

Науковий журнал

6.2008

ВІСНИК

**Хмельницького
національного
університету**

Технічні науки

Хмельницький 2008

ВІСНИК

Хмельницького національного університету

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

Засновано в липні 1997р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2008, №6 (123)

**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, УТА, ректор Хмельницького національного університету
Голова редакційної колегії	Сілін Р. І. , заслужений працівник народної освіти України, д. т. н., професор, академік МАІ, АІН, УТА України
Заступник головного редактора	Каплун В. Г. , д. т. н., професор, академік МАІ, УТА, проректор 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

д.т.н. Кіницький Я.Т., 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. Калда Г.С., д.т.н. Камбург В.Г., д.т.н. Ковтун В.В., д.т.н. Костогриз С.Г., д.т.н. Кузьменко А.Г., д.т.н. Локазюк В.М., д.т.н. Мазур М.П., к.т.н. Мандзюк І.А., д.т.н. Мичко А.А., д.т.н. М'ясищев О.А., д.т.н. Параска Г.Б., д.т.н. Ройзман В.П., д.т.н. Рудницький В.Б., 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. Шевеля В.В., д.т.н. Либа В.П., д.ф-м.н. Качурик І.І.

Відповідальний редактор серії "Технічні науки" **Кіницький Я.Т.**, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор, Хмельницький національний університет

Технічний редактор к. т. н. Горященко К. Л.
Редактор-коректор Броженко В. О.

Адреса редакції: Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, Хмельницький національний університет
редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
(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, 2007
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2007

ЗМІСТ

М.Є. СКИБА, В.Г. КАПЛУН, В.П. ОЛЕКСАНДРЕНКО ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ	7
Н.С. МАШОВЕЦЬ, І.М. ПАСТУХ ЗВ'ЯЗОК АНАЛІТИЧНИХ КРИТЕРІЇВ З РЕАЛЬНИМИ СТРУКТУРАМИ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ, АЗОТОВАНИХ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ	16
М.В. МАРЧЕНКО, О.О. НІКІТІН ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ СИНТЕЗ КРИВОШИПНО-КУЛІСНИХ МЕХАНІЗМІВ З ВИСТОЄМ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ	22
В.С. ПАВЛОВ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ МІЦНОСТІ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ І ЗМІШАНОМУ СКЛАДНИХ ОПОРАХ, ЩО СПРИЧИНЯЮТЬ ЛІНІЙНИЙ НАПРУЖЕНИЙ СТАН. СТАТИЧНІ КОМПОНЕНТИ СКЛАДНОГО ОПОРУ – ОПОРИ ДОДАТНИМ ЛІНІЙНИМ ДЕФОРМАЦІЯМ	28
Д.М. ЯКИМЧУК, А.К. КАРМАЛІТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КРУТНИХ МОМЕНТІВ В ПРИВОДАХ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	35
І.М. ПАСТУХ, М.В. ЛУК'ЯНИК АЗОТУВАННЯ В ЦИКЛІЧНО КОМУТОВАНОМУ ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ: ПОЧАТКОВІ ПОЛОЖЕННЯ	38
Б.Ф. ПІПА, А.І. МАРЧЕНКО, В.В. ЧАБАН УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГОЛОК В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН	41
В.Т. КОНДРАТОВ ТЕОРИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ: ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В.Т. КОНДРАТОВА И ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНДРАТОВА-ЛАПЛАСА	43
О.В. ФАДСЄВА УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН	55
Б.Ф. ПІПА, В.В. ЧАБАН КОНІЧНА ФРИКЦІЙНА ПЕРЕДАЧА З ЗАСОБОМ АВТОМАТИЧНОГО ПРИТИСКУ КОТКІВ	61
В.А. БУРКО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК ПЛАСТИН	64
Л.Ф. ГОЛОВКО, ХАМІД САЛАВАТІ, ОМІДВАРІ ЕХСАН, О.П. КРАСАВІН ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ	68
В.В. КУХАРЬ РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОВОРОТНОГО КОМПЕНСАТОРА ПОГРЕШНОСТЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛЗУНА	74
Є.Ф. ЛІСЦІН, С.Й. ШАМАНСЬКИЙ, С.І. ШУЛЬГІН ОПТИМІЗАЦІЯ ДІАМЕТРА ВАЛА ШНЕКОВОГО НАСОСА З РОТОРОМ-КОРПУСОМ	77
Д.В. СТЕПАНОВ, С.Й. ТКАЧЕНКО, Л.А. БОДНАР МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ З ВРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ	80
Л. ГОЛОВКО, С. ЛУК'ЯНЕНКО, А. ШАТИЛО, Х. САЛАВАТИ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ. ЧАСТЬ I	85

Е.В. ЧЕПЕЛЮК, И.А. ПРОХОРОВА АРМИРОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНЫМИ ПОЛОТНАМИ С РЕЛЬЕФНЫМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ПОЛОСАМИ	92
О.В. ПОМОРОВА, О.Я. ОЛАР ПОБУДОВА ОНТОЛОГІЇ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ "ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ" НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ФОРМАЛЬНИХ ПОНЯТЬ	98
Д.М. МЕДЗАТИЙ МОДИФІКОВАНИЙ НЕЙРОМЕРЕЖНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ	102
Н.С. СВИРНЕВСКИЙ, Т.К. СКРИПНИК ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМИТАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТА МЕТОДАМИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	106
С.М. ЦИРУЛЬНИК, В.П. КОЖЕМ'ЯКО, В.І. РОПТАНОВ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЛОГІКО-ЧАСОВОГО ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ПРОЦЕСОРА	110
В.С. ОСАДЧУК, О.В. ОСАДЧУК, Ю.А. ЮЩЕНКО, О.О. ЯРОСЛАВЦЕВ МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ВИТРАТОМІР З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ	113
В.С. ОСАДЧУК, О.В. ОСАДЧУК, Ю.С. КРАВЧЕНКО, О.О. СЕЛЕЦЬКА ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАСТОТНОГО ОПТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	117
В.В. РОМАНЮК ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОДОВОГО РОЗДІЛЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНИХ БІНАРНИХ ФУНКЦІЙ $\left\{ \text{wal}(w, \theta) \right\}_{w=0}^{L-1}$ ТА $\left\{ \left\{ \text{rom}_u(r, \theta) \right\}_{r=0}^{L-1} \right\}_{u=1}^8$ В L -КАНАЛЬНІЙ CDMA-СИСТЕМІ	121
Ю.В. СЕНЧИШИНА, В.Р. ЛЮБЧИК ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІАГНОСТИКИ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	132
В.М. ЛИСОГОР, О.В. ОЛЬШЕВСЬКА МОДЕЛІ ВИМІРУ І КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ БІОАКТИВНИХ ТОЧОК ДЛЯ СИСТЕМ МЕДИЧНОГО ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ	137
В.В. НАЗАРОВА, Г.В. МІЩЕНКО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ ПОЛІМЕРІВ ТЕКСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ	144
Т.А. ПОПОВИЧ, Г.В. МІЩЕНКО, О.В. ПОГОРІЛА ВИКОРИСТАННЯ ПРОМОТОВАНИХ АКРИЛОВИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ ПРИ ДРУКУВАННІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВОЛОКОН	148
О.М. ЛУЩЕВСЬКА, О.М. ТРОЯН, О.Й. ЯНЦАЛОВСЬКИЙ РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМФОРТНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	151
О.І. КУЛАКОВ НАУКОВІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ОБРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	156
Ю.Г. САРИБЕКОВА, А.В. ЕРМОЛАЕВА ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА НА ПОВЕРХНОСТЬ ВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ПОДГОТОВКИ ШЕРСТИ	160
І.Г. ЧЕЧИНА, О.В.СКРОПИШЕВА, Г.В.МІЩЕНКО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕРМЕНТІВ НА ШВИДКІСТЬ ФАРБУВАННЯ ЛЛЯНИХ ТКАНИН ПРЯМИМИ БАРВНИКАМИ	163
Т.Д. ТЕРЕЩЕНКО, Д.О. МОЛОЖНИКОВА РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ФОРМОСТІЙКОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА	166

О.І. КУЛАКОВ, А.Я. ГАНЗЮК ВИКОРИСТАННЯ ПРЯМИХ ЕМУЛЬСІЙ ДЛЯ ЗНЕЖИРЕННЯ ТА ВІДБЛЮВАННЯ ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА ...	169
О.Р. МОКРОУСОВА, К. СМЕХОВСКИ ВИСОКОДИСПЕРСНІ МІНЕРАЛИ ЯК ЕМУЛЬГАТОРИ ПРИРОДНИХ ЖИРІВ ТА ОЛІЙ В ЕМУЛЬСІЙНОМУ ЖИРУВАННІ ШКІР	172
С.В. ПУТІНЦЕВА, О.Ф. БОГДАНОВА, Ю.В. БЕРЕЗОВСЬКИЙ ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ СТЕБЕЛ ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР	176
О.П. СИРОТЕНКО, А.Л. СЛАВІНСЬКА ОСОБЛИВОСТІ ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОДЯГУ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СПОЖИВАЧА З УРАХУВАННЯМ ЙОГО МОРФОЛОГІЧНОГО ТИПУ	179
С.Г. КУЛЕШОВА РОЗРОБКА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ХУДОЖНЬОГО ПРОЕКТУВАННЯ КОЛЕКЦІЇ МОДЕЛЕЙ З НАТУРАЛЬНОЇ ШКІРИ В СТИЛІ ПЕЧВОРК	183
К.І. БОНДАР, Н.В. МАЗУР ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОЛОВІЧИХ ПІДЖАКІВ	189
А.М. СЛІЗКОВ, В.Ю. ЩЕРБАНЬ, С.М. КРАСНИЦЬКИЙ СТОХАСТИЧНІ ЗАДАЧІ В ДОСЛІДЖЕНІ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	194
І.О. ЗАСОРНОВА, О.М. САРАНА, О.С. ЗАСОРНОВ ВИБІР ОРНАМЕНТІВ УКРАЇНСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ВИШИВКИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЖІНОЧИХ КОСТЮМІВ ДЛЯ УРОЧИСТИХ ПОДІЙ	198
А.Д. МАКАРКІНА, Н.І. КОЧЕТОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖІНОЧОГО ЄВРЕЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО КОСТЮМА З БІБЛЕЙСЬКИХ ЧАСІВ І ДО НАШИХ ДНІВ ЯК ДЖЕРЕЛО НАТХНЕННЯ ДЛЯ СУЧАСНИХ ТВОРЦІВ ОДЯГУ	202
О.В. ЗАХАРКЕВИЧ, Н.Г. САВЧУК, С.Я. САДОВА ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗМІЩЕННЯ І ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛЕЙ БІЧНИХ КИШЕНЬ ТИПУ «ПП-ПГ» У ДВОСТОРОННІХ ВИРОБАХ	205
О.В. ПОПОВИЧ, М.О. КУЩЕВСЬКИЙ ОСОБЛИВОСТІ НЕТРАДИЦІЙНИХ СПОСОБІВ ФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ	209
І.А. АЛЄКСЄЄВА, С.Г. КУЛЕШОВА РОЗРОБКА СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ФОРМУВАННЯ ВЕСІЛЬНОГО ГАРДЕРОБУ	212
О.С. ВАСИЛЬЄВА ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗМІНИ МОРФОЛОГІЇ ГОЛОВИ ЛЮДИНИ	218
Т.А. НАДОПТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ АБРИСІВ ПРОТОТИПУ ВЗУТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИВИХ БЕЗЬС	222
Т.В. ЛАЗАРЕНКО, К.Л. ШЕВЧЕНКО КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ КАФЕДРИ У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ	226
Ю.І. ШАЛАПКО, С.Г. КОСТОГРИЗ, В.С. КУРСКОЙ РОЗВИТОК ДЕСТРУКТИВНИХ ЯВИЩ У НОМІНАЛЬНО-НЕРУХОМОМУ КОНТАКТІ В УМОВАХ ДІЇ МІКРОЗМІЩЕНЬ КОНТАКТУЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ	228
NORBERT RADEK, ŁUKASZ J. ORMAN WATER BOILING ON ELECTRO-SPARK DEPOSITED COPPER COATING	233
О.В. ЧОРНА, Л.В. КРАСНЮК ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ДИНАМІЧНОЇ ВІДПОВІДНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЖІНОЧИХ КУРТОК З РІЗНИМИ ПОКРОЯМИ РУКАВІВ	236

А.Г. КУЗЬМЕНКО, В.П. СВДЕРСЬКИЙ, В.С. ЯРЕМЧУК, С.В. ШЕРШУН ПОВЗУЧІСТЬ І ЗНОС ФТОРОПЛАСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ	239
В.И. КОНДРАТЮК ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО КАМНЯ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ	242

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Розглянуто розвиток науково-дослідної роботи в Хмельницькому національному університеті за період 2002-2007 років. Розкрито високий науковий потенціал професорсько-викладацького складу та наукових співробітників університету як необхідну передумову підготовки висококваліфікованих фахівців для народного господарства України. Проведено аналіз інноваційно-спрямованих напрямів наукової діяльності та обґрунтована їх перспективність.

Наукова і науково-технічна діяльність у Хмельницькому національному університеті є невід'ємною складовою освітньої діяльності. Науково-дослідна робота (НДР) в університеті проводиться в напрямку розвитку фундаментальних та прикладних досліджень з використанням бюджетного і позабюджетного фінансування та всебічної підтримки ініціативи науковців у пошуку нових форм проведення наукових досліджень (проведення спільних досліджень з вченими НАН України, закордонних університетів, договорів про співдружність з підприємствами, створення навчально-науково-виробничих центрів, бізнес-інкубаторів, кластерів тощо). Регулярно розробляються та здійснюються заходи щодо активізації досліджень з пріоритетних напрямків розвитку вітчизняної науки і техніки, підвищення науково-технічного рівня прикладних розробок, поглиблення наукового та науково-технічного співробітництва із виробничниками, покращення результативності науково-технічної діяльності, підвищення рівня підготовки науково-педагогічних і наукових кадрів, залучення обдарованої молоді до виконання наукових досліджень та інноваційної діяльності. Це сприяє динамічному і різнобічному розвитку напрямів науково-дослідної роботи в університеті (табл. 1).

Таблиця 1

Основні показники виконання науково-дослідної роботи

	Показники	Роки					
		2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	Обсяг бюджетного фінансування (тис. грн.)	183/204	200/230,8	210/332,5	220/466,6	240/632,7	640/1261,9
2	Обсяг госпдоговірних робіт (тис. грн.)	150/183,3	160/213,7	175/224,7	190/252,5	240/220	260/464
3	Загальний обсяг фінансування НДР (тис. грн.)	333/387,3	360/444,5	385/557,2	410/719,1	480/852,7	900/1725,9
4	Публікації	800/1207	850/1250	900/1268	950/1290	985/1296	1030/1382
5	Підручники і монографії з грифом МОН України	13/19	14/21	15/23	15/22	16/22	25/52
6	Одержано патентів	20/30	22/44	25/30	27/30	29/30	29/31
7	*Наукові і науково-методичні конференції, міжнародні і республіканські	12/10	12/16	10/10	10/12	10/12	10/14
8	Захист докторських дисертацій	4/0	4/2	6/2	8/1	10/2	4/2
9	Захист кандидатських дисертацій	30/17	32/23	34/30	35/32	35/19	25/23
10	Кількість студентів, що займаються НДР	1600/1620	1625/1631	1650/1821	1676/1841	1700/1910	1735/1920
11	Публікації студентів	240/258	260/278	320/351	340/374	360/607	410/730
12	Нагороди студентів на олімпіадах і конкурсах	15/17	16/18	17/23	18/29	20/27	22/31

^{*} В чисельнику – план, в знаменнику – факт.
Фінансування НДР за шість років – з 2002 до 2007 року- збільшилось в 4,5 рази. (рис. 1).

Тільки у 2007 році виконано науково-дослідних робіт на суму 1725,9 тис. грн, що в 2 рази більше в порівнянні з 2006 роком, в тому числі за рахунок держбюджетного базового фінансування – 761,9 тис. грн, державних програм та держзамовлення – 500 тис. грн. і госпдоговірних НДР - 464 тис. грн.(рис. 2), що в 2,1 рази більше в порівнянні з 2006 роком. Обсяг госпдоговірних робіт до базового держбюджетного фінансування складає 60%, що на 25% більше в порівнянні з 2006 роком. Серед підрозділів університету найбільший внесок зробили: лабораторія композиційних матеріалів – 123,3 тис. грн, Подільський науковий фізико-технологічний

центр – 86,7 тис. грн, Територіальний інноваційний центр «Поділля»-60,7 тис. грн, центр «Еко-Поділля» - 47,2 тис. грн, кафедра обліку і аудиту – 46,1 тис. грн, регіональний інформаційно-інноваційний центр енергозбереження – 26,8 тис. грн, кафедра екології – 23,1 тис. грн, випробувальний центр з сертифікації продукції – 21,4 тис. грн, кафедра економіки підприємств та підприємництва – 14,0 тис. грн, кафедра машин і апаратів – 9,2 тис. грн, кафедра безпеки життєдіяльності – 5,3 тис. грн. У 2007 році завершено виконання 31 наукової роботи. У виробництво впроваджено 24 НДДКР, в навчальний процес – 16. Згідно з договорами про співпрацю підприємствам та організаціям міста і області безоплатно виконано 158 науково-дослідних робіт.

