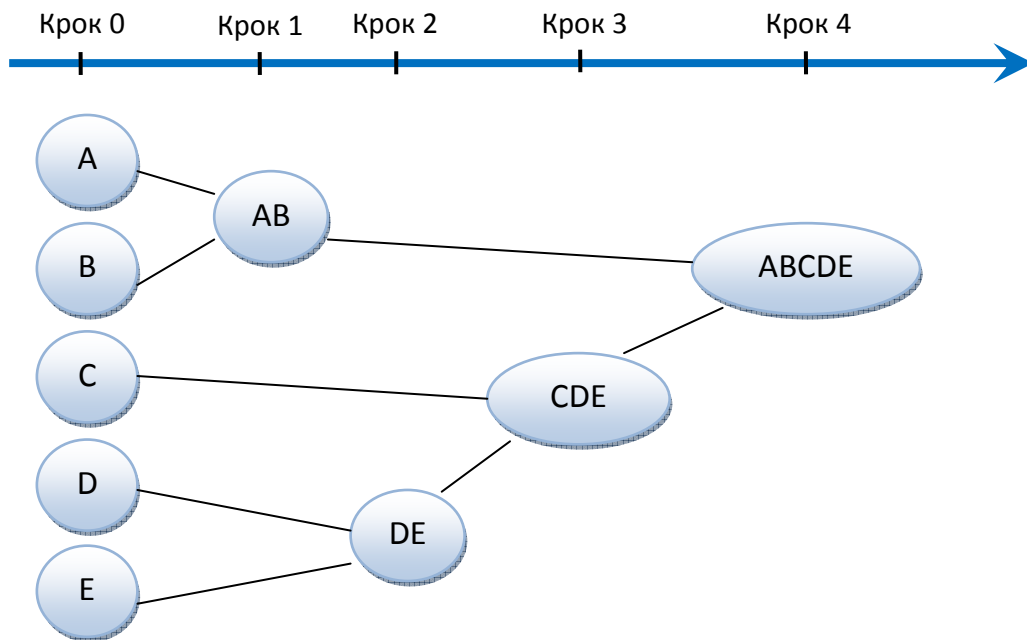


Рис. 1. Схема агломеративного методу кластерного аналізу

Прикладом агломеративної кластеризації є дерево ієрархічної структури або дендрограма (з грец. dendron – дерево), яка відображує процес агломерації, злиття окремих спостережень в єдиний кінцевий кластер. Дендрограма показує степінь близькості окремих об'єктів кластера, а також наглядно демонструє в графічному вигляді послідовність їх об'єднання.

Алгоритм створення дендрограми:

1. Спочатку кожен об'єкт вважається окремим кластером.
2. Визначається матриця відстаней між об'єктами (найбільш поширений спосіб визначення відстаней – евклідова відстань).
3. Об'єднуються два ближчих об'єкти, які створюють новий кластер.
4. Визначаються відстані від цього кластера до всіх інших об'єктів, і розмірність матриці відстаней скорочується на 1.
5. Процедура повторюється доки усі об'єкти не об'єднуються в один кластер

Кластерний аналіз дозволяє обраховувати різні типи відстаней (евклідова відстань, манхетенська, Чебишева і т.д.).

Евклідова відстань – це найбільш загальний тип відстаней, вона являється просто геометричною відстанню в багатомірному просторі і вираховується наступним чином [8]:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2}.$$

Кластерний аналіз проводився на експериментальних даних, що були зібрані в результаті тестування студентів. Тести студентам пропонувались після проходження частини курсу «Дискретна математика», причому курс розроблявся в запропонованій АСДН з використанням принципів непрямого оцінювання, тобто, з використанням елементів індивідуального підходу до сприйняття НМ студентами ДКН. Суть експерименту полягає у припущенні, що збільшиться кластер встигаючих студентів (відмінників та хорошистів) в порівнянні з результатами тестування студентів, що навчалися та здавали тести в інших СДН.

Провівши нормування даних (яке необхідне, коли ознаки об'єкта виміряні в різних одиницях виміру

$n = \frac{x}{x_{\max}}$) та обрахунок міри близькості між об'єктами на основі евклідової метрики, було отримано

матриці відстаней, одна з них наведена на рис. 2.

	Euclidean distances (Spreadsheet3)																		
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_10	C_11	C_12	C_13	C_14	C_15	C_16	C_17	C_18	C_19
C_1	0,00	0,03	1,21	1,23	0,57	0,57	0,57	0,59	1,03	1,03	1,27	1,27	0,91	0,93	0,97	1,00	0,75	0,69	0,71
C_2	0,03	0,00	1,19	1,21	0,57	0,57	0,57	0,59	1,02	1,03	1,27	1,26	0,91	0,93	0,97	0,99	0,74	0,68	0,69
C_3	1,21	1,19	0,00	0,07	1,15	1,13	1,11	1,12	0,81	0,77	1,29	1,27	0,99	0,93	0,89	0,89	1,05	1,08	1,03
C_4	1,23	1,21	0,07	0,00	1,16	1,15	1,12	1,13	0,80	0,76	1,30	1,28	1,01	0,95	0,88	0,87	1,05	1,08	1,04
C_5	0,57	0,57	1,15	1,16	0,00	0,03	0,05	0,09	0,64	0,65	0,72	0,72	0,51	0,52	0,62	0,65	0,54	0,46	0,49
C_6	0,57	0,57	1,13	1,15	0,03	0,00	0,05	0,06	0,63	0,63	0,72	0,72	0,51	0,51	0,59	0,63	0,51	0,44	0,48
C_7	0,57	0,57	1,11	1,12	0,05	0,05	0,00	0,08	0,62	0,63	0,72	0,71	0,50	0,51	0,60	0,63	0,50	0,43	0,45
C_8	0,59	0,59	1,12	1,13	0,09	0,06	0,08	0,00	0,60	0,61	0,71	0,71	0,52	0,51	0,54	0,58	0,48	0,40	0,45
C_9	1,03	1,02	0,81	0,80	0,64	0,63	0,62	0,60	0,00	0,06	0,57	0,58	0,39	0,27	0,32	0,34	0,76	0,75	0,77
C_10	1,03	1,03	0,77	0,76	0,65	0,63	0,63	0,61	0,06	0,00	0,58	0,58	0,39	0,28	0,34	0,36	0,75	0,75	0,76
C_11	1,27	1,27	1,29	1,30	0,72	0,72	0,72	0,71	0,57	0,58	0,00	0,09	0,52	0,50	0,70	0,72	0,97	0,94	0,96
C_12	1,27	1,26	1,27	1,28	0,72	0,72	0,71	0,71	0,58	0,58	0,09	0,00	0,51	0,50	0,73	0,76	0,97	0,94	0,95
C_13	0,91	0,91	0,99	1,01	0,51	0,51	0,50	0,52	0,39	0,39	0,52	0,51	0,00	0,12	0,62	0,66	0,88	0,84	0,85
C_14	0,93	0,93	0,93	0,95	0,52	0,51	0,51	0,51	0,27	0,28	0,50	0,50	0,12	0,00	0,51	0,54	0,83	0,79	0,81
C_15	0,97	0,97	0,89	0,88	0,62	0,59	0,60	0,54	0,32	0,34	0,70	0,73	0,62	0,51	0,00	0,04	0,55	0,56	0,60
C_16	1,00	0,99	0,89	0,87	0,65	0,63	0,63	0,58	0,34	0,36	0,72	0,76	0,66	0,54	0,04	0,00	0,55	0,58	0,61
C_17	0,75	0,74	1,05	1,05	0,54	0,51	0,50	0,48	0,76	0,75	0,97	0,97	0,88	0,83	0,55	0,55	0,00	0,09	0,11
C_18	0,69	0,68	1,08	1,08	0,46	0,44	0,43	0,40	0,75	0,75	0,94	0,94	0,84	0,79	0,56	0,58	0,09	0,00	0,10
C_19	0,71	0,69	1,03	1,04	0,49	0,48	0,45	0,45	0,77	0,76	0,96	0,95	0,85	0,81	0,60	0,61	0,11	0,10	0,00

Рис. 2. Матриця евклідових відстаней за результатами тестування засобами запропонованої АСДН

По матриці відстаней будуюмо дендрограми, по кожному із тестувань.