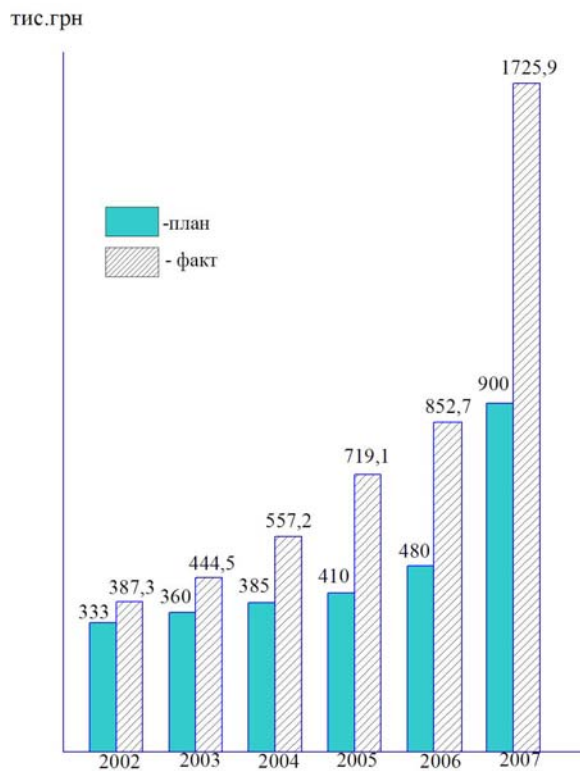


Рис. 1. Обсяг фінансування науково-дослідних робіт

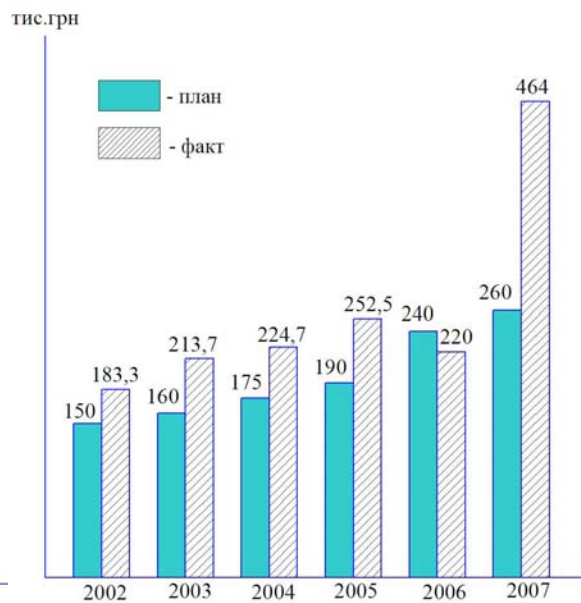


Рис. 2. Обсяг виконання господарських науково-дослідних робіт

В університеті успішно працюють 15 наукових шкіл. Наукова та науково-дослідна діяльність зосереджена на 48 кафедрах, в наукових лабораторіях та наукових центрах. Серед останніх слід зазначити Подільський науковий фізико-технологічний центр, лабораторію композиційних матеріалів, Науково-дослідний інститут трибології і трибологічного матеріалознавства, центр Моді, регіональний інформаційно-інноваційний центр з енергозбереження, територіальний інноваційний центр «Поділля», Регіональний центр перепідготовки та працевлаштування, навчально-науково-виробничі центри тощо. Дослідження проводяться з різних наукових напрямів, основні результати з яких наведені нижче.

Природничі науки

Науковцями виконані дослідження по комплексній науково-дослідній роботі «Регіональна екологія та природні ресурси Хмельницької області» за напрямками:

- біотестування та біоіндикація природних об'єктів та техносфери;
- моніторинг довкілля, стану ґрунтів, біологічного та ландшафтного різноманіття, урбанізованих територій, радіоекологічна оцінка територій;
- моделювання розповсюдження забруднень в екосистемах;
- нормування антропогенного навантаження забруднень в екосистемах: визначення впливу промислових підприємств на стан атмосфери, водойм, моделювання та оптимізація функціонування систем біологічної очистки;
- проблеми екології людини та ін.

Завершено фундаментальний проект «Теорія нейромережних і нечітких моделей та методологія створення інтелектуальних систем діагностування комп'ютерних пристроїв». Розроблено 4 інтелектуальні системи, а саме: програмні засоби інтелектуального діагностування комп'ютерних систем; нейромережну систему діагностування робочих станцій локальної мережі та жорстких дисків; експертну систему діагностування комп'ютерних пристроїв; інформаційно-пошукову систему для тестування комп'ютерних систем та їх складових. У результаті проведених теоретичних досліджень розв'язано важливу науково-прикладну проблему підвищення ефективності діагностування комп'ютерних систем на етапі експлуатації шляхом розроблення теоретичних основ, методів та засобів інтелектуалізації процесу діагностування комп'ютерних систем в умовах неповноти діагностичної інформації.

Викладачі університету розв'язували фундаментальні проблеми в галузі механіки деформівного твердого тіла, контактних задач для тіл з початковими напруженнями, контактних задач трибології, а також в галузі теорії звичайних диференціальних рівнянь, теорії груп та інтегральних перетворень, інформаційних систем та мереж. Фізико-хімічний напрям включав дослідження фізики твердого тіла, фізики і хімії поверхні, явищ магнетизму фізики напівпровідників, синтезу нових органічних сполук, сорбційних властивостей нових синтетичних сорбентів та впливу хімічних процесів в текстильному матеріалознавстві, одержання нових мастильних матеріалів.

Успішно виконано науковий проект «Теорія фазочастотних вимірювань та перетворень радіосигналів та напрямки її застосування». Закладено основи нового наукового напрямку в галузі електрорадіовимірювальної техніки та вирішена науково-прикладна проблема, яка має важливе народногосподарське значення і полягає у створенні теорії фазочастотних вимірювань та перетворень радіосигналів, на базі якої розроблені принципово нові методи та засоби вимірювання, перетворення та формування фазочастотних параметрів радіосигналів, показані можливості їх застосування в наукових дослідженнях та промисловості. Розроблена теорія дозволила спростувати всі існуючі «парадокси» в галузі частотних вимірювань та формування радіосигналів і відкрила принципово нові можливості, усунувши відоме протиріччя між швидкістю вимірювання та точністю, які є методичними похибками неадекватності моделей, особливо за обмеженого часу доступу до сигналу (менше 100-1000 періодів сигналу).

Суспільні науки

Науково-дослідна робота з проблем філософії і політології містила дослідження соціально-політичного і духовного розвитку українського суспільства в сучасних умовах, філософії Стародавнього Сходу. Педагогічні дослідження стосувалися проблем розвитку особистості майбутнього фахівця соціально-педагогічної сфери та розробки психолого-педагогічної системи розвитку особистості професіонала. Особливе місце в науковій роботі педагогів посідають виставки науково-технічної та художньої творчості.

В галузі економічних наук працюють викладачі 10 кафедр університету, які досліджують та вирішують економічні проблеми та проблеми управління макро- та мікроекономічними процесами в умовах ринкових відносин, маркетингового механізму функціонування підприємств, вдосконалення та використання фінансово-кредитних важелів та стимулів регулювання економіки, удосконалення виробничих відносин, управління людськими ресурсами, моделювання методів праці, формування системи менеджменту, застосування інтегрованих рішень міжнародних проблем з використанням інформаційних технологій.

Активного розвитку набув напрям «Сучасні стратегії та технології управління інвестиційною діяльністю компанії», в рамках якого розроблені теоретико-методологічні і прикладні положення формування, впровадження та адаптації стратегії і технології ефективного управління інвестиційною діяльністю компанії, створено економетричну модель, що відображає залежність обсягів інвестування від стану інвестиційного клімату в державі.

Гуманітарні науки

Успішно досліджувалися актуальні питання історії України та міжнародних відносин, розв'язувалися проблеми наукового забезпечення викладання гуманітарних дисциплін у вищій школі, методичних основ навчання іноземних мов у контексті Болонського процесу, проблеми філології та перекладу, засад використання новітніх технологій навчання іноземної мови у ВНЗ.

Виконано перспективні дослідження з іншомовної комунікативної компетентності як одного із аспектів вирішення проблеми формування майбутнього фахівця, що відповідає умовам часу і демократичної держави. Високий рівень іншомовної компетентності у нових умовах призводить до необхідності формування іншомовної комунікативної компетентності – особистісної якості, що виражається у готовності і здатності діяти на основі іншомовних компетенцій у контексті професійної діяльності.

Пріоритетний напрям «Збереження навколишнього середовища та сталий розвиток»

Досліджувались принципи оптимізації екомережі та проблеми екологічної освіти. Виконано наукове обґрунтування 12-и нових природничо-заповідних об'єктів Хмельницької області. Запропоновані рекомендації з покращення управління екобезпекою ландшафтів Хмельницької області. Розроблені пропозиції щодо управління рухом відходів вторинної сировини за принципом «Нулеві відходи».

Пріоритетний напрям «Новітні комп'ютерні засоби та технології інформатизації суспільства»

Виконувались наукові дослідження в сфері проектування та впровадження комп'ютерних систем та мереж, захисту інформації в комп'ютерних системах, комутації та маршрутизації IP-трафіку, створення системи діагностування комп'ютерних пристроїв, впровадження інформаційних технологій, комп'ютерної фотограмметрії. Розроблені нейромережна модель та метод прогнозування роботоздатності мікропроцесорних засобів, методика побудови інтелектуальних систем діагностування комп'ютерних пристроїв та визначені методи узгодження нечітких рішень. Створені алгоритми функціонування систем діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем.

Пріоритетний напрям «Новітні ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі»

Проведено дослідження та розроблені нові високоефективні іонні технології та обладнання для зміцнення поверхні конструктивних елементів машин із одержанням оптимальних фізико-механічних

властивостей, що забезпечують підвищення їх довговічності при довгостроковій експлуатації в умовах циклічних навантажень, при контактній взаємодії та згині з використанням методу хіміко-термічної обробки металів у плазмі тліючого розряду. Розроблені теоретичні основи процесу з використанням положень фізики електричного розряду в газі, досліджено вплив окремих факторів: складу газового середовища, температури, міжелектродного потенціалу, густини струму на головні параметри та встановлена можливість створення на базі досліджень моделі керування технологією. Оскільки в техніці широко застосовуються деталі машин й інструмент, які працюють в умовах інтенсивного зношування, підвищення їх ресурсу дозволить в значній мірі скоротити витрати на експлуатацію, ремонт, поновлення, що дасть значний економічний ефект. Відомі традиційні технології ХТО вимагають тривалої обробки деталей і інструменту, значних витрат енергетичних ресурсів і є шкідливими. Запропонована технологія заощаджує енерговитрати, а також є екологічно чистою, дозволяє прогнозувати експлуатаційні властивості оброблених конструктивних елементів.

Розроблені технології зміцнення поверхні конструктивних елементів в плазмі тліючого розряду методом дифузійного насичення поверхні металу в безводневих насичуючих середовищах з метою підвищення їх фізико-механічних і експлуатаційних характеристик, при довгостроковій експлуатації. Технології відзначаються доброю керованістю, економічністю і можливістю змінювати фізико-механічні властивості поверхневого шару (твердість, товщину, фазовий склад тощо) в широких межах та можливістю прогнозування експлуатаційних характеристик (зносостійкості, втомної витривалості при різних видах навантаження). Дані технології перевищують відомі світові аналоги за економічними, фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками, виключають водневе окрихчення металів, зменшують витрати електроенергії на 40% в порівнянні з водневомісткими технологіями, екологічно чисті і покращують умови праці.

Результати НДР можуть бути використані в металообробці, авіабудуванні, деревообробці, автомобілебудуванні, інших загальних та спеціальних галузях машинобудування, де виникає потреба в покращенні властивостей металевих виробів, інструментальному виробництві (ріжучий інструмент, штампи, прес-, ливарні форми тощо).

Технології зміцнення поверхні в тліючому розряді в безводневих середовищах впроваджені у виробництво на Подільському науковому фізико-технологічному центрі, ВАТ «Адвіс», ВАТ «Термопластавтомат», ЗАТ «Руукі Україна», ТОВ «Техносоюз», ТОВ «Технооснастка», НВП «Віднова» для зміцнення деталей машин, пресформ, штампів.

Завершено фундаментальну розробку «Теоретичні основи та методи оптимального синтезу шарнірно-важільних механізмів із зупинкою вихідної ланки». Розроблено загальний чисельний метод визначення величини ділянки наближення в напрямних механізмах, який має ряд переваг перед існуючими методами, зокрема на основі аналізу шатунної кривої дозволяє значно точніше визначити величину ділянки наближення. Запропоновано критерій сповільненості виходу вихідної ланки з фази зупинки для синтезу більш досконалих механізмів за кінематичними характеристиками.

Розроблено чисельний метод, що дозволяє проводити синтез важільних механізмів за заданою тривалістю зупинки вихідної ланки з використанням точок Болла, Бурместера та точок розпрямлення 4-го порядку, оскільки синтез таких механізмів є важливою практичною задачею. Побудовано довідкові карти, що відображають межі існування механізмів з однаковою тривалістю зупинки вихідної ланки. Встановлено, що двокривошипні механізми можуть успішно використовуватись як базові прямолінійно-напрямні механізми при проектуванні важільних механізмів із зупинкою вихідної ланки, причому вони мають ряд переваг перед аналогічними кривошипно-коромисловими.

Науковцями університету виконані дослідження і розробки з динаміки, міцності та надійності машин, приладів та апаратури. Сформульовані вимоги щодо створення нових конструкцій машин зменшеної ваги та малої віброактивності; створено електронний пристрій захисту машин від підвищених вібрацій, вперше розроблено прилад для запису обертів сепараторів підшипників кочення у важко доступних місцях. Вперше отримані відеозаписи поведінки робочих тіл в автобалансуючому пристрої на роторі з горизонтальною віссю обертання, а також, вперше наочно можна побачити коливання окремих плат, розташованих в блоці радіоелектронних засобів.

Здійснено технічне вдосконалення акустичної емісії і проведено розробку принципово нових методик площинної і об'ємної локації, які дозволяють визначати місця майбутнього пошкодження задовго до катастрофічної руйнації. Створені методики технічного діагностування міцності паяних і зварних з'єднань, посудин, що експлуатуються під тиском.

Можливим застосуванням розробок проекту є турбоагрегати атомних та теплових електростанцій, електронне обладнання, машини складної побутової техніки, газотурбінне обладнання на авіаційному, морському, залізничному, автомобільному транспорті, у хімічній, харчовій та інших галузях промисловості, всюди, де є швидкообертаючі ротори. Зниження віброактивності таких машин призведе до підвищення їх надійності, зростання ресурсу, якості виконання технологічного процесу, поліпшення екологічних умов. Розробки проекту також можуть бути використані у енергетиці та радіотехнічній промисловості для захисту від підвищених вібрацій плат та окремих елементів блоків РЕЗ, при проектуванні та виготовленні мікромодулів, резисторів, конденсаторів та інших радіокомпонентів для підвищення їх надійності під час експлуатації. Нові методики використання методу акустичної емісії дозволять більш ефективно проводити неруйнівний контроль і технічне діагностування міцності матеріалів і конструкцій.

В галузі ресурсозберігаючих технологій розроблено та науково обґрунтовано метод експериментальних

досліджень параметрів технологічного процесу механічної переробки (утилізації) відходів полімерних і текстильних матеріалів. Спроековано та виготовлено голкофрезний пристрій, за допомогою якого проведені експериментальні дослідження технологічного процесу утилізації відходів полімерного і текстильного матеріалу.

Згідно з проектом «Розробка енергозберігаючих технологій та обладнання для утилізації полімерних та волокнистих матеріалів» розроблена інженерна методика проектування обладнання для утилізації відходів текстильного і шкіряного виробництва, яка враховує вид перероблюваного матеріалу та конкретні умови процесу утилізації. За допомогою вказаної методики визначені оптимальні геометричні параметри інструменту (кут загострення, форма та радіус заокругленого робочого органу, що безпосередньо взаємодіє з матеріалом); технологічні параметри процесу переробки (швидкість взаємодії робочого органу з матеріалом), при яких забезпечується зменшення енерговитрат на 10% при досить високій якості переробки (довжина волокон 6-14 мм). За визначеними параметрами був спроектований і виготовлений дослідний зразок молоткового подрібнювача для утилізації волокнистих відходів.

В результаті використання розробок, що пропонуються, економія енергетичних ресурсів становить близько 12%; економія за рахунок відсутності необхідності знищення відходів становить близько 12%; економія на матеріалі при литті підшов становить близько 15%; економія на матеріалі при виготовленні картону становить близько 40%, що приводить до зменшення собівартості продукції на 25%.

Результати науково-дослідної роботи були апробовані на підприємствах України:

- Хмельницькій взуттєвій фабриці ВАТ «Взутек»;
- Запорізькій взуттєвій фабриці ТОВ «МІДА, лтд»;
- Львівському взуттєвому виробничо-торгівельному підприємстві ВАТ «Прогрес»;
- Запорізькому шкіряному підприємстві ПП Костяновський О.М.

Досліджувались проблеми тертя та зношування в машинах, міцності, зносостійкості поверхневих шарів. Розроблялись технології та обладнання для зміцнюючої обробки деталей та інструментів різними методами. Завершено науково-дослідну розробку «Підвищення зносостійкості та працездатності обладнання паливно-енергетичного та машинобудівного комплексів». Розроблені наукові основи підвищення довговічності і надійності деяких елементів обладнання паливно-енергетичного комплексу, що працюють в агресивних середовищах під впливом значних температурно-силових навантажень; розроблені наукові основи і способи підвищення довговічності трибосистем; визначені механізми втрати цілісності та розвитку малоамплітудного фретингу у номінально-нерухомих з'єднаннях.

Запропоновано новий принцип удосконалення мастильних трибосистем, який передбачає отримання інертногазової атмосфери та її використання для насичення мастильних середовищ з метою зниження вмісту розчиненого кисню. Знекиснювання мастильних середовищ сприяє підвищенню протизношувальних властивостей товарних мастил як мінеральних ТП-22 – в 1,9 рази, так і синтетичних ОМТИ – в 3,4 рази та нівелює негативний вплив їх обводнення в процесі експлуатації на падіння зносостійкості пари тертя.

Розроблено програмний комплекс для розрахунку на працездатність об'єктів паливно-енергетичного комплексу на ЕОМ.

Виконано прикладну розробку «Теоретично-методичні основи оцінки теплозахисних та електрофізичних властивостей матеріалів для спецодягу та взуття».

Здійснене математичне моделювання процесу теплопередачі крізь матеріали, встановлена залежність теплозахисних властивостей матеріалів від їх геометричних параметрів. Накопичено банк показників горючості, теплостійкості матеріалів та їх теплофізичних характеристик. Розроблено експериментальний пакет для теплозахисту тіла людини в заданих температурних умовах. Запропоновані механізми виникнення електростатичних зарядів та електричні схеми електризації людини у виробництві і в побуті. Розроблені метод і установки для оцінки трибоелектризації матеріалів для одягу і взуття. Запропоновані рекомендації по захисту від негативних проявів статичної електрики на виробництві і при експлуатації одягу та взуття.

Розроблені нові способи та засоби перевірки трансформаторів струму та напруги. Запропоновані вітчизняні еталони, характеристики та параметри, які не поступаються відповідній техніці європейського рівня.

Проведені дослідження із розробки нових технологій та обладнання виробництва високоефективних комбікормів для тваринництва. Запропоновано виготовлення комбікормів із фуражного зерна різних культур з добавками відходів зернового виробництва та мінералу сапоніту методом екструдуювання, відпрацьована технологія одержання комбікормів.

Пріоритетний напрям «Нові речовини і матеріали»

Розроблено нові технології і антифрикційні матеріали на основі фторопласту. Флубон, який характеризується високою хімічною стійкістю, надійністю і довговічністю, не вимагає застосування мастил в парах тертя, перевищує існуючі зарубіжні аналоги. Так, за довговічністю ущільнення з матеріалу флубон переважають в 3...10 разів матеріали фірм Росії – фторолон-4, Ф4К20, АФГМ, АФГ-5М, Ф4С15, капролон – В, а також в 3...5 разів- матеріали іноземних фірм «Гарлок», «Діксон», «Інелард». Розроблений матеріал з великим економічним ефектом заміняє імпортовані матеріали. Застосовується в компресоробудуванні, підшипниках ковзання. Впроваджується в виробництво на багатьох підприємствах машинобудування і харчової промисловості.

Розроблена технологія нанесення тефлонових покриттів, що забезпечують високу корозійну стійкість і високі антифрикційні властивості поверхонь.

Розроблені прогресивні технології переробки рослинних олій, зокрема, ріпаку в паливно-мастильні

матеріали: екологічно чисте дизпаливо «метефрол», мастильні композиції різного призначення: трансмісійні, гідравлічні, індустриальні мастила, присадки, мастильно-охолоджуючі рідини та пластичні пасти, що застосовуються при металообробці. Дані матеріали пройшли промислове випробування, захищені патентами і застосовуються у виробництві та неодноразово експонувалися на міжнародних виставках.

В університеті видаються три наукових журнали, що затверджені ВАК України як фахові, а саме «Вісник Хмельницького національного університету», «Проблеми трибології» і «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». При цьому журнал «Проблеми трибології» є міжнародним. Співробітники університету із року в рік (рис. 3) стабільно нарощують кількість публікацій за результатами проведених досліджень із перевагою друкування робіт у фахових журналах та наукових збірниках. На теперішній час середній показник публікацій сягає 2-х статей на одного науковця в рік.

В 2007 році відбувся якісний стрибок у виданні навчально-наукової літератури (рис. 3). Співробітниками університету видано 31 підручник і навчальний посібник серед яких 27 з грифом МОН України та 21 монографія. Активна винахідницька діяльність професорсько-викладацького складу та науковців дозволяє щорічно патентувати не менше 30 винаходів.

В університеті кожного року проводиться 10-12 наукових і науково-технічних конференцій республіканського і міжнародного рівнів. Про їх високий статус свідчить широке представництво науковців із різних регіонів України та із-за кордону.

Співробітники університету приймають участь у виставковій діяльності. Так, лише в 2007 році університет був представлений на 8 національних та 5 міжнародних виставках (Росія, Єгипет, Україна, Польща).

Результативність та ефективність наукових досліджень в значній мірі залежить від професійного та кваліфікаційного рівня наукових та науково-педагогічних працівників. Підготовка кадрів вищої кваліфікації здійснюється через докторантуру, аспірантуру та магістратуру, до навчання в яких проводиться відбір кандидатів із числа талановитої молоді. До аспірантури рекомендуються студенти, які під час навчання у вузі або магістратурі показали відмінні знання та виявили здібності до наукової діяльності. До докторантури пропонуються викладачі із відповідними науковими досягненнями.

В університеті функціонують докторантура з 5-и спеціальностей та аспірантура з 17-и спеціальностей, де навчаються 118 аспірантів.

Успішно діють Спеціалізована докторська рада із захисту дисертацій з двох технічних дисциплін «Тертя та зношування в машинах», «Машинознавство» та дві спеціалізовані ради із захисту кандидатських дисертацій із двох економічних спеціальностей – «Економіка, організація і управління підприємствами», «Економіко-математичне моделювання» та з двох технологічних спеціальностей – «Технологія швейних виробів» та «Технологія взуття та шкіряних виробів». За результатами науково-дослідної діяльності в університеті щорічно захищаються 2 докторські дисертації та 20-30 кандидатських дисертацій.

Науково-дослідна робота та інноваційна діяльність студентів,

молодих вчених

Однією з важливих складових науково-дослідної роботи університету є студентська науково-дослідна робота, яка проводиться за такими напрямками:

- виконання госпдоговірних та держбюджетних НДР;
- участь в олімпіадах, конкурсах, наукових гуртках, клубах, навчально-дослідній роботі;
- участь в роботі студентського будинку моделей;
- виконання курсових та дипломних проектів з елементами наукових досліджень;
- винахідницька діяльність;
- участь у наукових конференціях.

На виконання Указу Президента України «Про Програму роботи з обдарованою молоддю» від 8 лютого 2001 р. № 78/2001 в університеті значно активізувалась студентська наукова робота (рис.4). З метою підвищення ефективності та результативності науково-дослідної роботи студентів, аспірантів та молодих викладачів в 2006 році в університеті створено наукове товариство студентів і молодих вчених (НТС і МВ). НТС і МВ включає такі наукові студентські об'єднання, як Студентський будинок моделей, Інтелектуальний клуб «Smart game», наукові гуртки та проблемні групи по окремих інститутах, факультетах.

Велика кількість студентів зайнята науково-дослідною роботою в наукових гуртках та проблемних групах (в університеті їх діє 65), в госпдоговірних і держбюджетних НДР, навчально-науково-виробничих центрах та студентському Будинку моди університету. Результати цієї роботи відображені в публікаціях, патентах, підтверджені перемогами на олімпіадах та конкурсах. Так в 2007 році студентами зроблено 1639 доповідей на факультетських конференціях і 312 доповідей на всеукраїнських і міжнародних конференціях. Опубліковано 730 наукових статей, що вийшли в збірниках студентських робіт інституту економіки і управління, гуманітарного інституту та інституту механіки та інформатики. Подано 10 заявок та отримано 7 патентів на винаходи, завойовано 31 призове місце, з яких 10 на міжнародних та всеукраїнських олімпіадах та 21 в конкурсах на кращу НДР, отримано 10 заохочувальних дипломів.

Наукове товариство студентів і молодих вчених спільно з кафедрами в рамках проекту «В майбутнє з інформаційними технологіями» регулярно проводять:

1) міжнародну олімпіаду та конкурс студентських та аспірантських наукових робіт з САПР та комп'ютерного моделювання (очний та заочний тури).

- 2) ярмарок програмного продукту серед студентів та школярів області.
- 3) регіональну олімпіаду з програмування та інформатики.

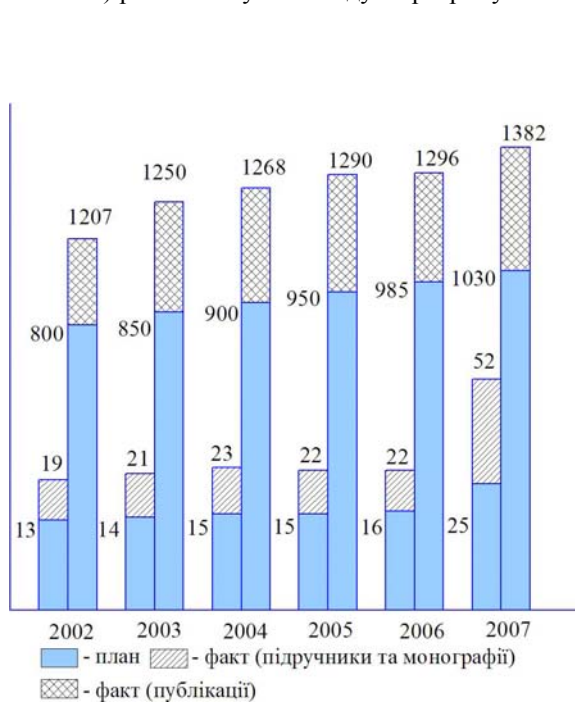


Рис. 3. Публікації наукових статей, видання підручників та монографій

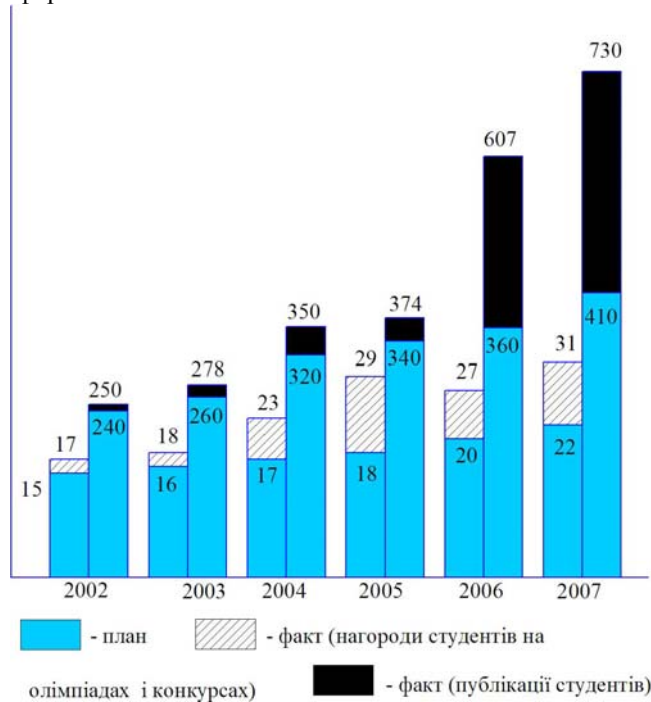


Рис. 4. Студентська науково-дослідна робота

Крім того II етап Всеукраїнської студентської олімпіади з двох дисциплін:

- з технічної діагностики обчислювальних пристроїв та систем;
- з програмування мікропрограмних автоматів та мікроконтролерних систем (очний і заочний тури).

Профільюючими кафедрами університету проводяться Всеукраїнські конкурси студентських та аспірантських науково-дослідних робіт з маркетингу, менеджменту організацій, економіки та менеджменту промислових підприємств, управління персоналом та економіки праці. У 2007 році 59 творчих робіт студентів і аспірантів брали участь у 24-х Всеукраїнських конкурсах наукових робіт і посіли 11 призових місць. Результатом плідної творчої праці студентів та викладачів є активне представництво університету в II етапі Всеукраїнських олімпіад. 65 студентів брали участь у 25 олімпіадах II етапу з дисциплін та спеціальностей і вибороли 10 призових місць, 14- нагороджені заохочувальними грамотами.

З метою залучення талановитої молоді до науки, обміну науково-технічною інформацією, встановлення зв'язків між молодими вченими України, виявлення нових можливостей, кооперації та об'єднання зусиль у вирішенні спільних проєктів на базі університету регулярно проводяться Всеукраїнські науково-практичні конференції, серед яких:

- «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво»;
- «Розвиток соціально-економічних відносин в умовах трансформації економіки України»;
- «Інтелектуальний потенціал молоді в науці і практиці»;
- україно-польські наукові конференції «Новітні технології та матеріали у виробничих процесах» та ін.

Велику роботу з розкриття та ефективного використання творчого та інтелектуального потенціалу студентів, набуття практичного досвіду діяльності за спеціальністю, пропаганди моди проводить Студентський Будинок моделей під керівництвом доцента Баннової І.М. Так, на протязі 2007 року відбулось 18 виступів СМБ, на яких показано 39 колекцій одягу в 8 містах України і зарубіжжя (Санкт-Петербург, Брно, Донецьк, Харків, Вінниця, Одеса, Київ, Хмельницький). 24 колекції були нагороджені грамотами та завоювали призові місця.

Нові форми організації наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності в ринкових умовах

Розвитку діючих та впровадженню нових форм організації наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності в університеті приділяється велика увага.

Одним з ключових питань розвитку сучасного суспільства є поширення та впровадження передових енергозберігаючих технологій. На виконання цих вимог в 2002 році в університеті було створено регіональний інформаційно-інноваційний центр з енергозбереження, основними напрямками діяльності якого є:

- проведення енергетичної паспортизації (заповнення енергетичного паспорту) підприємств, установ та організацій бюджетної сфери, системи охорони здоров'я;
- проведення енергоаудиту (проведення енергетичного обстеження та аналіз його результатів з наданням рекомендацій зі зменшення енергозатрат та енергоємності в собівартості продукції) організацій бюджетної сфери, системи охорони здоров'я;
- участь в розробці районних та місцевих програм з енергозбереження;

- формування та супровід інформаційних баз даних: про перспективні науково-технічні проекти, рішення, винаходи та іншу науково-технічну продукцію у сфері енергозбереження тощо.

З метою реалізації державної політики у сфері інноваційної діяльності, розширення впровадження досягнень науково-технічного прогресу у виробництво, створення нових технологій та видів продукції, які сприятимуть поліпшенню соціального і економічного стану, покращення підготовки висококваліфікованих кадрів для області та України в цілому в 2005 р. створено територіальний інноваційний центр "Поділля" як структурний підрозділ університету. При центрі діє підприємство «Віднова». Тут є належна матеріально-технічна база, де студенти проходять виробничу практику, а також проводять наукові дослідження та експерименти, виготовляють дослідні зразки.

Університет має досвід створення інноваційно-орієнтованих об'єднань. За участю університету тривалий час функціонує асоціація «Поділля Перший», яка об'єднує швейний, будівельний, харчовий та туристичний кластери. Її стратегічна програма, що розроблена та впроваджується в життя керуючим комітетом, направлена на суттєву підтримку малих і середніх підприємств регіону, їх кооперацію з вищими навчальними закладами та об'єднання зусиль заради відродження вітчизняного виробництва з врахуванням і використанням природних та історичних особливостей, технічного і кадрового потенціалу Подільського регіону.

З метою підвищення ефективності організації науково-технічної діяльності, інтеграції науки та освіти в університеті в 2007 році створено Науково-дослідний інститут трибології і матеріалознавства, основним завданням діяльності якого є виконання науково-дослідних робіт відповідно до напрямів підготовки спеціалістів в університеті, а предметом діяльності – випереджаючий розвиток фундаментальних, науково-пошукових та прикладних досліджень, створення умов інтеграції навчального процесу, науки і виробництва. Це дозволяє концентрувати зусилля на розвитку перспективних ресурсо- та енергозберігаючих технологій.

При кафедрах в університеті створено 30 навчально-науково-виробничих центри з метою інтеграції науки і навчання, виготовлення дослідних зразків, впровадження нових форм організації наукових досліджень та розробок. Вони є гнучкими структурними підрозділами, які швидко можуть налаштуватися на нові потреби і сприяють більш ефективному використанню наукового потенціалу університету у вирішенні актуальних проблем науки і техніки, впровадженні наукових розробок в навчальний процес та у виробництво, більш повному використанню наявної матеріально-технічної бази вузу, для вказаних цілей та для надання платних послуг. На базі ННВЦ проводяться навчальні та виробничі практики студентів. У звітному році ННВЦ виконано НДР та надано послуг населенню та підрозділам університету на суму понад 200,0 тис. грн.

В ринкових умовах важливе значення як для підприємств, виробників, так і для споживачів має ідентифікація матеріалів і продукції, що виготовляється, встановлення їх якісних показників. Зважаючи на це в університеті відкрито випробувальний центр з сертифікації продукції, який пройшов акредитацію в системі УКРСЕПРО та Хмельницькому регіональному центрі стандартизації, метрології та сертифікації. Центр проводить випробування широкого загалу продукції різноманітного призначення: легка промисловість: взуття, вироби трикотажні, вироби швейні, полотна трикотажні, тканини бавовняні та змішані білизняні; машинобудівна галузь: арматура, виливки із чавуну, вироби для ріжучого інструменту із твердих сплавів, кутники, труби, латуні, бронзи, сплави на основі золота та срібла, алюмінієві сплави, мельхіор, полімери та вироби із них, інші.

Однією з форм організації наукової роботи, що сприяє активізації наукових досліджень з бізнес-планування, обліку та фінансів, є надання відповідних освітніх послуг населенню шляхом перепідготовки спеціалістів та їх працевлаштування в рамках Програми НАТО – Україна «Партнерство заради миру». Створено Регіональний центр перепідготовки та працевлаштування (РЦПП), який забезпечив організацію навчального процесу з бувшими військовими з метою їх перекваліфікації.

Співпраця з науковими установами НАН та галузевих академій наук України, з підприємствами

Університет постійно підтримує і розвиває тісні творчі зв'язки з академічними інститутами та установами. У складі створеного в університеті Науково-дослідного інституту трибологічного матеріалознавства функціонує спільна з НАН України лабораторія прогресивних методів зміцнення, якою виконуються фундаментальні та прикладні дослідження, що фінансуються із загального бюджету.