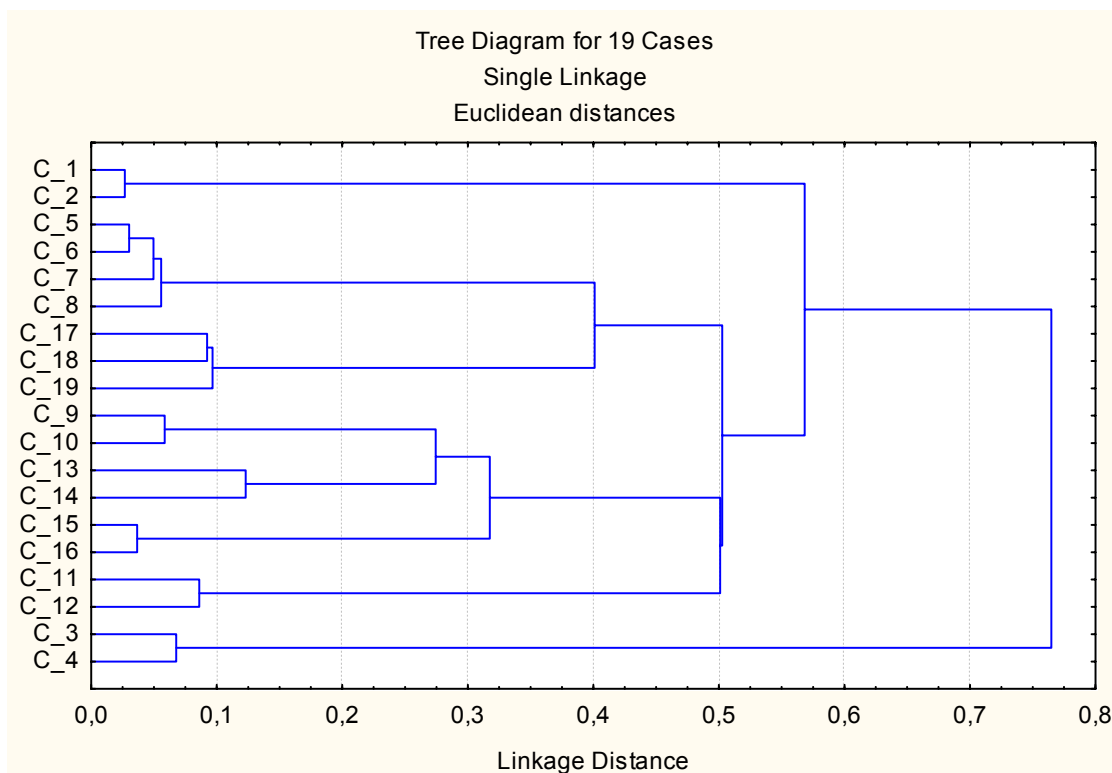


Рис. 3. Дендрограма розподілу студентів на кластери за результатами тестування засобами запропонованої АСДН

Експериментальні дослідження показують, що створюються кластери студентів за рівнем успішності по результатам задачі тесту. На рисунку 3 можна виділити кластер успішних студентів C_1-C_12, та кластер неуспішних – C_3 – C_4 по тестуванню засобами СДН з індивідуальним підходом, а на рисунку 4 – кластери успішних студентів C_1 – C_16, неуспішних – C_3, C_4, C_8, C_9 по тестуванню засобами традиційних СДН. Отримані дендрограми демонструють тенденцію збільшення кількості студентів, що успішно пройшли тест в умовах використання СДН з індивідуальним підходом.

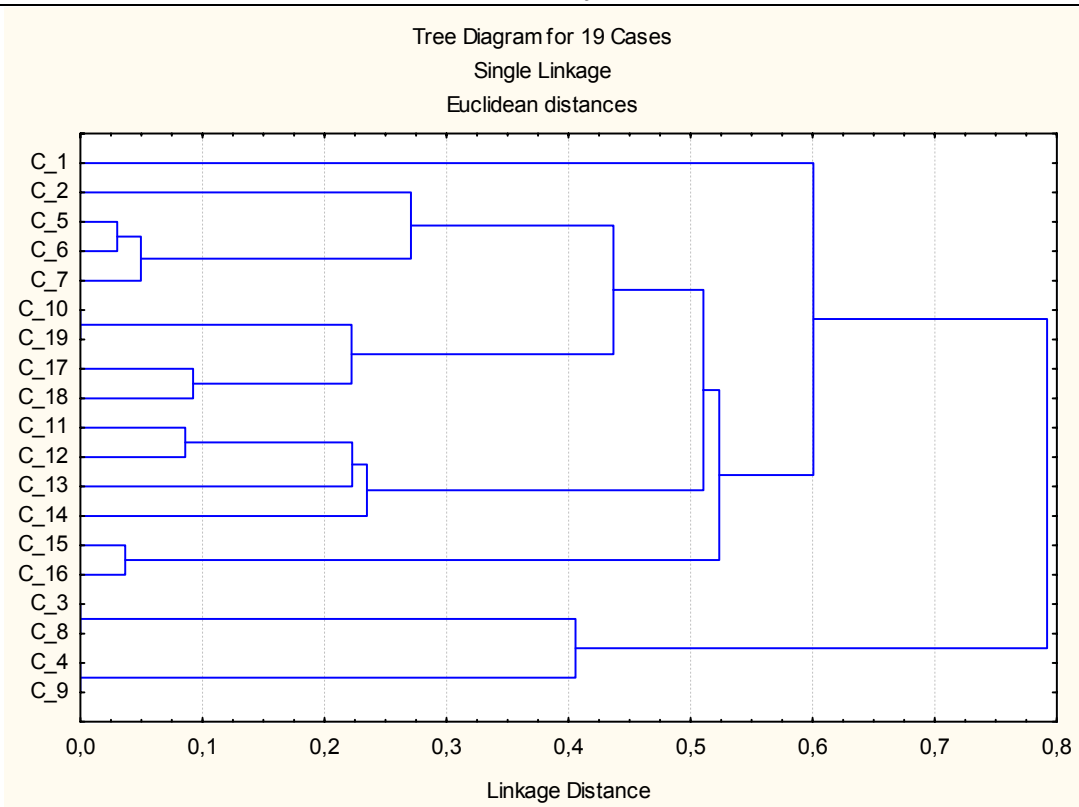


Рис. 4. Дендрограма розподілу студентів на кластери по результатам тестування засобами традиційних СДН

Висновки

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що подача НМ в запропонованій АСДН є ефективнішою, оскільки аналізує особливості сприйняття НМ студентами ДКН, що показало збільшення кластерів встигаючих студентів в порівнянні з традиційною подачею НМ.

Література

1. Зайцева Л. В., Попко В. Н. Разработка и использование электронных учебников // *Educational Technology & Society*. – 2006. – № 9 (1). – С. 411-421.
2. Нарожный А. В., Яковенко А. Е. Программно-инструментальные средства для системы принятия решений в условиях дистанционного обучения // *Труды Одесского политехнического университета. Спецвыпуск 2006*. С. 145-149.
3. Zamikhnovsky L., Savyuk L. Creation of adaptive distance learning systems for students of technical specialities // *Information Nechnologies in Education fof All*. – 21-23 November. – Kyiv. – 2007. – P. 435-442.
4. Артеменко В.Б. Моделивання взаємодії учасників е-навчання на засадах агент-орієнтованого підходу // *Збірник праць другої міжнародної конференції «Нові інформаційні технології в освіті для всіх: стан та перспективи розвитку»*, 21-23 листопада. – К., 2007. – С. 422-428.
5. Гогунский В.Д. Анализ внедрения адаптивной обучающей программы на основе нечеткой логики // *Труды Одесского политехнического университета № 2 (28)*. – 2007. – С. 127-128.
6. Кемберда И. Н., Мокров А. В., Сокол В. В., Хохлов А. А. Выбор альтернатив учебных курсов для построения индивидуальной траектории обучения в информационном пространстве Semantic WEB // *Вестник ХНТУ № 24*. – 2006. – С. 467-472.
7. Гороховський О.І., Трояновська Т.І., Кисюк Д.В. Автоматизація роботи викладача дистанційної форми навчання за допомогою непрямих оцінок // *«Наукові дослідження – теорія та експеримент 2007»*, Полтава, 14-16 травня, 2007. Полтава, «Інтерграфіка» 2007. – С. 127-131
8. Мандель І.Д. Кластерний аналіз. – М.: Фінанси і статистика, 1988. – 176с. – ISBN 5-279-00050-7
9. Дюран Б., Одел П. Кластерний аналіз. – М.: Статистика, 1977. – 129 с.

Надійшла 29.9.2009 р.

ПОДІБНІСТЬ ДВІЙКОВОЇ ТА ДЕСЯТКОВОЇ СИСТЕМ ЧИСЛЕННЯ В ОЗНАЙОМЛЕННІ З ОСНОВАМИ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

В статті розглядається система аналогій між двійковою та десятковою системами числення, що дозволяють при ознайомленні з основами електронно-обчислювальної техніки спростити сприйняття та засвоєння принципів утворення двійкових чисел і правил переведення чисел між зазначеними системами числення.

In the article is considered the analogies between binary and decimal system of calculation, that allow at the acquaintance with bases of PC to simplify perception and mastering of formation principles of binary numbers and rules of translation of numbers between the noted calculation systems.

Ключові слова: двійкова та десяткова системи числення, електронно-обчислювальна техніка.

Вступ

Для опису кількісної інформації людьми здавна використовуються числа. Числа стали настільки звичними для нас, що ми навіть не замислюємось над законами, що використовуються для їх представлення і обробки, а також над суттєвими для формулювання цих законів поняттями та визначеннями.

При вивченні основ електронно-обчислювальної техніки першочергово йде ознайомлення з двійковою системою числення як з базовим поняттям для розуміння процесів, що відбуваються в сучасних цифрових електронно-обчислювальних пристроях [1, 2]. Цей матеріал, як правило, розглядається з точки зору наявності певних законів, властивих двійковій системі числення, засвоївши які на рівні аксіом людина повинна в подальшому навчитися легко оперувати з двійковими числами та виконувати операції переведення чисел між двійковою та десятковою системами числення. Тобто фактично виконується спроба навчити людину рахувати в двійковій системі і виконувати задані операції на рівні дошкільної підготовки. Як показує практика викладання, зазначений підхід виявляється не дуже ефективним для людей старшого віку (зокрема, для студентів). Руйнування стереотипів мислення, що сформувалися роками роботи з десятковою системою числення, зумовлює підсвідомий спротив розумінню нового матеріалу.

Постановка задачі

Хоча двійкова система числення і виявилась новою і незвичною для людини, не слід відноситись до неї як до чогось незвичайного і надоригінального – двійкова система є типовим представником відповідного класу систем числення і для неї характерні всі властивості цього класу, здавна звичні людям. Акцентування уваги на цих властивостях дозволяє спростити сприйняття принципів утворення двійкових чисел і правил виконання операцій над ними.

Виходячи з наведеного ствердження, важливості набуває задача дослідження двійкової та десяткової систем числення на подібність та систематизації виявлених аналогій.

Базові аналогії між двійковою та десятковою системами числення

Двійкова система числення є представником позиційних систем [3], тому в неї дуже багато спільного із іншими системами цього класу, в тому числі і зі звичною нам десятковою системою числення. Виходячи з цього, аналіз характерних властивостей двійкової системи числення спробуємо проводити на основі визначення аналогій з десятковою системою.

При проведенні аналізу властивостей позиційних систем числення будемо використовувати поняття основи системи числення як максимальної кількості цифр з різними значеннями, що можуть використовуватись при формуванні чисел [4].

В звичній для нас десятковій системі таких цифр 10 (це так звані арабські цифри 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 і 9), тому основа десяткової системи числення дорівнює десяти. Оскільки в двійковій системі використовується для формування чисел використовується всього дві цифри (0 і 1), то і основа цієї системи числення дорівнює двом. Тут ми можемо відзначити першу аналогію – значення основи двійкової і десяткової систем числення відображується безпосередньо в їх назві.

Схожість цих систем спостерігається і при їх використанні для підрахунку. Мінімальною цифрою в обох системах є нуль. Починаючи підрахунок з нуля в обох системах, ми змінюємо значення молодшого розряду до отримання максимальної для відповідної системи числення цифри, після чого збільшення значення числа на одиницю призводить до формування переносу в старший розряд, а молодший розряд при цьому онулюється. Тобто якщо ми рахуємо в десятковій системі, то значення в будь якому розряді змінюється від 0 до 9, а потім виникає перенос в старший розряд і зміна значень в поточному розряді знову починається з нуля (0, 1, ..., 9, 10, 11, ..., 19, 20...).

Аналогічним чином працює і двійкова система, але максимальною цифрою в ній є 1. Тому, якщо в певному розряді двійкового числа стоїть 1 (найбільша цифра в двійковій системі) і значення цього розряду збільшується на 1, то виникає перенос одиниці в старший розряд, а поточний розряд онулюється. Зміну

значень при підрахунку в двійковій системі числення можна проілюструвати рівняннями: $0+1=1$, $1+1=10$, $10+1=11$, $11+1=100$, $100+1=101$, $101+1=110$... Відповідність між декількома першими двійковими числами та їх еквівалентами в десятковій системі числення для прикладу наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Формування чисел при підрахунку в двійковій і десятковій системах числення

Двійкова система числення	Десяткова система числення
0	0
1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12

Як видно з таблиці 1, перенос з молодшого розряду в наступний при підрахунку в двійковій системі виникає в кожному другому рядку, а в десятковій – в кожному десятому. Переноси між наступними розрядами в двійковій системі будуть виникати в кожному четвертому рядку (2^2), потім в кожному восьмому (2^3), шістнадцятому (2^4) і так далі. В десятковій системі числення подальші переноси виникають в кожному сотому рядку (10^2), потім в кожному тисячному (10^3), десятитисячному (10^4) і так далі. За значеннями, наведеними в дужках, ми можемо встановити, що в позиційних системах числення періодичність виникнення переносів між певними позиціями цифр в числі підпорядковується спільному закону і може визначатись як значення основи системи числення в певному цілому ступені.

Іншою характерною особливістю позиційних систем числення є те, що вага цифри в сусідніх розрядах числа відрізняється в кількість разів, що дорівнює значенню основи системи числення. Наприклад, для десяткового числа 111 можна відзначити, що вага одиниці в молодшому розряді в десять разів менша за вагу одиниці в другому розряді, яка, в свою чергу, в десять разів менша за вагою від одиниці в старшому розряді. Відповідно, якщо цифри віддалені в числі на дві позиції, їх вага буде відрізнятися в кількість разів, що відповідає значенню основи системи числення в квадраті, якщо на три – значенню основи системи числення в кубі і так далі.

Використовуючи зазначену властивість можна вивести коефіцієнт ваги цифри числа в будь-якій його позиції відносно позиції молодшого розряду (позиції одиниць). В десятковій системі числення стосовно позиції одиниць цифра на позиції десятків буде вагомішою в $10^1=10$ разів, цифра на позиції сотень буде вагомішою в $10^2=100$ разів, цифра на позиції тисяч буде вагомішою в $10^3=1000$ разів і так далі. Як бачимо, отримані нами значення коефіцієнтів співпадають за звучанням із назвою позицій, до яких вони застосовані (позиція десятків - коефіцієнт 10, позиція сотень - коефіцієнт 100, позиція тисяч - коефіцієнт 1000 і т.д.).

В двійковій системі коефіцієнти ваги між позиціями будуть утворюватися від значення основи системи числення, яке дорівнює двом. Застосовуючи аналогічну розглянутій методику формування назв для позицій чисел в двійковій системі числення, ми можемо визначити наступну після позиції одиниць позицію як позицію двійок ($2^1=2$), потім позицію четвірок ($2^2=4$), вісімок ($2^3=8$), шістнадцяток ($2^4=16$) і так далі.

За аналогією, подібно тому, як в дробовій частині числа в десятковій системі числення виділяються відносно цілого позиції десятих (10^{-1}), сотих (10^{-2}), тисячних (10^{-3}) і так далі, в дробовій частині числа в двійковій системі числення можна виділити відносно цілого позиції других (2^{-1}), четвертих (2^{-2}), восьмих (2^{-3}) і так далі.

Тепер подивимось, що це нам дає. Зупинимось на аналізі цілих чисел.

Для прикладу, візьмемо десяткове число 1254 і представимо його як суму цифр числа, помножених на характерний для їх позиції коефіцієнт (як вже зазначалося, коефіцієнт відповідає назві позиції цифри в числі):

$$1254_{10}=1*1000+2*100+5*10+4*1.$$

Отримане для десяткової системи числення рівняння є вірним, тому спробуємо застосувати відповідну методику стосовно чисел в двійковій системі числення. Для прикладу, візьмемо двійкове число 1100. Розподілимо його цифри по позиціях: позиція одиниць – цифра 1, позиція двійок – цифра 1, позиція четвірок – цифра 0, позиція вісімок – цифра 0. Відобразимо наше перетворення у вигляді рівняння:

$$1100_2=1*8+1*4+0*2+0*1.$$

А тепер спробуємо провести обчислення результату виразу, наведеного в правій частині рівняння за законами виконання операцій над числами в десятковій системі числення:

$$1*8+1*4+0*2+0*1=8+4+0+0=12_{10}.$$

Якщо порівняти отриманий результат з наведеними в таблиці 1 даними, то можна побачити, що ми вірно перевели двійкове число 1100 в його еквівалент в десятковій системі числення – число 12. Дійсно, $1100_2=12_{10}$. За бажанням можна спробувати виконати відповідні перетворення для будь-якого двійкового значення – результат буде вірним.

Таким чином, ще не знаючи відповідних законів, ми дійшли до розв'язання задачі переведення числа з однієї позиційної системи в іншу.

Переведення цілих чисел з десяткової системи числення в двійкову.

Переведення чисел з десяткової системи числення в будь-яку іншу позиційну систему числення, як правило, полягає у формуванні шуканого числа шляхом послідовного визначення значень його цифр.

Підходи, які використовуються при цьому для обробки цілої і дробової частини числа, відрізняються, тому аналіз почнемо з переведення цілих чисел.

Проаналізуємо, як можна відділити окрему цифру від звичайного десяткового числа. Найпростішим математичним способом є виконання цілочисельного ділення цього числа на значення основи системи числення – число 10. Залишок від ділення і буде відповідати значенню певної цифри числа (цифри, що знаходиться на позиції одиниць), а частка при цьому буде містити всі інші цифри. Якщо виконати повторне ділення отриманої частки, то можна отримати наступну цифру числа і так далі до отримання нульової частки.

Для прикладу проведемо розподіл десяткового числа 1245 на цифри шляхом цілочисельного ділення на значення основи системи числення. Оскільки всі операції проводяться в десятковій системі числення, цілочисельне ділення будемо виконувати на значення основи цієї системи, яке дорівнює 10.

$$\begin{array}{r}
 1245 \quad | \quad 10 \\
 \hline
 1240 \quad | \quad 124 \quad | \quad 10 \\
 \hline
 \quad 5 \quad | \quad 120 \quad | \quad 12 \quad | \quad 10 \\
 \hline
 \quad \quad 4 \quad | \quad 10 \quad | \quad 1 \quad | \quad 10 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 2 \quad | \quad 0 \quad | \quad 0 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad 1
 \end{array}$$

Отримувані в ході ділення залишки (виділені напівжирним шрифтом) дозволили нам розбити десяткове число 1245 на цифри, що його утворюють: цифри 5, 4, 2, 1.