Кафедрою педагогіки і психології укладені угоди і здійснюється творче співробітництво з Інститутом педагогіки і психології професійної освіти АПН України у напрямку теоретико-методологічного обґрунтування та технологій здійснення особистісно-орієнтованої підготовки соціального педагога та соціального працівника. Спільно з вказаним академічним інститутом опубліковано 2 збірники наукових праць "Дидактика професійної школи", у 2007 році проведено науково-технічну конференцію «Педагогіка і психологія в контексті гуманізації освіти, в якій взяли участь 762 учасники в т.ч. 386 іногородніх.

Кафедра історії та країнознавства проводить співпрацю в рамках створеної на її основі Польової експедиції (Подільського відділення) Інституту української археології та джерелознавства ім. М.С. Грушевського НАН України з даним інститутом. За результатами видано «Описи подільської губернії (1800 та 1819 рр.)».

Викладачі кафедри хімії продовжували співпрацю з Інститутом загальної та неорганічної хімії НАНУ, з Інститутом проблем матеріалознавства НАН України, Інститутом сорбції та проблем ендоекології НАНУ.

Згідно з угодою про науково-технічне співробітництво, укладеною з Інститутом економічного прогнозування НАН України, виконані спільні дослідження з питань формування, прогнозування динаміки і

структури інвестицій в економіку та визначення чинників інвестиційної активності. В рамках творчого співробітництва з Інститутом економіки НАН України розроблена концепція стратегічного розвитку галузей економіки Подільського регіону.

З метою розширення творчих зв'язків з підприємствами, організаціями різних організаційних форм та форм власності університет організовує та проводить нові заходи: розроблено каталог виконаних науково-дослідних робіт, який надається зацікавленій стороні, пропонує свою науково-технічну допомогу у вирішенні проблем, що виникають. Оскільки університет є членом Хмельницького відділення спілки промисловців та підприємців України, ці питання постійно обговорюються на його засіданнях. Крім того, з підприємствами – замовниками організовуються зустрічі – круглі столи, виробничі наради з метою обговорення результатів виконаних НДР та надання науково-технічної допомоги в їх впровадженні.

Наукове та науково-технічне співробітництво із органами місцевого самоврядування і облдержадміністрацією

На замовлення Хмельницької міської ради у 2004-2005 роках виконано проект «Дослідження стану виробничого, соціального, економічного та рекреаційного потенціалів м. Хмельницького». Обсяг фінансування НДР склав 12,5 тис. грн. Проведено аналіз міжнародних тенденцій та основних напрямів розвитку міст в Україні. Проаналізовано стан економічного та фінансового потенціалів м. Хмельницького, здійснено оцінку соціального і рекреаційного потенціалів: робочої сили, стану ринку праці, проведено аналіз інвестиційних проектів, інвестиційної та інноваційної діяльності в місті різними галузями промисловості. Все це є основою для розробки концепції проекту стратегії сталого розвитку міста до 2010 року.

Хмельницькою обласною радою, починаючи з 2004 року, щорічно проводиться обласний конкурс наукових робіт у чотирьох номінаціях: 1) фундаментальні НДР; 2) прикладні НДР; 3) підручники, посібники; 4) наукові розробки молодих вчених. На конкурс від університету представляються 5-6 завершених науково-дослідних робіт, чотирьом-п'яти з яких присуджуються призові місця в номінаціях.

Університетом спільно з Хмельницьким відділенням спілки промисловців та підприємців України і облдержадміністрацією здійснюється науково-технічна допомога підприємствам.

З метою впровадження розробленої університетом в 2001 році Комплексної програми «Енергозбереження Хмельницької області на 2001-2010 роки» науковці систематично проводять детальні енергетичні дослідження різних об'єктів для встановлення стану використання енергетичних ресурсів, проведення аналізу та визначення заходів щодо їх економії. Вказані роботи виконуються регіональним інформаційно-інноваційним центром з енергозбереження (РІЦ), який було створено в 2001 році за розпорядженням Хмельницької облдержадміністрації.

Облдержадміністрацією велика увага приділяється проблемам екології. Згідно з рішенням 17 сесії Хмельницької обласної ради № 9-17/2005 від 27.04.2005 р. кафедрі екології ХНУ виділено 7,5 тис.грн. на виконання НДР на тему: «Удосконалення управління природоохоронною діяльністю на антропогенно порушених ландшафтах».

У 2005 році закінчено виконання НДР «Дослідження рослин, віднесених до Червоної книги України Верхньобузької височини Хмельницької області», де замовником теж виступало Державне управління екології та природоохоронних ресурсів Хмельницької області. Обсяг фінансування НДР – 15,0 тис грн. Подано наукове обґрунтування щодо створення 12 нових природно-заповідних об'єктів (пам'яток природи, заповідників) на території районів області.

Університетом спільно з облдержадміністрацією розробляється програма інноваційного розвитку області.

Викладачі мовних кафедр, кафедри вищої математики, теорії і методики трудового та професійного навчання, фізики, хімії, дизайну запрошуються до участі у складі журі міських та обласних олімпіад, конкурсів, фестивалів та ін.

Спільно з облдержадміністрацією кафедрою дизайну організовано і проведено Міжнародний конкурс молодих дизайнерів «Барви Поділля – 2007», а кафедрою технології і конструювання швейних виробів виставку – конкурс художників м. Хмельницького «У сяйві вічної краси душа рідного міста».

Таким чином, оцінюючи результати діяльності Хмельницького національного університету за період з 2002 до 2007 рр., можна зробити висновок про те, що університет успішно розвивається, має високий науковий потенціал, який вирішує важливі народногосподарські завдання для області і України. На базі створення новітніх технологій і матеріалів, розробки електронної техніки і сучасних досліджень в економіці, фінансах і гуманітарному напрямку готує висококваліфікованих спеціалістів і науковців для народного господарства України.

Надійшла 13.11.2008 р.

**ЗВ'ЯЗОК АНАЛІТИЧНИХ КРИТЕРІЇВ З РЕАЛЬНИМИ СТРУКТУРАМИ
ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ, АЗОТОВАНИХ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ**

Порівняні характеристики і параметри теоретичних положень енергетичної моделі процесів модифікації поверхонь з титанових сплавів з реальними результатами азотування.

Модифікація поверхні азотуванням в тліючому розряді в найбільш узагальненому вигляді є сукупністю процесів утворення нітридних та дифузійних структур і розпорошення поверхневих шарів. Стосовно першої складової існує декілька теоретичних моделей, в основі котрих, як правило, стоїть питання про первинність накопичення азоту в поверхневому шарові з поступовим утворенням нітридів чи утворенням нітридів з безперервним їх перетворенням, вивільненням азоту і його дифузією в глибину (формування шару твердого розчину) [1-8]. Енергетична модель [9, 10] зводиться, насамперед, до того, що питання первинності вирішується залежно від конкретних умов процесу: матеріал та стан поверхні, технологічні характеристики режиму (склад середовища, тиск, температура, напруга, густина струму). Сукупність зазначених умов спричиняє первинність однієї з названих вище принципів схем процесу. Як правило суттєву роль відіграє комбінація інтенсивності утворення нітридів з дифузійною і розпорошуючою дією падаючого потоку. Останні два фактори визначаються в основному характеристиками газового середовища, з властивостей матеріалу поверхні найбільш важливу роль відіграє енергія сублімації компонентів поверхні. В результаті сукупної дії названих факторів, в першу чергу, проходять ті процеси, які в даних конкретних умовах енергетично найбільш вигідні. При цьому імовірність того чи іншого процесу визначається співставленням і відповідністю енергетичного спектра падаючого потоку значенням діапазону енергій, в рамках яких він можливий. Суттєву роль відіграють адсорбційні явища, оскільки через адсорбційний шар падаючий потік значною мірою впливає як на поверхню, що модифікується, так і на компоненти газового середовища, накопичені на поверхні.

На жаль, істотним недоліком відомих моделей процесу є, насамперед, те, що в них практично не враховується вплив та значення факторів, котрі визначають енергію часток падаючого потоку, адже майже в усіх відомих технологічних режимах відсутні дані про електричні характеристики розряду. В той же час в роботах школи Арзамасова Б. М. відмічається ефект взаємозв'язку мінімуму потужності розряду з оптимумом результатів азотування. Оскільки потужність формується напругою розряду (складова, яка визначає енергетичний рівень часток падаючого потоку) та густиною струму (кількісна характеристика інтенсивності падаючого потоку), то очевидно, що оптимальне співвідношення між цими параметрами і визначає мінімум потужності. В той же час цей оптимум логічно повинен відображати, по-перше, ту частину енергетичного спектру, де з врахуванням умов передачі енергії при зіткненні часток можливе утворення нітридів, по-друге – достатню кількість контрагентів сутічок. Крім того, для деяких матеріалів, а в першу чергу, для тих з них, які умовно названі азотоактивними, важливо також забезпечити оптимальні умови для розпорошення нітридів, оскільки щільний тонкий шар нітридів, який миттєво утворюється на поверхні, блокує всі дифузійні процеси. Розробка системи аналітичних критеріїв, за допомогою яких можливе проектування технологічних процесів по наперед заданих кінцевих результатах, базується на енергетичних підходах тому, що й утворення нітридів компонентів поверхні, і розпорошення поверхневих структур вимагають певної енергії, переданої при зіткненні часток падаючого потоку з поверхнею. При цьому важливо також, щоб цей енергетичний імпульс знаходився в оптимальних межах: для створення нітридних структур енергія повинна бути не нижче рівня їх утворення, але не вище енергії сублімації, навпаки, для розпорошення – не нижче цього порогу. Саме за таким принципом сформована система аналітичних критеріїв – відносних енергетичних факторів (ВЕФ). Ці фактори розділяються на дві групи: аналітичні показники процесу утворення нітридів і фактори, які характеризують розпорошувальні та дифузійні властивості газових середовищ. Комплекс цих показників у цілому характеризує якісні показники формування модифікованого поверхневого шару. Дана робота присвячена саме питанню правомірності застосування системи аналітичних критеріїв для практичного прогнозування результатів азотування титанових сплавів в тліючому розряді.

Теоретичні аспекти ВЕФ для титанових сплавів різних типів розглянуті раніше [11]. Там же наведено аналіз впливу параметрів технологічного режиму на ВЕФ різного типу. Для підтвердження якісної адекватності розрахункових значень з практичними результатами проведені металографічні дослідження зразків, виготовлених з різних титанових сплавів і азотованих при різних комбінаціях значень параметрів технологічних процесів (конкретна комбінація цих параметрів відзначається вказівкою на певне місце графіка молекулярної складової ВЕФ утворення нітридів). Результати цього аналізу якісних співвідношень показані на рис. 1 для сплаву ВТ1-0 і на рис. 2 для сплаву ВТ8.

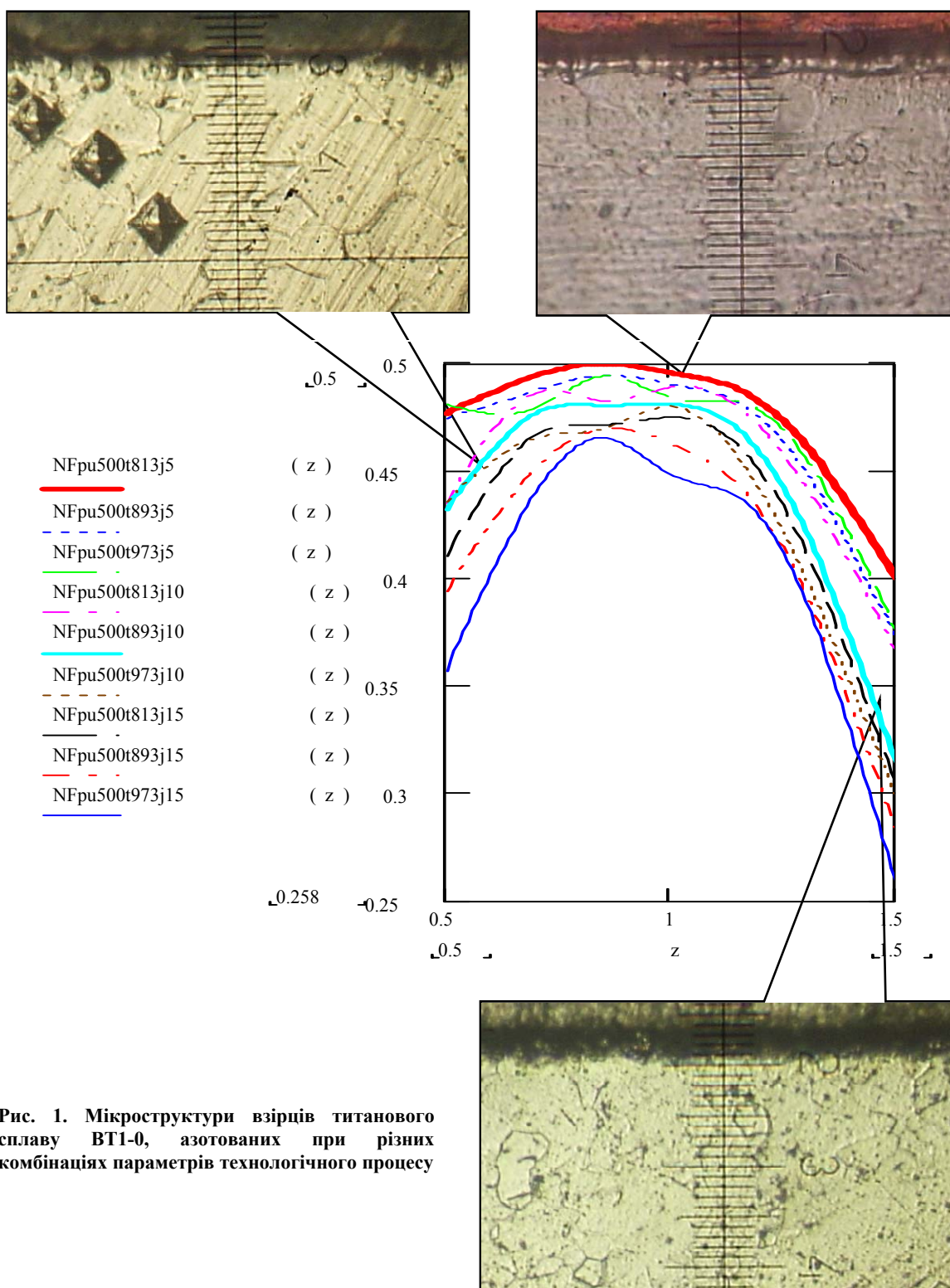


Рис. 1. Мікроструктури вірців титанового сплаву ВТ1-0, азотованих при різних комбінаціях параметрів технологічного процесу

Відносний енергетичний фактор утворення нітридів формується з двох складових: атомарної та молекулярної, причому кращі показники інтенсивності росту товщини нітридів спостерігаються при їх приблизній рівності [9-14]. Відмітимо також з огляду на зазначені роботи, що гармонійне співвідношення обох складових забезпечується при певному оптимальному значенні тиску. Цікаво, що це значення співпадає з тим, яке було встановлено в результаті аналізу електричних характеристик розряду. Цим і пояснюється згаданий вище ефект мінімуму потужності. З рис. 1 слідує, що при тиску менше оптимального енергетичний рівень потоку достатньо високий, що сприяє розпорощенню шару нітридів, його перетворенню та дифузії азоту в глибину. Оптимальний тиск забезпечує значну ширину зони нітридів. При великому тиску відслідковується ледве помітна зона ε - фази. Якісні співвідношення показників сформованих шарів нітридів відповідають співвідношенням ВЕФ утворення нітридів на центральному графіку.

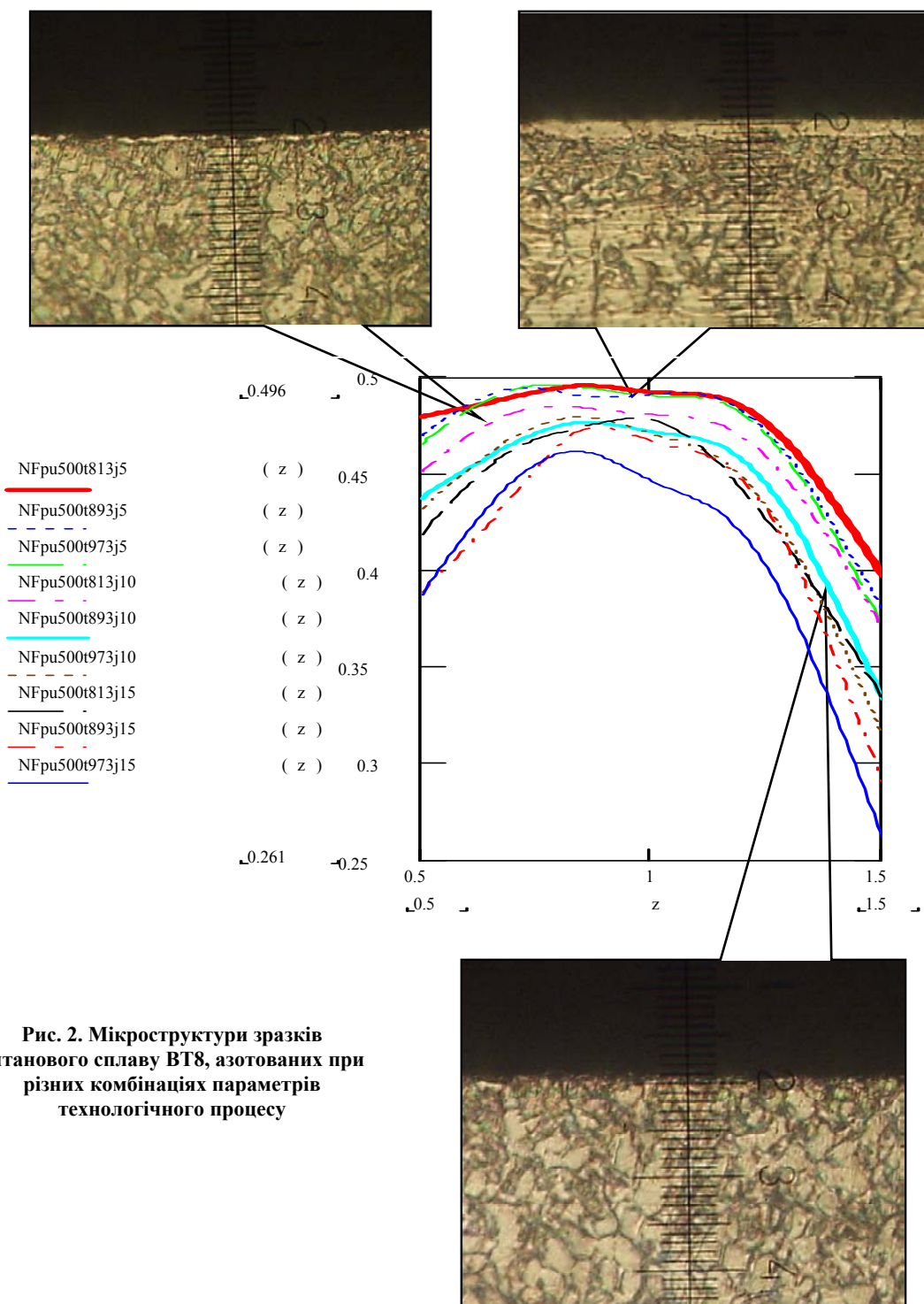


Рис. 2. Мікроструктури зразків титанового сплаву BT8, азотованих при різних комбінаціях параметрів технологічного процесу

Насамперед, рис. 2 демонструє значно кращу здатність сплаву BT8 азотуватись (див. нижче), тому у всіх випадках товщина шару нітридів більша в порівнянні з рис. 1. Причому для цього сплаву діапазон можливих комбінацій параметрів технологічного режиму більший. Це й підтверджує графік ВЕФ утворення нітридів, в якому зона оптимального співвідношення складових відповідає більшому діапазону тисків. Характер зміни товщини зони нітридів аналогічний зауваженням до рис. 1 і цілком адекватний зміні ВЕФ утворення нітридів. З цієї причини і при тиску, меншому за оптимальний, спостерігається тонкий шар нітридів, оскільки близьке до оптимального співвідношення між атомарною та молекулярною складовими спостерігається в межах значного діапазону тисків.