Як видно з наведеного прикладу, порядок формування цифр залишків при діленні є протилежним порядку слідування цифр в числі, тому для отримання правильного значення числа цифри частки слід записувати в числі в зворотному напрямку.

Методика переведення цілих чисел з десяткової системи числення в іншу позиційну систему числення шляхом цілочисельного ділення передбачає реалізацію двох етапів:

1. Проведення цілочисельного ділення початкового числа та отримуваних в ході ділення значень частки на основу системи числення, в яку число переводиться, до отримання частки рівної нулю (ділення може обмежуватись отриманням частки, меншої за основу системи числення, тобто, на 1 крок менше, але потреба включення останнього значення частки в число часто плутає людей і значно легше запам'ятовується саме пропонований підхід з урахуванням лише залишків ділення).

2. Запис отриманих значень цифр залишків у вигляді числа в послідовності, зворотній порядку їх отримання.

Розглянемо застосування цієї методики для переведення цілого числа з десяткової системи числення в двійкову. Для прикладу візьмемо число 183. Оскільки нам необхідно перевести число 183_{10} в двійкову систему числення, основа якої дорівнює 2, то в якості дільника для проведення цілочисельного ділення обираємо значення 2. Проводимо цілочисельне ділення до отримання нульового залишку.

$$\begin{array}{r}
 183 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 182 \quad | \quad 91 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 \quad 1 \quad | \quad 90 \quad | \quad 45 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 \quad \quad 1 \quad | \quad 44 \quad | \quad 22 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 1 \quad | \quad 22 \quad | \quad 11 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad 0 \quad | \quad 10 \quad | \quad 5 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad \quad 1 \quad | \quad 4 \quad | \quad 2 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad 1 \quad | \quad 2 \quad | \quad 1 \quad | \quad 2 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 0 \quad | \quad 0 \quad | \quad 0 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 1
 \end{array}$$

Записуємо отримані залишки в зворотному порядку і отримуємо шуканий результат: $183_{10}=10110111_2$.

Переведення дробових чисел з десяткової системи числення в двійкову.

Оскільки цілочисельне ділення дробової частини числа є некоректним поняттям через відсутність в цій частині цілої складової, для відокремлення цифр дробової частини математичними методами використовується операція множення.

Повернемось до роботи суто з десятковими числами. З основ роботи з десятковими дробами нам

відомо, що якщо помножити дробову частину десяткового числа на 10 (значення основи системи числення), то старший розряд дробової частини перейде в цілу частину, а інші залишаться в дробовій. Якщо повторювати операцію множення дробової частини на значення основи системи числення N разів, окремо фіксуючи після кожного множення перенесену в цілу частину цифру, то ми отримаємо N цифр, які в сукупності будуть відображувати значення дробової частини числа з точністю до N розрядів.

Пояснимо сказане прикладом. Нехай шляхом множення на значення основи системи числення нам потрібно провести розподіл десяткового числа 0.7080423 на цифри для відображення його значення з точністю до п'яти знаків в дробовій частині. Для десяткової системи числення, в якій проводиться операція, значення основи дорівнює 10, тому і коефіцієнтом множення обираємо значення 10. Перенесені при множенні в цілу частину числа цифри, які вже є відокремленими і в подальшому не повинні приймати участь в операціях множення, для зручності будемо відділяти від залишку лінією.

№ кроку	Ціла частина (відокремлені цифри, що далі не множаться)	Залишок дробової частини	Коефіцієнт множення
0.	0.	7080423	*10
1.	7	080423	*10
2.	0	80423	*10
3.	8	0423	*10
4.	0	423	*10
5.	4	23	-

На кроці 6 ми досягли заданої точності по кількості знаків в дробовій частині, тому подальше множення не виконуємо.

Отримувані в ході множення переноси в цілу частину дозволили нам виділити з десяткового числа 0.7080423 окремі його цифри в необхідній кількості (цифри 7, 0, 8, 0, 4). Якщо записати ці цифри в дробовій частині числа, то ми отримуємо її представлення із заданою точністю: 0.70804_{10} .

З розглянутого прикладу можна відзначити одну особливість, що не є характерною для визначення цифр числа методом цілочисельного ділення: при множенні дробової частини числа на значення основи системи числення цифри отримуються в тому порядку, в якому вони повинні слідувати в числі. Це, зокрема, дозволяє зупинити процес формування цифр по досягненню потрібної точності представлення чисел.

За аналогічною методикою визначаються цифри при переведенні чисел з десяткової системи числення в будь-яку іншу позиційну систему числення. Єдина відмінність полягає в тому, що коефіцієнтом для множення повинне бути обране значення основи системи числення, в яку число переводиться.

Для прикладу переведемо число 0.125 з десяткової системи числення в двійкову з точністю представлення дробової п'ятьма знаками. Оскільки число 0.125_{10} необхідно перевести в двійкову систему числення, в якості множника використовуємо значення основи цієї системи – число 2.

№ кроку	Ціла частина (відокремлені цифри, що далі не множаться)	Залишок дробової частини	Коефіцієнт множення
0.	0.	125	*2
1.	0	25	*2
2.	0	5	*2
3.	1	0	*2
4.	0	0	*2
5.	0	0	-

Записуємо отримані цифри у вигляді дробового числа і отримуємо шуканий результат: $0.125_{10} = 0.00100_2 = 0.001_2$.

Звернемо увагу на те, що при множенні, як і в ході цілочисельного ділення, в жодній з операцій в цілій частині не формується цифра, більша або рівна за значенням основи системи числення, в яку число переводиться.

Якщо уважно поглянути на останній приклад, то можна звернути увагу, що на кроці 3 ми отримуємо залишок дробової частини рівний нулю і в подальшому в цілу частину переносяться лише незначущі нулі. Після отримання нульового залишку в дробовій частині подальше множення можна не виконувати.

Округлення (корекція) результату при переведенні дробових чисел.

До цього моменту ми вважали, що для отримання представлення числа з точністю до N цифр після коми достатньо N -кратного множення дробової частини числа на основу системи числення. Якщо проаналізувати особливості застосування цієї методики на прикладі десяткових чисел, можна легко побачити, що в багатьох випадках отримуваний результат з математичної точки зору не буде вірним. Наприклад, якщо застосувати цю методику до числа 0.125912_{10} для формування його скороченого представлення з точністю до трьох знаків в дробовій частині, то отримуваний результат буде 0.125_{10} , в той

час як вірним повинен бути результат 0.126_{10} .

Зменшення похибки представлення дробової частини числа в математиці досягається шляхом його округлення, але до цього моменту на це питання ми уваги не звертали. Якщо ж враховувати подібність позиційних систем числення, то можна зробити припущення, що і в двійковій системі числення отримуваний без округлення результат буде не завжди правильним. Це припущення виявиться абсолютно вірним.

Спробуємо провести вже звичний нам аналіз в десятковій системі числення з метою виявлення закономірностей проведення округлення чисел, які в подальшому можна буде застосувати до двійкових чисел.

В першу чергу слід зазначити, що для виконання округлення при обчисленні результату з точністю до N цифр в дробовій частині, цих N цифр недостатньо – необхідною є наявність додаткової $(N+1)$ -ї цифри. Саме аналіз значення цієї $(N+1)$ -ї цифри і дозволяє зробити висновок про необхідність додавання одиниці до N -тої цифри дробової частини з метою округлення отриманого значення. В десятковій системі числення умовою збільшення N -тої цифри при округленні дробової частини є наявність в $(N+1)$ -му розряді значення, не меншого за 5. Саме на основі порівняння $(N+1)$ -ї цифри з п'ятіркою і робиться людиною висновок про характер подальших дій, необхідних для отримання правильного результату.

Без детального уточнення причин зазначимо, що з точки зору обробки чисел в інформаційних системах виконання операцій порівняння і прийняття рішення про подальші дії не завжди є раціональним, тому операцію округлення в більшості зводять до виконання операції корекції.

Суть корекції полягає в тому, що при її виконанні до додаткової $(N+1)$ -ї цифри додається певне фіксоване значення, після чого результат автоматично стає правильним (округленим) і надлишкову $(N+1)$ -шу цифру від нього просто відкидають. Для десяткової системи числення таким значенням є число 5.

Проведемо експериментальне округлення шляхом корекції на прикладі дробових чисел 0.1251_{10} , 0.1484_{10} , 0.4275_{10} і 0.3058_{10} . При цьому будемо вважати, що результат нам необхідно визначити з точністю до трьох цифр в дробовій частині, тобто, остання цифра в кожному числі є необхідною для округлення додатковою і саме до неї слід додавати значення 5.

$$\begin{array}{r}
 +0.1251 \\
 \hline
 5 \\
 \hline
 \mathbf{0.125\cancel{6}}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 +0.1484 \\
 \hline
 5 \\
 \hline
 \mathbf{0.148\cancel{9}}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 +0.4275 \\
 \hline
 5 \\
 \hline
 \mathbf{0.428\cancel{0}}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 +0.3058 \\
 \hline
 5 \\
 \hline
 \mathbf{0.306\cancel{3}}
 \end{array}$$

Як бачимо, отримуваний в ході корекції результат (виділені напівжирним шрифтом цифри) після відкидання додаткового (закресленого) розряду виявляється абсолютно вірним і відповідає вимогам щодо виконання класичної операції округлення.