За допомогою ВЕФ утворення нітридів в певній мірі можливе прогнозування і кількісних характеристик модифікації поверхні. Відомо, що твердість модифікованої поверхні, в першу чергу, визначається наявністю та шириною шару нітридів. В табл. 1 наведено співставлення поверхневої мікротвердості та середніх відношень ВЕФ утворення нітридів для різних марок титанових сплавів [11].

Порівняння показників азотування в тліючому розряді з відношеннями ВЕФ утворення нітридів

Марка сплаву	Мікротвердість HV _{0,1} до обробки	Мікротвердість HV _{0,1} після обробки	Середні відношення ВЕФ утворення нітридів
BT1-0	180	276	1
BT8	360	495	1,134
BT3-1	360	612	1,183
BT14	400	483	1,11
BT19-1	360	590	1,174
BT20	380	583	1,153

Порівняння показників, наведених у табл. 1, з графіками зміни абсолютних значень ВЕФ утворення нітридів підтверджує кореляцію між ними. На рис. 3 і 4 порівнюються мікроструктури зразків, азотованих при оптимальному режимові для різних марок титанових сплавів (рис. 3 – газове середовище N75Ar25 з переважанням азоту – 75 % азоту+25 % аргону, рис. 4 – N10Ar90 з переважанням аргону – 10 % азоту+90 % аргону).

Як зазначалось вище, порівняння наведених на рис. 3 та 4 мікрошліфів підтверджує дотримання раніше відміченої в табл. 1 тенденції стосовно впливу марки сплаву на ВЕФ утворення нітридів та, відповідно, на товщину структури нітриду: максимальні значення цього показника зростають в послідовності табл. 1: від BT1-0 до BT3-1. У більшості випадків ВЕФ утворення нітридів залежно від тиску в розрядній камері змінюється по екстремальному типу: для кожного варіанту початкових умов існує оптимальне значення тиску, при якому ВЕФ утворення нітридів досягає максимального значення, про що зазначалось вище. Всі фотографії мікрошліфів виконані при однаковому збільшенні (x400, ціна поділки – 4 мкм), тому наявна шкала дозволяє реально порівнювати розміри товщини шару нітридів. Природно, газове середовище з переважанням вмістом аргону (рис. 4) має меншу здатність до утворення на поверхні шару нітридів, тому і товщина шару нітридів суттєво менша в порівнянні з азотуванням в середовищі, де переважає азот (рис. 3). До цього додаються більші значення коефіцієнта енергопередачі в момент сутички часток аргону та поверхні, оскільки відношення мас у цьому випадку більше, ніж для азоту. Ця обставина сприяє інтенсивнішому розпорощенню поверхні, тобто шойно утворених структур нітридів. Тому тип структури на рис. 4 інший в порівнянні з рис. 3. Тут переважає дифузійна зона, що і наглядно підтверджує теоретичні висновки стосовно комбінованої дії на поверхню, яка модифікується, як факторів, котрі відображають інтенсивність реакції утворення нітридів, так і дифузійно-розпорощуючу дію падаючого потоку. Якщо процес утворення нітридних структур на металевій поверхні визначається факторами утворення нітридів, то конкуруюче з ним розпорощення поверхні залежить від факторів, в основі яких лежать властивості газового середовища, а також співвідношення цих властивостей з деякими характеристиками часток поверхні, зокрема – з енергією їх сублимації. Таким чином, при проектуванні технологічних процесів модифікації поверхні слід керуватись комплексними підходами, враховуючи при цьому комбіновану дію факторів всіх видів. Вплив параметрів технологічного режиму на зміну ВЕФ розпорощувальної та дифузійної дії викладено в [11].

Відомо, що збільшення напруги призводить до цілком логічного росту величин енергетичних рівнів, а підвищення температури у зв'язку з відносним зменшенням кількості часток у певній мірі (з урахуванням збільшення інтенсивності термоелектронної емісії) аналогічно впливу зниження тиску. Ріст густини струму є наслідком збільшення кількості часток, що також призводить до збільшення досліджуваного параметра. Таким чином, добуток енергії на відносний розподіл часток по енергетичних рівнях для іонів цілком адекватно підтверджує тезу про вирішальне значення характеру енергетичного впливу падаючого потоку на металеву поверхню, яка модифікується. При цьому варто врахувати, що мають значення не тільки енергія азоту, але й інших часток потоку, оскільки, як відзначалося раніше, істотну роль відіграють також процеси перетворень в адсорбційному моношарові на поверхні під енергетичним впливом падаючого потоку.

При значеннях тиску менше оптимального енергетична дія падаючого потоку найбільша, максимальний добуток енергії на розподіл часток по енергетичних рівнях забезпечується в основному за рахунок енергетичної складової, що сприяє розпорощенню поверхні (нітридів) і дифузії азоту в її глибину. Для тиску більше оптимального добуток також в тій чи іншій мірі підвищується, але тепер уже за рахунок кількості часток. Енергетичний спектр зміщується в сторону зменшення енергії часток, при цьому в зону, сприятливу для утворення нітридів, входить тільки його верхня частина, процес утворення нітридів сповільнюється, тому й товщина їх шару менша. І тільки при оптимальних значеннях тиску створюються найкращі умови для формування модифікованого шару, структура його включає всі можливі фази.

Природа цих екстремумів тиску, як відзначалося вище, полягає в тому, що при низьких значеннях тиску превалує енергетичний фактор над кількісним, але, оскільки енергія перевищує поріг сублимації, а іонів дифузанта мало, те ефект утворення дифузійних шарів низький. При високому тиску кількісний фактор відіграє більш суттєвішу роль, ніж енергетичний. Проте рівень значень енергії заряджених і нейтральних часток нерідко недостатній для утворення нітридів, тому інтенсивність формування дифузійного шару знову знижується. Очевидно, що встановленому раніше оптимуму параметрів технологічного процесу відповідають області, де сумарні фактори мають мінімальні значення. Оскільки рівень енергії в першу чергу визначається міжелектродною напругою, а кількість заряджених часток відображає, насамперед, параметри густини струму,

то теза Б. М. Арзамасова щодо мінімуму питомої потужності як критерію ефективного азотування яєраз і пояснюється мінімумом сумарних ВЕФ. Саме в цьому випадку потужність (а для конкретної садки – питома потужність) буде мінімальною, тому, як встановлено вище, при параметрах технологічного режиму в околиці оптимального тиску формуються найбільш якісні модифіковані шари.

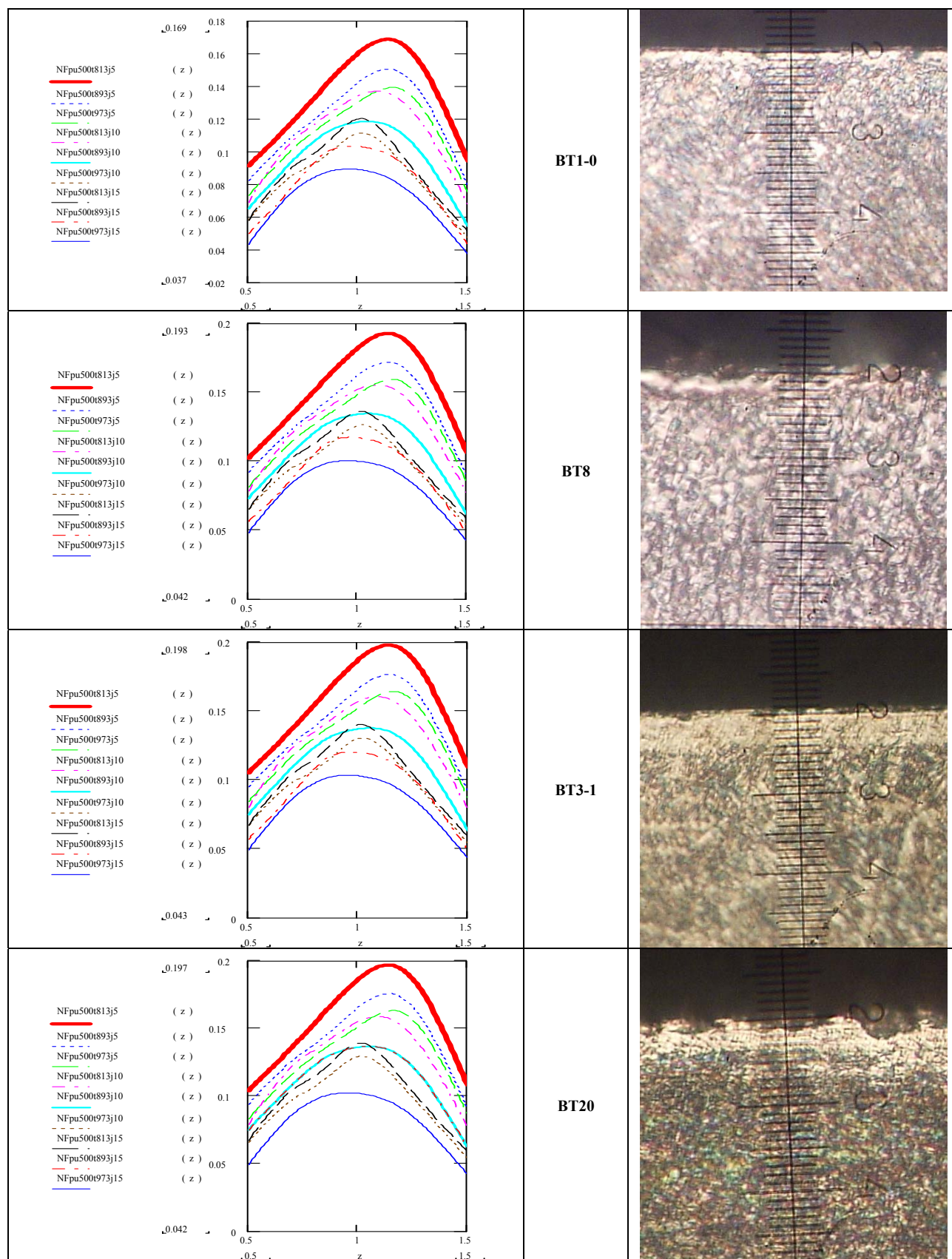


Рис. 3. Вплив абсолютних значень ВЕФ утворення нітрідів на формування нітридних шарів (газ N75Ar25, тиск 1,2 тора, температура 620°C, густина струму 5A/m²)

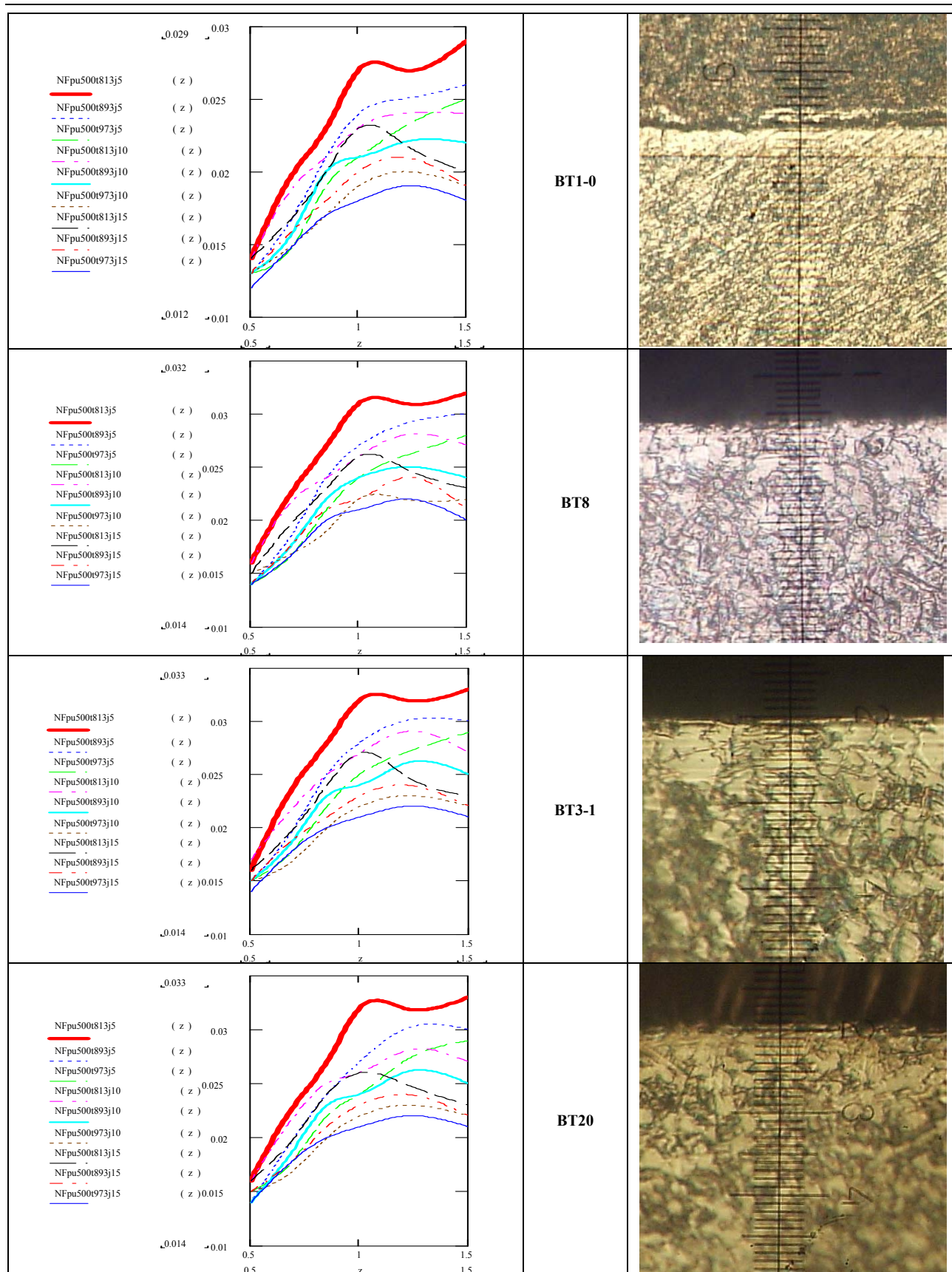


Рис. 4. Вплив абсолютних значень ВЕФ утворення нітридів на формування нітридних шарів (газ N10Ar90, тиск 1,05 тора, температура 620°С, густина струму 5А/м²)

Остаточний висновок з викладеного вище матеріалу полягає в тому, що відносні енергетичні фактори, як система аналітичних показників енергетичної моделі процесу азотування в тліючому розряді, цілком коректно відображають реальні процеси, насамперед якісно пояснюючи взаємодію параметрів технологічного процесу в ході формування модифікованих шарів вакуумно-дифузійним газорозрядним методом. Це дозволяє використовувати означені характеристики як основу для оптимізації технологічних режимів та прогнозування

результатів модифікації. Ще один аспект використання запропонованої системи аналітичних показників, який має важливе практичне значення – проектування процесів модифікації з огляду на наперед задані характеристики модифікації, сформульовані з огляду на умови експлуатації оброблюваних виробів.