Зрозуміло, що додавання цифри 5 в додатковий розряд при округленні двійкових чисел не дасть нам потрібного результату; це значення є актуальним лише в десятковій системі числення. Але якщо порівняти цифру 5 зі значенням основи десяткової системи числення (числом 10), то висновок напрошується сам собою – додавати потрібно половину від значення основи використовуваної системи числення. Для двійкової системи числення необхідне для виконання округлення (корекції) значення визначається як $2/2=1$.

В якості прикладу переведемо число 0.579 з десяткової системи числення в двійкову з точністю представлення дробової частини п'ятьма знаками. Оскільки при переведенні числа потрібно виконати корекцію отриманого результату, то обчислення дробової частини будемо початково виконувати з точністю до шести знаків.

№ кроку	Ціла частина (відокремлені цифри, що далі не множаться)	Залишок дробової частини	Коефіцієнт множення
0.	0.	579	*2
1.	1	158	*2
2.	0	316	*2
3.	0	632	*2
4.	1	264	*2
5.	0	528	*2
6.	1	056	-

Записуємо отримані цифри у вигляді дробового двійкового числа 0.100101 . Для зменшення похибки виконуємо корекцію результату шляхом додавання одиниці в молодший розряд.

$$\begin{array}{r}
 +0.100101 \\
 \hline
 1 \\
 \hline
 \mathbf{0.10011\cancel{0}}
 \end{array}$$

Отриманий після корекції результат 0.10011_2 .

З прикладу можна побачити, що без проведення корекції результат з точністю представлення

дробової частини до п'яти знаків мав би вигляд 0.10010_2 , а після корекції ми отримали результат 0.10011_2 . Якщо перевести ці два значення в десяткову систему числення, то ми отримаємо: $0.10010_2=0.5625_{10}$, $0.10011_2=0.59375_{10}$. Хоча обидва варіанти не співпали з початковим значенням 0.579_{10} , за модулем похибка значення після корекції менша за похибку результату без корекції ($|0.579_{10} - 0.5625_{10}| = 0.165_{10}$; $|0.579_{10} - 0.59375_{10}| = 0.1475_{10}$). Це підтверджує потребу в округленні (корекції) результату при переведенні дробових чисел з однієї системи числення в іншу.

Для проведення ефективності корекції результату нам знадобилося виконати зворотне переведення числа з двійкової системи числення в десяткову. Розглянемо правила виконання цієї операції.

Переведення чисел з двійкової системи числення в десяткову.

Якщо згадати розглянутий матеріал, то ми вже мали досвід переведення числа з двійкової системи числення в десяткову. Згадаємо, як ми отримали результат $1100_2 = 12_{10}$, і спробуємо систематизувати використані правила.

В першу чергу слід зазначити, що застосована методика базувалася на використанні коефіцієнтів ваги цифр в числі. Для десяткових чисел для цифри в позиції сотень коефіцієнт ваги дорівнював 100, для цифри в позиції десятків коефіцієнт був 10, для позиції одиниць коефіцієнт 1, в дробовій частині для позиції десятих коефіцієнт $1/10$, до сотих коефіцієнт $1/100$ і так далі. Якщо виписати ці коефіцієнти послідовно, то отримаємо фрагмент ряду коефіцієнтів: 100, 10, 1, $1/10$, $1/100$... Виконуючи прив'язку коефіцієнтів до ступенів числа десять як до основи десяткової системи числення, ми отримаємо $100=10^2$, $10=10^1$, $1=10^0$, $1/10=10^{-1}$, $1/100=10^{-2}$... З урахуванням цього перетворення наведений ряд коефіцієнтів можна переписати: $10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}$...

З урахуванням правил формування ряду коефіцієнтів і їх взаємозв'язку з цифрами в числі, будь-яке десяткове число можна записати як суму добутків цифр числа на коефіцієнти, відповідні для позицій розташування цих цифр в числі. Наприклад, $1205.24=1*10^3+2*10^2+0*10^1+5*10^0+2*10^{-1}+4*10^{-2}$.

Для двійкової системи, як ми вже знаємо, ряд коефіцієнтів формується аналогічно, але з урахуванням тої відмінності, що основа системи числення дорівнює не десяти, а двом. Тобто, подібний розглянутому ряд для двійкової системи числення буде мати вигляд: 4, 2, 1, $1/2$, $1/4$ або 2^2 , 2^1 , 2^0 , 2^{-1} , 2^{-2} ...

Якщо позначити основу системи числення як N , то можна записати універсальне представлення такого фрагменту ряду коефіцієнтів для будь-якої позиційної системи числення: $N^2, N^1, N^0, N^{-1}, N^{-2}$...

Домовимось позначати цифри будь-якого числа як X_i , де i – ступінь основи системи числення при обчисленні значення вагового коефіцієнта, множення на який цифри X_i дозволяє визначити її дійсну вагу в числі. Тобто, дійсне значення ваги будь-якої цифри в числі можна буде визначити як $X_i * N^i$.

З цієї точки зору число 1205.24_{10} можна представити як $X_3 X_2 X_1 X_0, X_{-1} X_{-2}$, де $X_3=1, X_2=2, X_1=0, X_0=5, X_{-1}=2, X_{-2}=4$. Формула для відтворення значення числа відповідного формату прийме вигляд:

$$X_3 * N^3 + X_2 * N^2 + X_1 * N^1 + X_0 * N^0 + X_{-1} * N^{-1} + X_{-2} * N^{-2}. \quad (1)$$

Аналогічним чином можна записати будь-яке число в будь-якій позиційній системі числення.

А тепер найголовніше – якщо всі наявні в такому записі числа представлені в десятковій системі числення і всі операції виконуються за законами десяткової арифметики, то результатом розрахунків буде еквівалент початкового числа, переведений в десяткову систему числення.

Виходячи з цього, можна записати алгоритм переведення чисел з двійкової системи числення в десяткову:

1. Визначити відповідність цифр початкового числа їх позиціям X_i в числі (орієнтиром виступає молодший розряд цілої частини числа, якому завжди відповідає позиція X_0).

2. Представити число у вигляді суми добутків значень цифр числа на відповідні їх позиціям вагові коефіцієнти $X_i * N^i$ (N – основа двійкової системи числення, дорівнює 2).

3. Виконати розрахунок за правилами десяткової арифметики.

Підтвердимо сказане на прикладі. Нехай нам потрібно перевести число 10110111.001 з двійкової системи числення в десяткову. Визначимо відповідність цифр початкового числа їх позиціям X_i в числі.

$$\begin{array}{cccccccccccc} X_7 & X_6 & X_5 & X_4 & X_3 & X_2 & X_1 & X_0 & . & X_{-1} & X_{-2} & X_{-3} \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & . & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

Представимо число у вигляді суми добутків значень цифр числа на відповідні їх позиціям вагові коефіцієнти.

$$10110111.001_2 = 1*2^7 + 0*2^6 + 1*2^5 + 1*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0 + 0*2^{-1} + 0*2^{-2} + 1*2^{-3}$$

Виконуємо розрахунок для виразу в правій частині рівняння за правилами десяткової арифметики.

$$\begin{aligned} & 1*2^7 + 0*2^6 + 1*2^5 + 1*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0 + 0*2^{-1} + 0*2^{-2} + 1*2^{-3} = \\ & = 1*128 + 0*64 + 1*32 + 1*16 + 0*8 + 1*4 + 1*2 + 1*1 + 0*0.5 + 0*0.25 + 1*0.125 = \\ & = 128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 2 + 1 + 0 + 0 + 0.125 = 183.125_{10}. \end{aligned}$$

Висновки.

Підводячи підсумок, слід сказати, що двійковий код виявився практично ідеальним для представлення і обробки даних в інформаційних системах, але при вивченні двійкової системи числення як базового поняття для розуміння принципів функціонування сучасних цифрових електронно-

обчислювальних пристроїв у багатьох людей виникають ускладнення. Ці ускладнення пов'язані з руйнуванням стереотипів проведення операцій в звичній нам десятковій системі числення. Значного спрощення сприйняття та засвоєння принципів утворення двійкових чисел і правил переведення чисел між двійковою та десятковою системами числення можна досягти, якщо досліджувати властивості двійкової системи числення не відокремлено, а в аналогії з десятковою системою числення, що підтверджується досвідом викладання даного матеріалу для студентів технічних спеціальностей Хмельницького національного університету.

Література

1. Бабич Н.П., Жуков И.А. Компьютерная схемотехника – методы построения и проектирования: Учебное пособие. – К.: МК-пресс, 2004. – 576 с.
2. Куликовский Л.Ф., Мотов В.В. Теоретические основы информационных процессов. – М. Вища школа, 1987. – 257 с.
3. Прикладная теория цифровых автоматов / Самофалов К.Г. и др. – К.: Вища школа, 1987. – 318 с.
4. Савельев А.Я. Прикладная теория цифровых автоматов. – М.: Высшая школа, 1986. – 235 с.