Література

1. Ионная химико-термическая обработка сплавов/ Б. Н. Арзамасов, А. Г. Братухин, Ю. С. Елисеев, Т. А. Панайоти. – М.: Изд-во МГТУ им Баумана, 1999. – 400 с.
2. Лахтин Ю. М., Крымский Ю. Н. Физические процессы при ионном азотировании // Защитные покрытия на металлах. – К.: Наукова думка, 1968. – Вып. 2. – С. 225-229.
3. Kolbel J. Die Nitridschichtbildung beider Glimmnitrierung // Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen. – 1965, № 1555. – S. 1-19.
4. Edenhofer B. Physikalische und metallkundliche Vorgänge beim Nitrieren in Plasma einer Glimmentladung // Harterei-Technische Mitteilungen. – 1974. – Bd. 29, № 2. – S. 105-112.
5. Keller K. Ionnitrieren von Schenken aus Nitrierstählen und anhlichen Werkstoffen für Extruder und Spritzgiessmaschinen // Plastverarbeiter. – 1971, № 6. – S. 3-11.
6. Лахтин Ю. М., Коган Я. Д. Структура и прочность азотированных сплавов. – М.: Металлургия, 1982. – 176 с.
7. Лахтин Ю. М., Коган Я. Д. Азотирование стали. – М.: Машиностроение. – 1976. – 256 с.
8. Каплун В. Г. Научные основы технологии упрочнения деталей машин и инструмента ионным азотированием в безводородных средах: Диссертация на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. – 1991. – 398 с.
9. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.
10. Пастух І. М. Енергетичний аналіз моделей азотування в тліючому розряді. – Хмельницький: Вісник ХНУ; – 2006; – № 5, С. 7 – 14.
11. Пастух І. М., Машовець Н. С. Прогнозування формування нітридів в титанових сплавах при азотуванні в тліючому розряді. – Хмельницький, Вісник ХНУ, 2007, № 3, т. 2. – С. 28-37.
12. Пастух И. М., Здыбель А. С. Характеристики образования нитридов в сталях при азотировании в тлеющем разряде // Сб. докл. 8-го Международного Конгресса «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов»: Харьков -2007. – Т. 1 – С. 162-168.
13. Пастух И. М., Здыбель А. С. Параметры энергетики газовых сред, применяемых при азотировании в тлеющем разряде // Сб. докл. 8-го Международного Конгресса «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов»: Харьков -2007. – Т. 1 – С. 169-175.
14. Пастух И. М., Давыдов А. М. Система показателей модификации поверхности в тлеющем разряде // Сб. докл. 8-го Международного Конгресса «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов»: Харьков -2007. – Т. 1 – С. 176-181.

Надійшла 9.11.2008 р.

УДК 621.01

М.В. МАРЧЕНКО, О.О. НІКІТІН
Хмельницький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ СИНТЕЗ КРИВОШИПНО-КУЛІСНИХ МЕХАНІЗМІВ З ВИСТОЄМ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ

У даній роботі розроблений метод оптимізаційного синтезу кривошипно-кулісних механізмів з вистоєм вихідної ланки. Встановлено найбільш ефективний пошуковий метод для розв'язання задачі нелінійного програмування. Розроблено алгоритми та відповідне програмне забезпечення оптимізаційного синтезу зазначених механізмів на основі різних особливих точок. Наведено чисельний приклад з використанням запропонованих методик.

Будь-яка задача синтезу механізмів може бути зведена до знаходження таких параметрів синтезу, при яких виконуються прийняті обмеження (умови), а цільова функція має мінімальне значення [2]. За великої кількості параметрів така задача практично не розв'язується, що викликає необхідність використання пошукових методів, реалізація яких була б неможливою без застосування сучасної обчислювальної техніки.

Сформулюємо задачу синтезу кривошипно-кулісних механізмів з вистоєм вихідної ланки (ККМВ) у загальному вигляді. Необхідно спроектувати ККМВ із заданими параметрами (довжинами ланок та іншими параметрами геометричного характеру) для відтворення заданої циклограми руху, яка визначається ходом вихідної ланки та фазовими кутами повороту кривошипа, що відповідають фазам вистою, віддалення і наближення, при забезпеченні обмежень, що накладаються на деякі (геометричні, кінематичні, динамічні) характеристики механізму. Для пояснення аналітичних викладок проілюструємо алгоритм оптимізаційного

синтезу на прикладі задачі з невеликою кількістю умов.

Наприклад, необхідно синтезувати ККМВ з приєднаною групою п'ятого виду, який забезпечує вистій $\alpha = 70^\circ$ максимально можливої точності (максимально допустиме відносне відхилення на ділянці наближення не вище 2% ходу вихідної ланки), період віддалення вихідної ланки $\varphi_e = 160^\circ$, період наближення – $\varphi_n = 130^\circ$. Довжина k другого плеча шатуна не повинна перевищувати п'яти міжосьових відстаней.

Оскільки в умові задачі не висунуто вимог до типу особливих точок, то приклад синтезу будемо проводити на основі точок Болла.

Розглянемо умови, які висуваються до ККМВ у процесі його проектування. Автор роботи [4] поділяє всі умови синтезу на дві групи: головні та додаткові. Додаткові, у свою чергу, складаються з обов'язкових та бажаних умов. Головні умови полягають у тому, що параметри (керовані $\mathbf{x} = \{x_i\}$) та обчислювальні $\mathbf{y} = \{y_i\}$) механізму повинні з певною точністю відповідати заданим. Такими умовами, наприклад, можуть бути вимога рівності довжини r кривошипа, величини e ексцентриситету (керовані параметри) базового механізму, величини α тривалості зупинки, величини коефіцієнта K зміни середньої швидкості, максимального ходу S_{\max} вихідної ланки (обчислювальні параметри) певній величині. Очевидно, що в головну умову синтезу можуть входити як призначувані, так і обчислювальні параметри синтезу.

Оскільки головні умови виражаються рівностями, то стосовно наведеного прикладу задача має три головні умови: $\tilde{\alpha} = 70^\circ$, $\tilde{\varphi}_e = 160^\circ$, $\tilde{\varphi}_n = 130^\circ$. Проте їх кількість можна зменшити, ввівши коефіцієнт зміни середньої швидкості вихідної ланки

$$\tilde{K} = \tilde{\varphi}_e / \tilde{\varphi}_n = 160 / 130 = 1,2308,$$

який виражатиме дві з трьох попередніх умов і не змінить постановки задачі, оскільки $\alpha + \varphi_e + \varphi_n = 360^\circ$.

Обов'язковою умовою буде умова $k \leq 5$ обмеження довжини другого плеча шатуна. При її невиконанні цільова функція повинна містити штраф, який зростатиме при наближенні до граничного значення $k_{\max} = 5$.

Щодо бажаних умов, то до них слід віднести умову мінімізації відхилень на ділянці наближення, яку математично можна представити виразом $\delta = (2E/S_{\max}) \cdot 100\% \rightarrow \min$, ($\delta_{\text{дон}} = 2\%$).

Цільова функція $P(\mathbf{x})$ повинна бути узагальненим кількісним критерієм виконання всіх трьох типів умов, що висуваються до синтезованого механізму. Загальну цільову функцію можна представити у вигляді [4]:

$$P(\mathbf{x}) = \begin{cases} P_1(\mathbf{x}) + C & \text{при } P_1(\mathbf{x}) > 0; \\ P_2(\mathbf{x}) + Q(\mathbf{x}) & \text{при } P_1(\mathbf{x}) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $Q(\mathbf{x})$, $P_1(\mathbf{x})$, $P_2(\mathbf{x})$ – критерії виконання відповідно головних, обов'язкових та додаткових умов;

C – довільне велике число, що відповідає умові $C \gg (P_2 + Q)_{\max}$.

Розрахунок цільової функції розпочнемо з обчислення значення критерію $P_1(\mathbf{x})$, що відповідає за виконання обов'язкових умов синтезу.

Обов'язкові умови синтезу описуються нерівностями і є умовами існування механізму у вигляді кінематичного ланцюга. У нашому випадку при синтезі ККМВ на основі теоретичних положень кінематичної геометрії до обов'язкових умов слід також віднести тип закону руху вихідної ланки, оскільки в процесі синтезу можна отримати механізм, тип закону руху вихідної ланки якого не задовольняє умовам (наприклад, з проміжним вистомом). У даній роботі розглядаються лише механізми, що забезпечують вистій вихідної ланки в крайньому (крайніх) положеннях. Можливість отримання механізму із повільним виходом (входом) вихідної ланки з фази вистою зумовила ввести обов'язкову умову щодо обмеження коефіцієнта сповільненості виходу ланки з фази вистою ($k_s \leq 1,7$).

При виконанні всіх обов'язкових умов ($k \leq 5$, $r > 0$, $e \geq 0$ для наведеного вище прикладу) $P_1(\mathbf{x}) = 0$. Якщо ж хоч одна з основних умов не виконується, то прийемо

$$P_1(\mathbf{x}) = \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^w \arctg \left(\frac{|\tilde{y}_i - y_i(\mathbf{x})|}{\tilde{y}_i} \right), \quad (2)$$

де w – кількість обов'язкових умов, що не виконуються;

\tilde{y}_i – граничне значення параметра, при якому виконується умова.

Значення функції $\frac{2}{\pi} \arctg \left(\frac{|\tilde{y}_i - y_i(\mathbf{x})|}{\tilde{y}_i} \right)$ змінюється в межах $[0; 1)$ і характеризує ступінь невиконання

i -ї умови. Зменшення значення цієї функції в процесі оптимізаційного синтезу вказуватиме напрямком, у якому слід змінювати вихідні параметри синтезу, щоб забезпечити виконання основних умов.

Критерій виконання обов'язкових умов стосовно сформульованої задачі синтезу матиме вигляд

$$P_1(\mathbf{x}) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{|k_{\max} - k(\mathbf{x})|}{k_{\max}} \right) = \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{|5 - k(\mathbf{x})|}{5} \right) & \text{при } k(\mathbf{x}) > 5; \\ 0 & \text{при } k(\mathbf{x}) \leq 5. \end{cases}$$

Зазвичай складову цільової функції, що відповідає головним умовам, записують у вигляді квадратів відхилень розрахованих параметрів від необхідних [5-7]. Проте, як було нами встановлено, такий підхід доцільно використовувати при існуванні лише однієї головної умови (наприклад, забезпечення мінімального відхилення шатунної кривої від заданої, як це показано у [4]). Коли ж таких умов декілька, виникають труднощі, що пов'язані з призначенням вагових коефіцієнтів, які визначають ступінь важливості кожної з умов у порівнянні з іншими. Нами було запропоновано використовувати відносне відхилення $|\tilde{y} - y(\mathbf{x})|/\tilde{y}$, що, очевидно, буде безрозмірним критерієм міри наближення розрахункових параметрів $y(\mathbf{x})$ до необхідних \tilde{y} . При цьому виконання всіх головних умов будуть виражатись за допомогою критерію

$$Q(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \frac{q_i |\tilde{y}_i - y_i(\mathbf{x})|}{\tilde{y}_i} \cdot 100\%,$$

де n – кількість головних умов;
 q_i – ваговий коефіцієнт, що визначає значимість i -ї умови у порівнянні з іншими;
 \tilde{y}_i – величина i -го обчислювального параметра синтезу, яку необхідно забезпечити;
 \mathbf{x} – вектор вихідних параметрів синтезу;
 $y_i(\mathbf{x})$ – значення i -го обчислювального параметра, отримане в процесі алгоритмічного розрахунку.

Особливу увагу слід приділити ваговим коефіцієнтам, що враховують ступінь важливості виконання певної головної умови у порівнянні з іншими. Вибір цих коефіцієнтів проводиться за допомогою методів експертних оцінок [1] з врахуванням умови $\sum q_i = 1$. При однаковій важливості всіх головних умов кожен ваговий коефіцієнт дорівнюватиме $q_i = 1/n$, де n – кількість головних умов. У нашому прикладі приймемо $q_\alpha = 0,5$, $q_K = 0,5$.

Стосовно поставленої задачі матимемо:

$$Q(\mathbf{x}) = \left(\frac{q_\alpha \cdot |\tilde{\alpha} - \alpha(\mathbf{x})|}{\tilde{\alpha}} + \frac{q_K \cdot |\tilde{K} - K(\mathbf{x})|}{\tilde{K}} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,5 \cdot |70 - \alpha(\mathbf{x})|}{70} + \frac{0,5 \cdot |1,2308 - K(\mathbf{x})|}{1,2308} \right) \cdot 100\%. \quad (3)$$

До складу функції $P_2(\mathbf{x})$, що характеризує ступінь виконання бажаних умов, входять штрафи, які відповідають за виконання кожної окремої умови та мінімізацію параметра, що входить в цю умову. Вона називається інтегральною штрафною функцією.

$$P_2(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m q_i p_i(\mathbf{x}), \quad (4)$$

де m – кількість бажаних умов синтезу;
 q_i – коефіцієнт, що враховує важливість виконання i -ї бажаної умови у порівнянні з іншими;
 p_i – штраф i -ї бажаної умови.

Призначення штрафних функцій p_i полягає у тому, щоб не допустити в процесі пошуку виходу з області визначення цільової функції (області, у якій виконуються бажані умови). Штрафи сформулюємо таким чином, щоб їх значення різко зростало при наближенні до граничного значення умови.

Для оцінювання умов мінімізації вигляду $y(\mathbf{x}) < y_{\text{дон}}$, $y(\mathbf{x}) \rightarrow \min$ використовувалась функція

$$p = \lg^{-1} \left(\frac{y_{\text{дон}}}{y(\mathbf{x})} \right). \quad (5)$$

При $y(\mathbf{x}) \rightarrow y_{\text{дон}}$ значення функції $p \rightarrow \infty$, що сприятиме відштовхуванню параметрів синтезу від цієї межі. Якщо ж у процесі пошуку крок зміни параметрів виявиться настільки значним, що $y(\mathbf{x}) > y_{\text{дон}}$, штраф p стане від'ємним. Це вказуватиме на необхідність зменшення кроку вихідних параметрів в процесі ітераційного пошуку.

Було встановлено, що властивість наведеної штрафної функції (5) змінювати знак при переході через допустиме значення зручно використовувати при розгляді умов виду $y(\mathbf{x}) > y_{\text{дон}}$, $y(\mathbf{x}) \rightarrow \max$. У такому випадку штрафну функцію представимо як

$$p = -\lg^{-1} \left(\frac{y_{\text{дон}}}{y(\mathbf{x})} \right).$$

Із врахуванням (4) та (5) для наведеного прикладу з однією бажаною умовою інтегральна штрафна функція матиме вигляд

$$P_2(\mathbf{x}) = \lg^{-1} [\delta_{\text{дон}} / \delta(\mathbf{x})] = \lg^{-1} [2 / \delta(\mathbf{x})]. \quad (6)$$

Оптимізаційний синтез ККМВ полягає у мінімізації цільової функції (1), що є критерієм виконання умов синтезу. Оскільки вона визначена для всіх значень керованих змінних \mathbf{x} , то має місце задача безумовної мінімізації, що вимагає відповідних методів.

У даній роботі не передбачалося розробки нових пошукових методів для здійснення оптимізаційного синтезу ККМВ. Проте актуальною залишалась проблема вибору з існуючих методів пошуку найраціональнішого з точки зору швидкості збігання, точності та затрат машинного часу із врахуванням особливостей поведінки цільової функції.

Метод випадкового пошуку, який часто використовують в оптимізаційному синтезі [3, 9] і є складовою комбінованого пошуку, хоча і не вимагає значних затрат машинного часу, не гарантує знаходження базису змінних величин, що відповідатиме глобальному мінімуму. Тому було розв'язано досліджувати (сканувати) область допустимих значень з певним кроком, змінюючи незалежні параметри синтезу з метою знаходження такого базису \mathbf{x}_0 , який би забезпечував мінімум цільової функції.

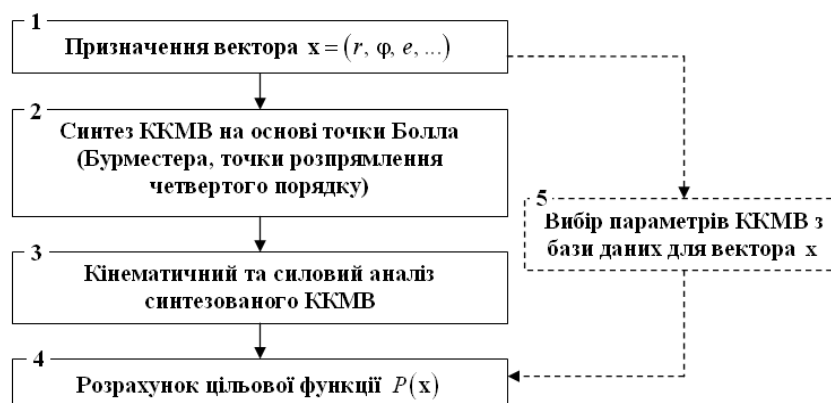


Рис. 1. Послідовність розрахунку цільової функції

Щоб оцінити ефективність такого методу пошуку \mathbf{x}_0 , розглянемо етапи, що передують обчисленню цільової функції (рис. 1). У структурі процедури отримання значення цільової функції, що представлена блоками 1-4 найбільших затрат машинного часу вимагає блок 3 розрахунку кінематичних та силових параметрів ККМВ, оскільки у ньому використовуються ітераційні методи для знаходження деяких параметрів, наприклад, максимумів інваріантів кінематичних величин, розрахунку ККД, визначення характеристик закону руху вихідної ланки тощо.

Той факт, що характер цільової функції змінюється залежно від умов синтезу, у той час як залежність $y(\mathbf{x})$ обчислюваних параметрів від керованих незмінна, можна використати для попереднього етапу пошуку значень незалежних параметрів \mathbf{x}_0 , які відповідають глобальному мінімуму цільової функції і з яких пізніше можна розпочати спрямований пошук її мінімуму. Для розв'язання цієї задачі була побудована база даних, у якій кожній сукупності \mathbf{x} незалежних змінних відповідають певні значення y обчислювальних, тобто виконано розрахунок блоків 2-3 (рис. 1) для різних комбінацій незалежних параметрів. Це дозволяє у процесі сканування області допустимих значень на предмет величини цільової функції уникнути трудомістких операцій, що відповідають блокам 2-3, а значення y відразу отримувати з бази даних (блок 5), і цим самим значно скоротити час на встановлення вектора \mathbf{x}_0 , з якого слід розпочинати спрямований пошук.