Надійшла 21.9.2009 р.

УДК 004

О.А. МЯСЩЕВ, В.М. ЧЕШУН
Хмельницький національний університет

ДВАДЦЯТИРІЧЧЯ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ: ОСНОВНІ ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ

В статті описується історія створення та розвитку кафедри комп'ютерних систем та мереж Хмельницького національного університету, яка в поточному році відзначає двадцятирічний ювілей від часу заснування, наводяться результати роботи професорсько-викладацького колективу кафедри, основні досягнення та перспективні напрямки подальшої наукової діяльності.

In the article is described history of creation and development in a Khmelnytsky national university the department of the computer systems and networks, which in a current year celebrates a twenty-year anniversary from time of establishment, also shown job performances of professors and teachers collective of department, basic achievements and perspective directions of scientific activity.

В 2009 році колектив Хмельницького національного університету відзначає двадцятирічний ювілей від часу заснування кафедри комп'ютерних систем та мереж, яка за час існування пройшла досить великий шлях реорганізацій та перетворень, досягла на цьому шляху значних успіхів в різних напрямках діяльності і, зокрема, в науково-дослідній роботі викладачів та студентів.

Стаття присвячується двадцятиріччю кафедри і має за мету підведення підсумків наукової діяльності колективу кафедри, відзначення основних результатів та досягнень, а також визначення перспективних напрямків подальшої науково-дослідної роботи професорсько-викладацького складу.

Коротка історія кафедри.

Розвиток керуючих підрозділів для комп'ютерних спеціальностей в Хмельницькому національному університеті (на той час – Хмельницькому технологічному інституту) було започатковано у 1989 році створенням кафедри електронно-обчислювальних систем, яка нині носить назву кафедри комп'ютерних систем та мереж.

Кафедру було створено при механічному факультеті. Першим завідувачем кафедри став кандидат технічних наук, доцент Бардаченко Віталій Феодосійович. На той час на кафедрі працювали 1 доцент та 3 асистенти. Під керівництвом Бардаченко В. Ф. викладачі кафедри проводили наукові дослідження в напрямку розробки і впровадження таймерних розрядно-аналогових обчислювальних пристроїв.

У 1991 році кафедра була включена до складу новоствореного факультету радіоелектроніки. Практично в той самий час доктор технічних наук, професор Бардаченко В. Ф. отримав пропозицію очолити власний науковий напрямок в Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова, що зумовило його переїзд у 2002 році до м. Київ, де він в подальшому обійняв посаду директора Центру таймерних обчислювальних систем Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова.

В жовтні 1992 року кафедру електронно-обчислювальних систем очолив кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Локазюк Віктор Миколайович. Він поклав початок розвитку при кафедрі нової наукової школи, яка зайнялась питаннями технічної діагностики засобів сучасної обчислювальної техніки.

1996 рік в історії кафедри електронно-обчислювальних систем відзначився зміною її назви на кафедру комп'ютерних систем.

Протягом часу існування кафедри комп'ютерних систем на ній було ліцензовано відкриття магістратури зі спеціальності “Комп'ютерні системи та мережі”, а також відкриття нової спеціальності

“Системне програмування”. Це зумовило значне розростання колективу кафедри і станом на початок 2004 року її колектив налічував більше двадцяти співробітників. В зв’язку з цим, в ході реорганізації структури Хмельницького національного університету, у травні 2004 року кафедру комп’ютерних систем було розділено на дві кафедри шляхом відокремлення від неї нового підрозділу – кафедри системного програмування. Кафедрі комп’ютерних систем в ході реорганізації перейменували в кафедри комп’ютерних систем та мереж. На основі двох зазначених кафедр та кафедри фізики було створено факультет комп’ютерних систем та програмування (вересень 2004 року), що увійшов до складу інституту телекомунікаційних і комп’ютерних систем Хмельницького національного університету.

Після розподілу кафедр доктор технічних наук, професор Локазюк В.М. очолив новостворену кафедру системного програмування, колектив якої в більшості складався з молодих малодосвідчених викладачів, що потребували в своїй науковій роботі допомоги висококваліфікованого керівника. Виконуючим обов’язки завідувача кафедри комп’ютерних систем та мереж було призначено кандидата технічних наук, доцента кафедри Хмельницького Юрія Владиславовича.

У 2005 році було проведено конкурс на заміщення посади завідувача кафедри комп’ютерних систем та мереж і з того часу кафедру очолює доктор технічних наук, професор Мясіщев Олександр Анатолійович.

На сьогоднішній день професорсько-викладацький склад кафедри комп’ютерних систем та мереж налічує 8 чоловік: завідувач кафедри, доктор технічних наук, професор Мясіщев Олександр Анатолійович (працює на кафедрі з 2005 року); кандидати технічних наук, доценти Бойчук Вадим Олександрович (працює на кафедрі з 1993 року), Джулій Володимир Миколайович (працює на кафедрі з 1994 року), Красильников Сергій Романович (працює на кафедрі з 2005 року), Огневий Олександр Вікторович (працює на кафедрі з 1989 року), Хмельницький Юрій Владиславович (працює на кафедрі з 1991 року), Чешун Віктор Миколайович (працює на кафедрі з 1994 року), Чорненький Віталій Іванович (працює на кафедрі з 1996 року); старший викладач Муляр Ігор Володимирович (працює на кафедрі з 1997 року).

Основні наукові досягнення і перспективні напрямки досліджень

Завдяки наполегливій і цілеспрямованій роботі співробітникам кафедри вдалося досягти значних успіхів в наукових дослідженнях: захищені 3 дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук (Бардаченко В.Ф., Локазюк В.М., Петренко О.М.) та 9 дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Особливо значні результати в захисті дисертацій на здобуття наукових ступенів співробітниками кафедри досягнуті в науковій школі "Технічна діагностика комп’ютерних систем" під керівництвом д.т.н., професора Локазюка В.М.

Початком стрімкого розвитку наукової школи "Технічна діагностика комп’ютерних систем" був захист завідувачем кафедри комп’ютерних систем В.М. Локазюком у 1995 році дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук на тему "Методи та засоби комбінованого діагностування цифрових структур з компонентами підвищеного ступеня інтеграції". Основною метою зазначеної дисертації було вирішення проблеми автоматизації пошуку несправностей цифрових та мікропроцесорних пристроїв і відповідних систем шляхом подальшого розвитку теорії та методології тестового діагностування з розробленням апаратних та програмних засобів реалізації тестового комбінованого діагностування [1, 2]. В дисертаційній роботі запропоновано концепцію тестового комбінованого діагностування цифрових структур, сформовано теорію розробки методик та способів ідентифікації нелогічних динамічних несправностей цифрових структур, що базується на модифікованій моделі прояву несправностей динамічного типу, розроблені методики, способи і алгоритми ідентифікації нелогічних динамічних несправностей, зумовлених “змаганнями” сигналів, шинною структурою цифрових пристроїв і пов’язаних з викривленням фронтів імпульсних сигналів. Також в роботі запропоновано методику розробки структур і визначення параметрів проєктованих систем тестового комбінованого діагностування з урахуванням порівняльної оцінки проєктованих варіантів, сформульовані принципи побудови апаратури і програмного забезпечення автоматизованого діагностування цифрових пристроїв з компонентами підвищеного ступеня інтеграції.

В 1996 році Ю.В. Хмельницький захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.08 на тему "Методи та засоби тестового комбінованого діагностування аналого-цифрових структур" [3]. Мета роботи – подальше дослідження аналого-цифрових структур та розроблення методів і засобів їх тестового комбінованого діагностування, що дало можливість вирішувати проблему автоматизації пошуку несправностей динамічного типу аналого-цифрових пристроїв. В дисертаційній роботі розроблені модифіковані моделі несправностей аналого-цифрових структур та алгоритми їх ідентифікації, запропоновані нові стратегії, методики та способи тестового комбінованого діагностування аналого-цифрових структур, що забезпечують відповідну глибину пошуку несправностей динамічного типу, розроблені засоби тестового комбінованого діагностування аналого-цифрових структур для реалізації пропонованих методик.

В 1997 році О.В. Огневий захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.08 на тему "Методи та засоби генерації тест-векторів в системах комбінованого діагностування цифрових пристроїв" [4]. Мета роботи – розвиток і подальша розробка нових методів і засобів генерації тест-векторів в процесі комбінованого діагностування цифрових пристроїв. В дисертаційній роботі уточнені відомі і розроблені нові моделі об’єктів діагностування та генераторів тест-векторів систем тестового комбінованого діагностування в залежності від їх складності, розроблені алгоритми і методики генерації

послідовностей тестових сигналів для шин адреси, даних і керування, запропоновані алгоритми та методики генерації тестових сигналів з урахуванням оперативного стану об'єкта діагностування та зовнішніх впливових факторів, розроблені алгоритми та методика вибору підсистеми генераторів тест-векторів тестових послідовностей з оптимальною кількістю каналів зв'язку з об'єктом діагностування, а також нові структури генераторів тест-векторів систем тестового комбінованого діагностування.

В 1998 році В.М. Джулій захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 "Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології" на тему "Розробка об'єктно-орієнтованих засобів програмної підтримки діагностування цифрових та аналого-цифрових структур" [5]. Мета роботи – дослідження засобів та розробка методів програмної підтримки тестового комбінованого діагностування цифрових та аналого-цифрових структур. В дисертаційній роботі запропонована інформаційно-програмна модель цифрових та аналого-цифрових структур, яка дозволяє підвищити ефективність діагностування цифрових та аналого-цифрових структур, розроблені структура бази даних математичних моделей компонентів цифрових структур, алгоритми та методика автоматичної генерації інформаційно-програмної моделі цифрових структур, алгоритми роботи керуючої підсистеми програмної підтримки тестового комбінованого діагностування, методика оптимізації та оцінки ефективності алгоритмів тестового комбінованого діагностування.

В 1999 році В.М. Чешун захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 "Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування" на тему "Оптимізація послідовностей тест-векторів в процесі тестового комбінованого діагностування цифрових мікропроцесорних пристроїв" [6]. Мета роботи – підвищення ефективності та достовірності процесу тестового комбінованого діагностування цифрових мікропроцесорних пристроїв шляхом побудови методик та алгоритмів оптимізації послідовностей тест-векторів, що реалізують умовні алгоритми діагностування з урахування особливостей прояву несправностей динамічного типу. В дисертаційній роботі розроблена математична модель для оптимізації послідовностей тест-векторів в процесі тестового комбінованого діагностування цифрових мікропроцесорних пристроїв, розроблені методики та алгоритми підготовки вихідних даних для оптимізації послідовностей тест-векторів, методики та алгоритми оптимізації послідовностей тест-векторів в процесі тестового комбінованого діагностування цифрових мікропроцесорних пристроїв, запропонований спосіб апаратної реалізації умовних алгоритмів діагностування цифрових пристроїв в динамічних режимах.

В тому ж 1999 році О.С. Савенко захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук 05.13.13 – "Обчислювальні машини, системи та мережі" на тему "Методи та засоби антивірусного комбінованого діагностування персональних комп'ютерів" [7]. Мета роботи – аналіз вірусних програм та антивірусних засобів і розробка методів та засобів програмної підтримки антивірусного комбінованого діагностування персональних комп'ютерів. В дисертаційній роботі розроблено метод антивірусного комбінованого діагностування персональних комп'ютерів та метод антивірусного діагностування на основі матриць інцидентності, які, на відміну від відомих, дозволяють створювати антивірусні засоби, що не залежатимуть від відомостей про конкретні вірусні програми. Також розроблено методику та алгоритми антивірусного комбінованого діагностування, які базуються на ідентифікації невідомих вірусних програм за їх автоматично згенерованими математичними моделями, розроблені методики, алгоритми та програмні засоби, що орієнтовані на автоматизацію та дозволяють підвищити достовірність процесу комбінованого діагностування.

В 2000 році В.О. Бойчук захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 "Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування" на тему "Багатоаспектний метод та алгоритми генерації тестів комбінованого діагностування мікропроцесорних пристроїв" [8]. Мета роботи – подальший розвиток методу комбінованого діагностування сучасних МПП, спрямований на підвищення ефективності і достовірності процесу тестування за допомогою розробки нового багатоаспектного методу генерації тестів і алгоритмів його реалізації. В дисертаційній роботі запропоновано нову структурно-поведінкову модель мікропроцесорних пристроїв, яка характеризується паралельним хвильовим алгоритмом розповсюдження проявів несправностей. З метою їх розповсюдження через вузли моделі або сукупність вузлів використано розв'язки невизначених (діофантових) рівнянь або їх систем, одержаних в процесі аналізу програмних модулів вузлів. Також наведено способи запобігання конфліктам, що виникають під час побудови тестів, згідно з багатоаспектним методом. На основі нечітких відношень складових моделі розроблено метод мінімізації кількості тестової інформації. Основні результати дослідження використано для створення підсистеми генерації тестів, що дозволило спростити структуру та розширити функціональні можливості програмного забезпечення систем комбінованого діагностування, підвищити достовірність пошуку несправностей та ефективність систем тестового комбінованого діагностування.

В 2001 році О.В. Поморова захистила дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 "Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології" на тему "Експертні системи як засіб діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем" [9]. Мета роботи – подальший розвиток методик тестового комбінованого діагностування сучасних цифрових та мікропроцесорних пристроїв, спрямований на підвищення ефективності процесу діагностування за рахунок розробки нових моделей об'єктів діагностування і архітектури експертних систем діагностування. В дисертаційній роботі розроблено моделі бази знань та архітектури експертної системи діагностування (ЕСД)

цифрових і мікропроцесорних пристроїв, досліджено модель інформаційного образу та комбіновану функціонально-експертну модель мікропроцесорних пристроїв як об'єктів діагностування, описано структуру й алгоритми функціонування модулів експертної системи діагностування та методики здобуття знань, на базі моделі інформаційного образу та комбінованої функціонально-експертної моделі наведено стратегії діагностування цифрових і мікропроцесорних пристроїв, розглянуто програмний комплекс модулів експертної системи діагностування, запропоновано шляхи підвищення ефективності процесу діагностування за рахунок опрацювання експертних знань щодо об'єктів діагностування, удосконалено методику самонавчання ЕСД, під час якої сама система в процесі накопичення та опрацювання нею знань експертів-діагностів і статистичної інформації сприяє коригуванню стратегій та алгоритмів діагностування.

В 2002 році С.В. Глушак захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 "Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування" на тему "Метод і засоби тестового діагностування цифрових та мікропроцесорних пристроїв з компонентами, побудованими за КМДН-технологією" [10]. Мета роботи – подальший розвиток тестового комбінованого діагностування пристроїв обчислювальної техніки та систем керування, спрямований на підвищення достовірності і ефективності процесу діагностування за рахунок розроблення нових моделей, методу і засобів виявлення динамічних несправностей цифрових та мікропроцесорних пристроїв з компонентами, побудованими за КМДН-технологією. В дисертаційній роботі розроблено метод виявлення динамічних несправностей цифрових та мікропроцесорних пристроїв з компонентами, побудованими за КМДН-технологією, зокрема програмно-апаратних виявлень. Також в ній описано математичні моделі, метод, методики та засоби, орієнтовані на автоматизацію і підвищення достовірності та ефективності процедур тестового комбінованого діагностування виявлення динамічних несправностей цифрових та мікропроцесорних пристроїв з компонентами, побудованими за КМДН-технологією.

В 2003 році В.І. Чорненький захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 "Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування" на тему "Засоби тестового діагностування цифрових пристроїв на базі штучних нейронних мереж" [11]. Мета роботи – розроблення нейромережних методів і засобів тестового діагностування цифрових пристроїв шляхом реалізації умовних алгоритмів для підвищення ефективності процесу діагностування за рахунок зменшення його тривалості. В дисертаційній роботі розроблено та досліджено новий метод діагностування цифрових пристроїв нейромережними засобами, що дозволяє зменшити час на одержання висновку у процесі визначення технічного стану об'єкта діагностування, запропоновано тришарову прямонаправлену штучну нейронну мережу для керування процесом виконання умовних алгоритмів тестового діагностування та розроблено апаратно-програмні нейромережні засоби, наведено математичні моделі, метод, методики та засоби, орієнтовані на автоматизацію та підвищення ефективності тестового комбінованого діагностування цифрових пристроїв з використанням умовних алгоритмів.

Захист перелічених дисертацій відбувався у вчених радах Науково-виробничої корпорації "Київський інститут автоматики", Тернопільської академії народного господарства, Вінницького державного технічного університету.

Колектив кафедри висловлює щире подяку та бажає міцного здоров'я і творчих успіхів доктору технічних наук, професору, академіку Міжнародної академії інформатизації, академіку Міжнародної академії комп'ютерних наук і систем Локазюку Віктору Миколайовичу, завдяки вмілому керівництву та організаторським здібностям якого став можливим захист зазначених дисертацій і подальше творче зростання їх виконавців.

Підвищення наукового рівня співробітників кафедри супроводжується розширенням наукових інтересів.

На сьогоднішній день кафедру комп'ютерних систем та мереж очолює д.т.н., професор Мясіщев О.А., основним напрямком наукової діяльності якого є дослідження в сфері комутації та маршрутизації IP-трафіку. Практичним застосуванням результатів досліджень стало створення комп'ютерної мережі університету та організації її виходу в Internet через кабельні та супутникові лінії зв'язку. Перспективою наукового розвитку зазначеного напрямку є дослідження можливостей TCP/IP мереж для організації високопродуктивних паралельних обчислень.

Викладачами кафедри ведуться наукові дослідження в наступних напрямках: захист інформації в комп'ютерних системах (Джулій В.М.), методологія адаптивного діагностування комп'ютерних мереж (Хмельницький Ю.В.), дистанційне діагностування засобів обчислювальної техніки (Огневий О.В.), схемотехніка цифрових пристроїв та систем і методології викладання дисциплін по структурно-логічній організації ЕОМ в сучасних умовах (Чешун В.М.), системи автоматизованого проектування засобів обчислювальної техніки (Красільников С.Р.), використання штучних нейронних мереж для автоматизації виробничих процесів (Чорненький В.І.), засоби дрібнозернистого паралельного програмування для моделювання біологічних систем (Бойчук В.О.), інформаційне забезпечення процесу діагностування (Муляр І.В.).