Із метою встановлення початкового вектора керованих змінних послідовно перебирались записи бази даних механізмів точок Болла, що містять значення розрахункових параметрів $y_i(\mathbf{x})$, які відповідають певним значенням керованих параметрів \mathbf{x} . Після сканування допустимої області змінних параметрів у якості базового вектора \mathbf{x}_0 обирався той, який відповідав найменшому значенню цільової функції. Досить малий крок зміни керованих параметрів у базі даних дозволив зробити припущення, що саме отриманий базовий вектор \mathbf{x}_0 відповідатиме глобальному мінімуму цільової функції.

Для наведеного прикладу запис бази даних, який характеризувався найменшим значенням цільової функції, містив наступні значення керованих \mathbf{x} та обчислюваних y параметрів:

$$\mathbf{x}: r = 0,25; \varphi = 155^\circ; e = 0,1;$$

$$y: k = 3,7097; \Omega = 32,0002^\circ; \alpha = 67,28^\circ; \varphi_g = 161,03^\circ; \varphi_n = 131,69^\circ; K = 1,223; \delta = 0,377\%.$$

Як видно з отриманих результатів, значення обчислюваних параметрів, що фігурують в головних умовах синтезу, знаходяться досить близько до необхідних величин навіть при попередньому пошуку по базі

даних. Використання пошукових методів дозволить ще у більшій мірі наблизити обчислювальні параметри до необхідних.

Значення цільової функції для базиса x_0 з врахуванням формул (1), (3) та (6)

$$P(x_0) = \left(\frac{0,5 \cdot |70 - 67,28|}{70} + \frac{0,5 \cdot |1,2308 - 1,223|}{1,2308} \right) \cdot 100 + \frac{1}{\lg(2/0,377)} = 3,6397.$$

Від вибору раціонального пошукового методу залежить швидкість збігання цільової функції, а інколи, як показали наші дослідження, і взагалі можливість отримання оптимального розв'язку.

Неможливість вираження функції $y(x)$ в аналітичному вигляді виключила використання градієнтних методів та методів, що використовують похідні, для пошуку мінімуму цільової функції. А тому для пошуку цього мінімуму було розв'язано використовувати методи пошуку, зокрема прямого [8]. Проаналізуємо переваги та недоліки деяких методів прямого пошуку, стосовно задачі оптимізаційного синтезу ККМВ, враховуючи характер цільової функції.

Метод координатного спуску, який передбачає послідовну мінімізацію по кожній з незалежних змінних показав низьку ефективність у зв'язку з високою трудомісткістю розрахунку мінімуму, оскільки для цього використовувався метод „золотого перерізу”. Проте більш значним недоліком цього методу є його мала ефективність відносно яроподібних ділянок цільової функції. У такому випадку незалежні змінні „затухали” на лінії „яру”, не дійшовши до його дна.

Більш ефективним відносно отримання мінімуму, але трудомістким виявився метод, наведений у [2], який ґрунтується на послідовній зміні параметрів синтезу з певним кроком, яка призводить до зменшення цільової функції. При досягненні таких значень параметрів при даному кроці зміни, коли цільова функція не зменшується, зменшують крок. Таку послідовність виконують доти, поки крок зміни не досягне певної наперед заданої величини, або коли цільова функція практично не змінюватиме свого значення. Однак такий метод пошуку виявився порівняно тривалим, хоча і забезпечував достатнє для практики збігання цільової функції.

Найефективнішим для розв'язання нашої задачі виявився модифікований метод Хука-Дживса [8]. Він полягає у проведенні трьох етапів пошуку: 1) первинного дослідницького; 2) пошуку за зразком; 3) вторинного дослідницького. Перший етап полягає у знаходженні напрямку (встановленні знаку зміни кожного незалежного параметра), який призводить до зменшення цільової функції. Другий етап – пошук за зразком – ґрунтується на зміні параметрів, знак якої встановлений на попередньому етапі, однак зі збільшеним кроком зміни. Ефективність пошуку за зразком може бути оцінена шляхом вторинного дослідницького пошуку: якщо пошук у попередньому напрямку з досить малим кроком призводить до зменшення цільової функції, то пошук, проведений за зразком можна вважати ефективним. У протилежному випадку за базис приймають точку, отриману перед останнім ефективним пошуком за зразком і процедуру повторюють. Якщо ж первинний дослідницький пошук результату не приносить, крок зміни параметрів зменшують, або пошук завершують, якщо досягнуте мінімальне допустиме значення зміни параметрів. Більш детально процедуру пошуку мінімуму цільової функції можна прослідкувати на блок-схемі (рис. 2).

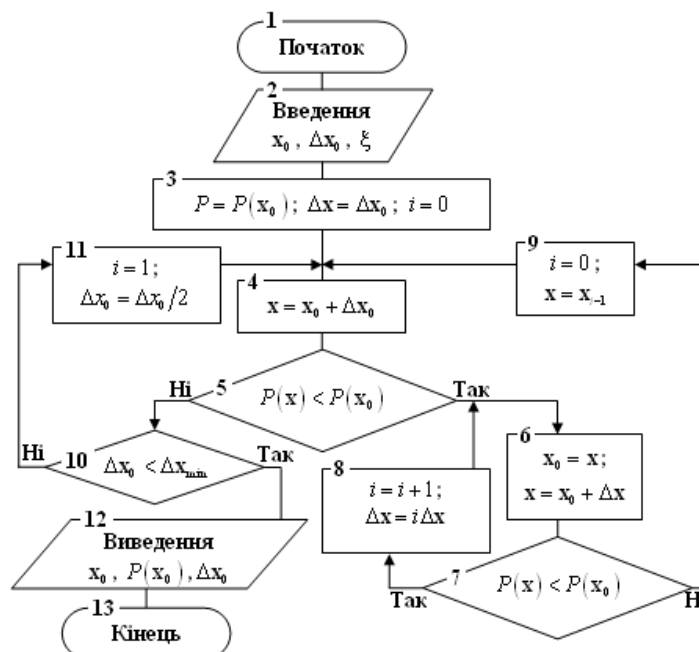


Рис. 2. Блок-схема пошукового алгоритму

Вихідними даними (блок 2) для пошуку є базисний вектор x_0 вихідних параметрів, що визначається

попереднім скануванням області допустимих значень та відповідний йому базисний вектор кроків Δx_0 зміни відповідних параметрів, що задається користувачем. Ще одним вектором, що задає користувач, є вектор Δx_{\min} мінімальних значень всіх параметрів, який визначає точність розв'язання задачі. Після попереднього розрахунку цільової функції для базису x_0 (блок 3) проводиться первинний дослідницький пошук (блок 4), тобто знаходиться такий напрямок зміни параметрів, який відповідатиме зменшенню цільової функції. Якщо така зміна відбулася (блок 5), то проводиться пошук за зразком з нового базису, яким є поточне значення x (блок 6). Після кожного пошуку за зразком проводиться вторинний дослідницький пошук для встановлення його успішності (блок 7). Кожен наступний пошук за зразком здійснюється з кроком, величина якого пропорційна кількості успішних спроб (блок 8).

У тому випадку, якщо вторинний пошук виявиться неуспішним (умова 7 не виконається) починається первинний пошук з точки, що відповідатиме останньому успішному пошуку за зразком (блок 9). Якщо ж первинний дослідницький пошук не встановить напрямку зменшення цільової функції (не виконається умова 5), то необхідно зменшити крок величин вектора Δx_0 (блок 11) за умови, що вони не менші заданих користувачем значень Δx_{\min} (блок 10). При досягненні умови $\Delta x_0 < \Delta x_{\min}$ пошук припиняється, а розв'язком задачі вважається вектор x_0 , що відповідає останньому успішному пошуку, значення мінімуму цільової функції $P(x_0)$ та вектор Δx_0 , що виражає точність пошуку. Графік збігання значення цільової функції у процесі її мінімізації наведений на рис. 3.

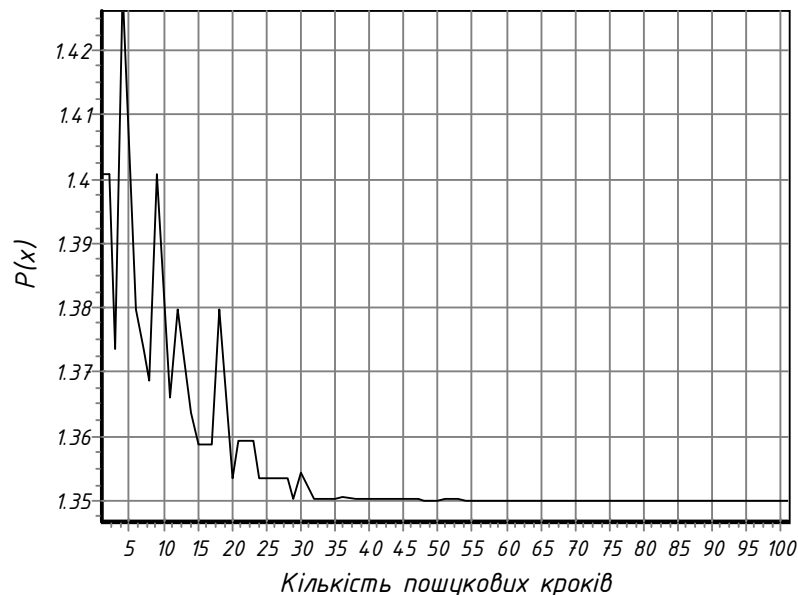


Рис. 3. Графік збігання значень цільової функції

Як видно з графіка збігання цільової функції, її значення практично перестало спадати після сорокової ітерації. Локальні зростання графіка пояснюються невдалими пошуковими спробами. У нашому випадку ітераційний цикл організований таким чином, що зміна певного керованого параметра синтезу припиняється при досягненні величини зміни кроку певного наперед встановленого користувачем значення. Процедура формування цільової функції та реалізації модифікованого пошукового метода наведено в додатках.

Таким чином у процесі оптимізаційного пошуку отримані наступні значення керованих параметрів: $r = 0,2700$, $\varphi = 156,62^\circ$; $e = 0,0904$, яким відповідають розрахункові параметри кінематичної схеми $k = 3,7364$; $\Omega = 31,8178^\circ$; $x_\xi = 5,5122$; $\xi = 141,5164^\circ$; та значення цільової функції $P(x) = 1,3498$.

Характеристики закону руху вихідної ланки:

$\alpha = 70,0000^\circ$; $\varphi_e = 160,0000^\circ$; $\varphi_n = 130,0000^\circ$; $\varphi_n = 122,88^\circ$ (кут повороту, що відповідає початку виступу); $K = 1,230769$; $2E = 0,0014$; $S_{\max} = 0,3901$; $\delta = 0,363\%$.

Кінематична схема та закон руху вихідної ланки синтезованого механізму наведені на рис. 4.

Таким чином, отримані параметри синтезованого механізму повністю задовольняють вимоги, поставлені в умові задачі. На основі запропонованих методів розроблено алгоритми та відповідне програмне забезпечення оптимізаційного синтезу ККМВ на основі різних особливих точок. Розроблений програмний продукт забезпечує гнучкість при формуванні цільової функції та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дає змогу використовувати його без особливих знань в області методів оптимізації.

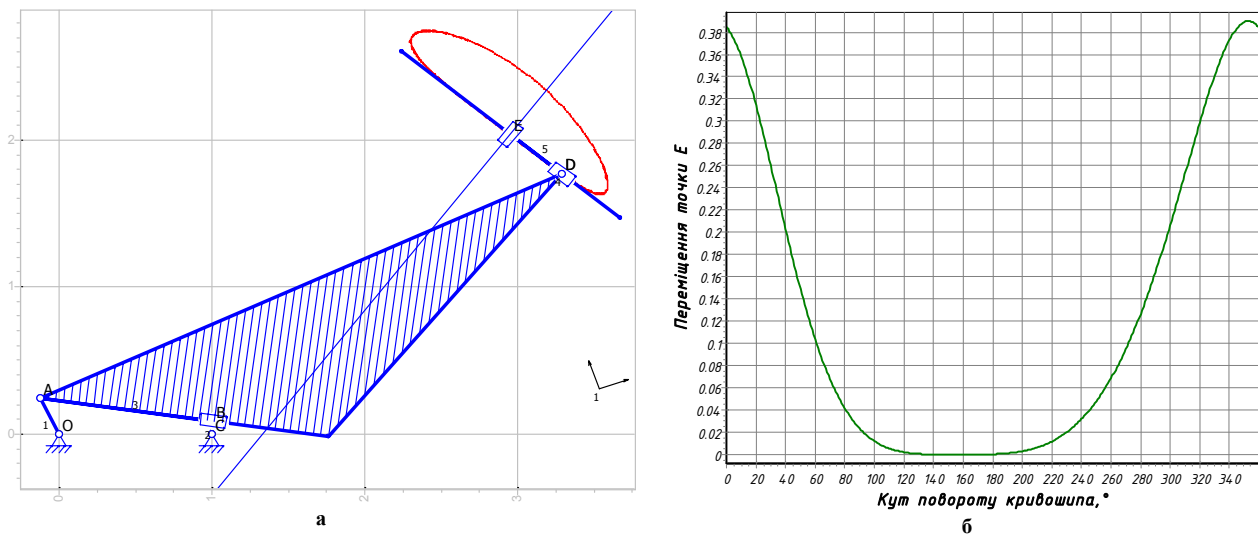


Рис. 4. Результат оптимізаційного синтезу: а – кінематична схема синтезованого механізму; б – закон руху вихідної ланки

Література

1. Кіндрацький Б.І., Сулим Г.Т. Рациональное проектирование машиностроительных конструкций: Монография. – Львів: КІПАТРИ ЛТД, 2003. – 280с.
2. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1990. – 592 с.
3. Оптимальный синтез направляющего пространственного кривошипно-ползунного механизма / Р.И. Ализаве, И.Г. Новрузбеков, Ф. Фрейденштейн, Д.Н. Сандор // Машиноведение. – 1980. – № 1. – С.34-36.
4. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов. – М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.
5. Пейсах Э.Е. Оптимизационно-квадратический синтез плоских рычажных механизмов // Машиноведение, – 1986. – № 5. С. 71-77.
6. Сатерленд, Рот. Усовершенствованный метод наименьших квадратов для проектирования механизмов, воспроизводящих заданную функцию // Конструирование и технология машиностроения. Изд. Мир. – 1975. – № 1. – С. 305-310.
7. Сатерленд. О недостатках некоторых методов синтеза механизмов способом наименьших квадратов // Конструирование и технология машиностроения. Изд. Мир. – 1979. – № 1. – С. 35-38.
8. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975. – 534 с.
9. Эшенбах, Тесар Оптимизация шарнирных четырехзвенников, удовлетворяющих четырем обобщенным положениям в одной плоскости // Конструирование и технология машиностроения. Изд. Мир. – 1969. – № 1. – С. 79.

Надійшла 11.11.2008 р.

УДК 620.178.1

В.С. ПАВЛОВ

Хмельницький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ МІЦНОСТІ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ І ЗМІШАНОМУ СКЛАДНИХ ОПОРАХ, ЩО СПРИЧИНЯЮТЬ ЛІНІЙНИЙ НАПРУЖЕНИЙ СТАН. СТАТИЧНІ КОМПОНЕНТИ СКЛАДНОГО ОПОРУ – ОПОРИ ДОДАТНИМ ЛІНІЙНИМ ДЕФОРМАЦІЯМ

Запропоновано методику визначення (двома способами) коефіцієнта запасу міцності за складного опору, що спричиняє лінійний напружений стан. Компонентами складного опору можуть бути опори статичним нормальним додатним напруженням при деформаціях згину і однобічного розтягу, симетричному і несиметричному (з додатним середнім напруженням) циклом нормальних напружень при деформаціях згину і розтягу-стиску.

1. Вступ

Для визначення коефіцієнта запасу міцності (надалі «коефіцієнта запасу») при складному опорі, що спричиняє в небезпечній точці деталі лінійний напружений стан, використовують критерій найбільшого нормального напруження [1, с.39]. Компонентами (складниками) такого складного опору є опори, кожний з

яких спричиняє в небезпечній точці лінійний напружений стан.

Прості деформації і опори матеріалу таким деформаціям (напруженням) можуть бути статичними і змінними. В машинобудуванні змінні деформації, зазвичай, мають циклічний характер.

Залежно від характеру навантаження можна виділити три види складного опору:

статичний – всі опори, що є компонентами складного опору, статичні;

циклічний – всі компоненти є циклічними опорами;

змішаний – серед компонентів є як статичні, так і циклічні опори.

В [1, с.41] виведено формули для визначення коефіцієнта запасу n при складному статичному опорі.

Залежно від кількості простих опорів ці формули мають вигляд:

$$n = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}; \quad n = \frac{n_1 n_2 n_3}{n_1 n_2 + n_2 n_3 + n_3 n_1}, \quad (1), (2)$$

де n_1, n_2, n_3 – частинні коефіцієнти.

Формула (1) справедлива при двох компонентах, формула (2) – при трьох.

Частинний коефіцієнт запасу

$$n_{i(1,2,3)} = \sigma_L / \sigma, \quad (3)$$

де σ_L – граничне напруження: σ_{Lp} – при розтязі, σ_{Lz} при згині;

σ – максимальне нормальне напруження в небезпечній точці.

Слід зупинитися на величині σ_{Lz} пластичного матеріалу – межі текучості σ_{Tz} при згині, оскільки в довідковій літературі ця характеристика пластичних металів і сплавів, в тому числі конструкційних сталей, не подається.

Разом з тим, як свідчать результати експериментальних робіт [2] і [3], межа текучості сталевих призматичних стержнів прямокутного перерізу при згині щонайменше на 35 % більша порівняно з розтягом.

Як показав порівняльний аналіз циклічної міцності конструкційних сталей, їх межа витривалості за симетричного циклу напружень при згині в середньому в 1,37 рази більша, ніж при розтязі-стиску [4, с.42].