Наукові роботи співробітників кафедри опубліковані в наукових журналах та збірниках наукових праць, серед яких "Вісник технологічного університету Поділля", Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького, "Автоматизація виробничих процесів" (АВП), "Управляющие системы и машины" (УСиМ), "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" (ВОТП) та інші. Результати проведених досліджень доповідаються на

міжнародних та республіканських наукових і науково практичних конференціях: Інформаційні технології в XXI столітті (Дніпропетровськ, УДХТУ), Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва (Хмельницький ТУ Поділля). Наукові розробки молоді на сучасному етапі (Київ, КНУТД), "IDAACS" (Lviv), "Контроль і управління в складних системах" (Вінниця), "Динаміка наукових досліджень" (Дніпропетровськ), "Автоматизація проектування дискретних систем" (Минск), "Наукова конференція молодих вчених і студентів" (Київ, КДУТД), "Актуальні проблеми техніки та суспільства" (Хмельницький ТУ Поділля), "Мікропроцесорні пристрої та системи в автоматизації виробничих процесів" (Хмельницький, ХДУ) і т.д.

Кафедра в рамках договорів про творчу співдружність співпрацює з колективами НВК "Київський інститут автоматики", Хмельницької Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького, Хмельницького комунального підприємства Електротранс, Приватного вищого навчального закладу "Університет економіки і підприємництва" та іншими підприємствами і організаціями різних форм власності.

При кафедрі працює навчально-науково-виробничий центр "Інформаційно-комп'ютерний сервіс".

Організаційна робота колективу кафедри

Значна увага на кафедрі комп'ютерних систем та мереж приділяється організації проектів з обміну досвідом.

В 2002 році колективом кафедри в співпраці з НВК "Київський інститут автоматики", Хмельницькою дирекцією ВАТ "Укртелеком", ВАТ Подільська телефонна компанія "Мітел", Хмельницьким обласним управлінням науково-технічного товариства радіотехніки, електроніки і зв'язку, науково-виробничим підприємством "Електронні системи" започатковано міжнародну науково-практичну конференцію "Комп'ютерні системи в автоматизації виробничих процесів". Щорічно в роботі конференції приймали участь більше 150 науковців, з яких близько 40 докторів наук.

З метою підтримки наукової діяльності молодих науковців колективом кафедри комп'ютерних систем від Хмельницького національного університету та Приватним вищим навчальним закладом "Університет економіки і підприємництва" за підтримки Хмельницької обласної державної адміністрації, Хмельницького обласного управління освіти і науки, Хмельницької міської адміністрації у 2006 році було започатковано проведення щорічної Всеукраїнської наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Інтелектуальний потенціал молоді в науці та практиці".

Велика увага на кафедрі приділяється підтримці науково-дослідної роботи студентів. З 2007 року колектив кафедри приймає активну участь в організації та проведенні разом з Приватним вищим навчальним закладом "Університет економіки і підприємництва" щорічної грудневої регіональної студентської конференції за результатами роботи якої ПВНЗ "УЕП" випускається студентський науковий вісник.

Для зацікавлення студентів науково-дослідною роботою при кафедрі працюють студентські гуртки: гурток "Дослідження в сфері комутації та маршрутизації IP-трафіку" під керівництвом Мясіщева О.А., гурток "Елементна база цифрових систем" під керівництвом Чешуна В.М., гурток "Системи автоматизованого проектування засобів обчислювальної техніки" під керівництвом Красильникова С.Р.

Кращі студенти продовжують навчання в магістратурі та аспірантурі. На сьогоднішній день 9 випускників кафедри захистили дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук (кандидати технічних наук: Чешун В.М., Глушак С.В., Чорницький В.І., Кльоц Ю.П., Медзятий Д.М., Говорущенко Т.О., Гнатчук С.Г., Тітова В.Ю., кандидат економічних наук – Більовський К.Е.).

На кафедрі комп'ютерних систем та мереж за роки її існування започатковане проведення трьох Всеукраїнських студентських олімпіад.

У квітні 2002 року колективом кафедри комп'ютерних систем впреше було проведено Всеукраїнську студентську олімпіаду з навчальної дисципліни "Технічна діагностика обчислювальних пристроїв та систем". Загалом в Хмельницькому національному університеті було проведено шість Всеукраїнських студентських олімпіад з навчальної дисципліни "Технічна діагностика обчислювальних пристроїв та систем" після чого, у відповідності до затверджених Міністерством освіти і науки України правил організації і проведення студентських олімпіад, право проведення відповідних Всеукраїнських студентських олімпіад було передано Національному технічному університету "Харківський політехнічний інститут".

За ідеологічної, технічної та спонсорської підтримки приватної компанії "OPEN SYSTEM" (колектив кафедри висловлює особливу подяку директору компанії Ляпуну Олександровичу Володимировичу) в 2006 році кафедрою комп'ютерних систем та мереж започатковане проведення Всеукраїнської студентської олімпіади з навчальної дисципліни "Програмування мікропрограмних автоматів та мікроконтролерних систем". Протягом 2006-2008 років було проведено шість Всеукраїнських студентських олімпіад з зазначеної навчальної дисципліни – 3 представницьких та 3 заочних олімпіади з використанням ресурсів мережі Internet. Актуальність вирішуваних при проведенні олімпіади задач зумовила її вихід за рамки рівня Всеукраїнських і протягом останніх двох років участь в олімпіадах приймали команди з Росії та висловлювали зацікавленість в участі представники інших держав. З 2009 року право проведення відповідних Всеукраїнських студентських олімпіад було передано Національному технічному університету України "Київський політехнічний інститут", але, на прохання нових організаторів олімпіади, представники кафедри Мясіщев О.А. та Чешун В.М. продовжують роботу в оргкомітеті та журі олімпіади, передаючи накопичений досвід.

З поточного 2009 року на кафедрі започатковано новий проект – проведено першу Всеукраїнську студентську олімпіаду з навчальної дисципліни “Комп’ютерні мережі”.

Як найкраще свідчення високого рівня організації перелічених Всеукраїнських студентських олімпіад, окрім численних схвальних відгуків учасників, колектив кафедри сприймає зацікавленість провідних вищих навчальних закладів України в продовженні роботи започаткованих на кафедрі проектів.

Підсумки

Протягом двадцяти років існування кафедри комп’ютерних систем та мереж її колектив пройшов складний шлях від маленького новоствореного підрозділу Хмельницького технологічного інституту до підрозділу Хмельницького національного університету з одним із найвищих показників за відсотком співробітників з науковими ступенями. За цей час працівниками кафедри реалізовано багато успішних наукових проектів і, без сумніву, її колектив має потужний потенціал для подальших творчих звершень.

Література

1. Локазюк В. Н. Методы и средства тестового комбинированного диагностирования цифровых структур с компонентами повышенной степени интеграции : Дис. ... доктора техн. наук: 05.13.08 / Технологический университет Подолья. — Хмельницкий, 1994. – 332с.
2. Локазюк В.М. Технічна діагностика комп’ютерних систем // Основи інноваційно-наукових напрямів діяльності Хмельницького національного університету. Збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України. – Хмельницький : ХНУ, 2009. – 160-169 с.
3. Хмельницький Ю. В. Методы и средства тестового комбинированного диагностирования аналого-цифровых структур : Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.08 / Технологический университет Подолья. – Хмельницкий, 1996. – 181 л.
4. Огневой А. В. Методы и средства генерации тест-векторов в системах комбинированного диагностирования цифровых устройств: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.08 / Технологический университет Подолья. - Хмельницкий, 1997. - 183л.
5. Джулий В. Н. Разработка объектно-ориентированных методов и средств программной поддержки диагностирования цифровых и аналого-цифровых структур: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Технологический университет Подолья. - Хмельницкий, 1998. - 217л.
6. Чешун В. Н. Оптимизация последовательностей тест-векторов в процессе тестового комбинированного диагностирования цифровых микропроцессорных устройств: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.05 / Технологический университет Подолья. - Хмельницкий, 1999. - 182л.
7. Савенко О. С. Методы та засоби антивірусного комбінованого діагностування персональних комп’ютерів: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.13 / Технологічний університет Поділля. - Хмельницький, 1999. - 207л.
8. Бойчук В. А. Многоаспектный метод и алгоритмы генерации тестов комбинированного диагностирования микропроцессорных устройств: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.05 / Технологический университет Подолья. - Хмельницкий, 2000. - 173 л.
9. Поморова О.В. Експертні системи як засіб підвищення ефективності діагностування цифрових та мікропроцесорних пристроїв: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Технологічний університет Поділля. - Хмельницький, 2001. - 170арк.
10. Глушак С. В. Метод і засоби тестового діагностування цифрових та мікропроцесорних пристроїв з компонентами, побудованими за КМДН-технологією: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.05 / Технологічний університет Поділля. - Хмельницький, 2002. - 215арк.
11. Чорненький В. І. Засоби тестового діагностування цифрових пристроїв на базі штучних нейронних мереж: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.05 / Технологічний університет Поділля. - Хмельницький, 2002. - 230арк.

Повні вимоги до оформлення рукопису <http://visniktur.narod.ru/rules/>

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 2 від 30.09.2009 р.

Підп. до друку 01.10.2009 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