Тому, на нашу думку, в розрахунках можна прийняти $\sigma_{Tz} = 1,35\sigma_{Tp}$.

Мета роботи – розробка методики визначення коефіцієнта запасу при складному циклічному опорі, компонентами якого є опори симетричним та несиметричним циклом напружень з додатним середнім напруженням, і складному змішаному опорі, компонентами якого є опори вказаним вище циклом напружень і статичним додатним напруженням, спричиненим розтягом або згином.

2. Основний розділ

2.1. Складний циклічний опір

Вихідні положення. 1) Кожне з внутрішніх зусиль і відповідне йому напруження є регулярними, тобто вони змінюються за періодичним законом з одним максимумом і одним мінімумом протягом одного періоду. 2) Напруження в небезпечній точці, що відповідають кожному з компонентів, знаходяться у фазі, тобто одночасно досягають найбільшого і найменшого значень. 3) Матеріал перебуває в області пружності, тобто в умовах багатоциклової втоми (число циклів N до руйнування більше $5 \cdot 10^4$).

Нагадаємо параметри циклу нормальних напружень.

$$\text{Максимальне напруження } \sigma_{\max}. \quad (4)$$

$$\text{Мінімальне напруження } \sigma_{\min}. \quad (5)$$

$$\text{Амплітудне напруження } \sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / 2. \quad (6)$$

$$\text{Середнє напруження } \sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2. \quad (7)$$

$$\text{Коефіцієнт несиметрії циклу } R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}. \quad (8)$$

$$\text{Характеристика циклу } \rho = \sigma_a / \sigma_m. \quad (9)$$

Між характеристикою і коефіцієнтом несиметрії циклу існує залежність:

$$\rho = (1 - R) / (1 + R). \quad (10)$$

Примітки. 1) Всі параметри циклу напружень, крім σ_a , алгебраїчні величини. Амплітудне напруження σ_a завжди додатне. 2) Величини σ_{\max} , σ_{\min} , σ_a , σ_m – номінальні напруження, що обчислюються за формулами опору матеріалів без врахування впливу різних факторів.

Величину коефіцієнта запасу n за простого циклічного опору можна визначити, залежно від характеристики ρ циклу напружень, за однією з формул, виведених з використанням повної модифікованої діаграми граничних амплітуд [5, с.64].

За симетричного циклу напружень ($\rho = \infty$, $\sigma_m = 0$, $\sigma_a = \sigma_{\max}$)

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a}, \quad (11)$$

де σ_{-1} – межа витривалості за симетричного циклу напружень ($\sigma_{-1} = \sigma_{-1p}$ за розтягу-стиску і $\sigma_{-1} = \sigma_{-1з}$ при згині);

$K_{\sigma D}$ – загальний коефіцієнт зниження межі витривалості деталі за несиметричного циклу нормальних напружень.

За симетричного циклу напружень з додатним середнім напруженням ($\sigma > K_{\sigma D} \rho > 0, \sigma_m > 0$)

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a + \eta \sigma_m}, \quad (12)$$

де η – параметр модифікованої діаграми Гудмана (рис. 1), що є частиною повної модифікованої діаграми граничних амплітуд.

$$\eta = \sigma_{-1} / \sigma_L. \quad (13)$$

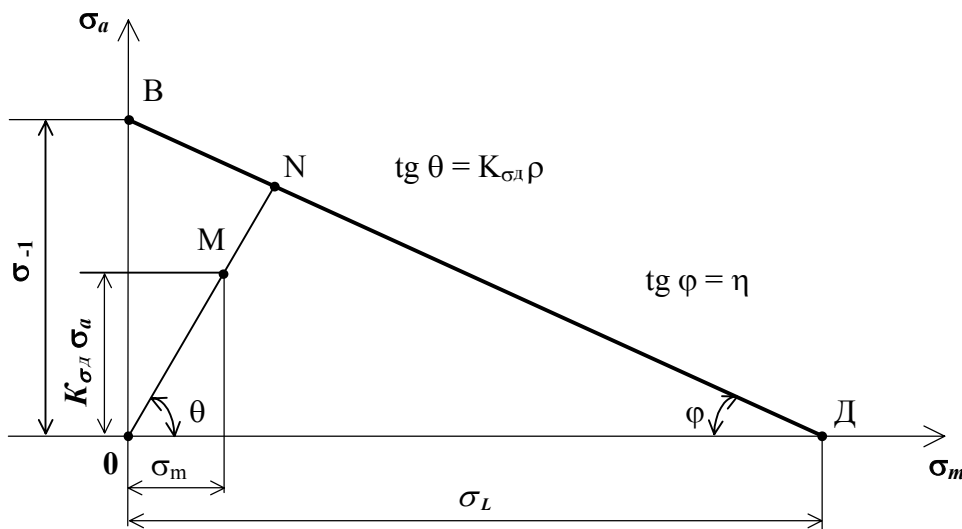


Рис. 1. Модифікована діаграма граничних амплітуд Гудмана: т. В – граничний симетричний цикл ($\sigma_{-1} = \sigma_{-1p}$ при розтязі-стиску або $\sigma_{-1} = \sigma_{-1з}$ при згині); т. Д – граничний напружений стан при розтязі ($\sigma_L = \sigma_{Lp}$) або при згині ($\sigma_L = \sigma_{Lз}$); точки М, N – максимальні напруження подібних робочого і граничного циклів напружень в небезпечній точці відповідно

Нижче буде показано, що формули (1) і (2), виведені для визначення коефіцієнта запасу деталі при складному статичному опорі, справедливі також для складного циклічного опорі, якщо в них підставити значення частинних коефіцієнтів запасу, обчислені за формулами (11) і (12).

2.1.1. Компоненти складного опорі – опорі симетричним циклам напружень

Як відомо, лінійний напружений стан в небезпечній точці деталі при складному опорі виникає за простих опорів деформаціям розтягу-стиску і згину.

Покажемо, що за наявності двох простих опорів циклічним симетричним деформаціям одного виду (згину) коефіцієнт запасу можна визначити як за формулою (11), так і за формулою (1).

Нехай в небезпечному перерізі деталі діють циклічні згинальні моменти $\pm M_x$ і $\pm M_y$ (x, y – головні центральні осі перерізу). Максимальні напруження в небезпечній точці $\sigma(M_x) = \sigma_x$ і $\sigma(M_y) = \sigma_y$.

Обчислимо коефіцієнт запасу за формулою (11)

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a},$$

де $\sigma_{-1} = \sigma_{-1з}$; σ_a – сумарне амплітудне напруження.

$$\sigma_a = \sigma_{\max} = \sigma_x + \sigma_y.$$

Згідно з формулою (11) отримаємо:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a} = \frac{\sigma_{-1z}}{K_{\sigma D} (\sigma_x + \sigma_y)} = \frac{1}{K_{\sigma D} \sigma_x / \sigma_{-1z} + K_{\sigma D} \sigma_y / \sigma_{-1z}}.$$

Величини $\sigma_{-1z} / (K_{\sigma D} \sigma_x) = n_x$, $\sigma_{-1z} / (K_{\sigma D} \sigma_y) = n_y$ – частинні коефіцієнти запасу за простих опорів симетричним згинам в головних площинах стержня.

$$\text{Тоді: } n = \frac{1}{1/n_x} + \frac{1}{1/n_y} \Rightarrow n = \frac{n_x n_y}{n_x + n_y} \text{ або } n = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}, \text{ якщо замінити індекси } x, y \text{ на } 1, 2.$$

Тобто ми отримали формулу (1).

Отже коефіцієнт запасу за складного опору, компонентами якого є прості опори циклічним симетричним деформаціям одного виду (деформаціям згину), можна визначити як за формулою (1), так і за формулою (11).

Але за простих опорів деформаціям різного виду (згину і розтягу-стиску) коефіцієнт запасу можна визначити лише за формулою (1), оскільки межа витривалості матеріалу при згині і розтязі-стиску різні, $\sigma_{-1z} \neq \sigma_{-1p}$.

Таким чином, формулу (11) можна вважати частковим випадком формули (1). Остання справедлива за складного опору як статичного, так і циклічного симетричного. Підсумовуючи викладене, можна запропонувати такий порядок визначення коефіцієнта запасу при складному опорі, компонентами якого є опори простим симетричним циклам напружень:

- 1) обчислюють частинні коефіцієнти запасу за простих опорів за формулою (11);
- 2) визначають коефіцієнт запасу деталі за формулою (1) або (2), залежно від кількості простих опорів.

2.1.2. Компоненти складного опору – опори несиметричним циклам напружень з додатним середнім напруженням

Спочатку покажемо, що опір несиметричному циклу напружень можна представити як складний опір, компонентами якого є прості опори симетричному циклу напружень з максимальним напруженням, величина якого дорівнює амплітудному напруженню несиметричного циклу ($\sigma_{\max} = \sigma_a$), і статичному додатному напруженню, величина якого дорівнює середньому напруженню несиметричного циклу ($\sigma = \sigma_m$).

Використаємо модифіковану діаграму граничних амплітуд Гудмана (рис. 1).

Запишемо частинні коефіцієнти запасу за простих опорів.

- 1) Симетричний цикл. Згідно з формулою (11)

$$n_a = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a}. \quad (14)$$

- 2) Статичне напруження. Згідно з формулою (3)

$$n_m = \frac{\sigma_L}{\sigma_m}. \quad (15)$$

Враховуючи залежності (12)... (15), отримуємо:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a + \eta \sigma_m} = \frac{1}{\frac{K_{\sigma D} \sigma_a}{\sigma_{-1}} + \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{Lp}} \cdot \frac{\sigma_m}{\sigma_{-1}}} = \frac{1}{\frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_m}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{n_a n_m}{n_a + n_m}, \quad (16)$$

де n_a , n_m – частинні коефіцієнти запасу, визначені за формулами (14) і (15).

Отже частинний коефіцієнт запасу за опору несиметричному циклу напружень можна визначити двома способами: за формулою (12) або (16).

В другому випадку опір несиметричному циклу виступає в ролі складного опору, компонентами якого є прості опори симетричному циклу напружень і статичному напруженню. Тобто компонентами складного опору можуть бути опори, які також є складними.

2.1.2.1. Два способи визначення коефіцієнта запасу

Оскільки є два способи визначення коефіцієнта запасу за опору несиметричному циклу напружень, то існує два способи визначення коефіцієнта запасу за складного опору, компонентами якого є опори несиметричним циклам напружень.

I-й спосіб. План розрахунку.

- 1) Обчислюють частинні коефіцієнти запасу за формулою (12).
- 2) Визначають коефіцієнт запасу за формулою (1) або (2), залежно від кількості компонентів складного опору.

II-й спосіб.

Складний опір представляють як опір сумарному несиметричному циклу напружень. Амплітудне і середнє напруження сумарного циклу можна обчислити за формулами:

$$\sigma_a = \sum \sigma_a^i ; \quad \sigma_m = \sum \sigma_m^i , \quad (17), (18)$$

де σ_a^i, σ_m^i – амплітудне і середнє напруження i -го простого несиметричного циклу відповідно; i – число простих несиметричних циклів напружень.

Примітка. Якщо суть задачі лише у визначенні коефіцієнта запасу, то параметри σ_a і σ_m сумарного циклу не визначають.

План розрахунку.

1. Обчислюють згідно з формулами (14) і (15) частинні коефіцієнти запасу n_a^i і n_m^i за простих опорів симетричному циклу напружень і статичному напруженню, що є компонентами опорів несиметричним циклам напружень.

$$n_a^i = \frac{\sigma_{-1}^i}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a^i} ; \quad n_m^i = \frac{\sigma_L^i}{\sigma_m^i} , \quad (19), (20)$$

де $\sigma_{-1}^i, \sigma_L^i$ – межа витривалості при симетричному циклі напружень і межа міцності при статичному додатному напруженні відповідно, що є компонентами i -го несиметричного циклу напружень.

2. Обчислюють частинні коефіцієнти запасу n_a і n_m за опорів сумарному симетричному циклу напружень і сумарному статичному напруженню, що є компонентами сумарного несиметричного циклу напружень.

Залежно від кількості несиметричних циклів формули (1) і (2) набувають вигляду:

$$n_a = \frac{n'_a n''_a}{n'_a + n''_a} \text{ або } n_a = \frac{n'_a n''_a n'''_a}{n'_a n''_a + n''_a n'''_a + n'_a n'''_a} ; \quad (21), (22)$$

$$n_m = \frac{n'_m n''_m}{n'_m + n''_m} \text{ або } n_m = \frac{n'_m n''_m n'''_m}{n'_m n''_m + n''_m n'''_m + n'_m n'''_m} . \quad (23), (24)$$

3. Визначають коефіцієнт запасу за формулою (16).

2.2. Складний змішаний опір

Компонентами складного змішаного опору, що досліджуються в даній роботі, можуть бути опори статичному додатному напруженню за розтягу або згину, симетричному і несиметричному (з додатним середнім напруженням) циклам нормальних напружень, при яких переважний вплив на міцність мають нормальні додатні напруження.

З точки зору методики визначення коефіцієнта запасу кожний з названих видів простого опору можна трактувати як опір несиметричному циклу напружень, компонентами якого є обидві складові (змінна і статична) або одна з них. За відсутності статичної складової маємо циклічний симетричний опір, а за відсутності змінної – статичний.

Тому коефіцієнт запасу можна визначити за допомогою тих же способів, що при складному циклічному опорі, компонентами якого є опори несиметричним циклам нормальних напружень (див. п.2.1.2.1).

Особливості розрахунку при використанні кожного із способів викладено нижче.

Перший спосіб. План розрахунку.

1) Обчислюють частинні коефіцієнти з використанням формул (3), (11), (12). Залежно від виду простої деформації і характеру навантаження.

2) Визначають коефіцієнт запасу за формулою (1) або (2).

Другий спосіб. Складний опір представляють як опір сумарному несиметричному циклу напружень.

План розрахунку.

1) У вигляді таблиці (див. нижче приклад) записують амплітудне і (або) середнє (статичне) напруження, що відповідають кожній простій деформації, та частинні коефіцієнти запасу за опору кожному з цих напружень.

2) Визначають вказані в п.1 напруження та частинні коефіцієнти.

3) Обчислюють частинні коефіцієнти запасу n_a і n_m за опору сумарному амплітудному і сумарному середньому напруженням сумарного несиметричного циклу відповідно, використовуючи формули (21)... (24) залежно від кількості частинних коефіцієнтів певного виду.

Якщо сумарне амплітудне або (і) середнє напруження представлені одним простим напруженням, тобто $\sigma_a = \sigma'_a$ або (і) $\sigma_m = \sigma''_m$ то $n_a = n'_a$ або (і) $n_m = n''_m$.

4) Визначають коефіцієнт запасу за формулою (16).

Приклад. В небезпечному поперечному перерізі сталевго стержня (рис. 2) діють статична додатна поздовжня сила $N = 108 \cdot 10^3$ Н і циклічні згинальні моменти $M_x = \pm 3240$ Нм та M_y ($M_{y \max} = 1350$ Нм, $M_{y \min} = -810$ Нм) в обох головних площинах.

Матеріал – сталь 30: $\sigma_{\text{тр}} = 300$ МПа; $\sigma_{-1z} = 240$ МПа.

Загальний коефіцієнт зменшення межі витривалості деталі при симетричному циклі нормальних напружень $K_{\sigma D} = 2$.

Визначити коефіцієнт запасу міцності деталі.

Розв'язання. З наявних зусиль видно, що стержень зазнає статичного осевого розтягу та циклічних згинів в обох головних площинах. Тобто перебуває в умовах складного змішаного опору, а в небезпечній точці деталі виникає лінійний напружений стан.

Задачу можна розв'язати двома способами (див. п.2.1.2.1).

Але в обох випадках спочатку потрібно визначити положення небезпечної точки і обчислити, використавши принцип незалежності дії сил, нормальні напруження, що виникають в небезпечній точці за наявних простих деформацій.

Визначення небезпечної точки. Якщо переріз має дві осі симетрії і точки, що знаходяться на найбільшій віддалі від кожної з осей, то при наявності внутрішніх зусиль N , M_x і M_y небезпечною буде одна з таких кутових точок (6, с. 333). Якщо $N > 0$ і додатні напрямки головних центральних осей вибрано так, що за максимальних значень згинальних моментів M_x і M_y в I-му квадранті виникають розтягуючі напруження, то це буде т. В (рис. 2).

Визначення максимальних номінальних напружень в небезпечній точці за простих опорів.

Обчислення геометричних характеристик перерізу: площі A і осевих моментів опору W_x і W_y .

$$A = b \cdot h = 60 \cdot 90 = 54 \cdot 10^2 \text{ мм}^2.$$

$$W_x = bh^2 / 6 = 60 \cdot 90^2 = 81 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

$$W_y = hb^2 / 6 = 90 \cdot 60^2 = 54 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Визначення напружень.

а) Осевий розтяг. $\sigma(N) = N / A = 108 \cdot 10^3 / 54 \cdot 10^2 = 20$ Н/мм² $\Rightarrow \sigma(N) = 20$ МПа.

б) Згин у вертикальній площині ZY (вісь Z перпендикулярна до площини рисунка). Максимальне напруження

$$\sigma(M_x) = M_x / W_x = 3240 \cdot 10^3 / 81 \cdot 10^3 = 40 \text{ Н/мм}^2 \Rightarrow \sigma(M_x) = 40 \text{ МПа.}$$

в) Згин в горизонтальній площині ZX .

Максимальне напруження

$$\sigma(M_{y \max}) = M_{y \max} / W_y = 1350 \cdot 10^3 / 54 \cdot 10^3 = 25 \text{ Н/мм}^2 \Rightarrow \sigma(M_{y \max}) = 25 \text{ МПа.}$$

Інші параметри циклу напружень.

Мінімальне напруження

$$\sigma(M_{y \min}) = M_{y \min} / W_y = -810 \cdot 10^3 / 54 \cdot 10^3 = -15 \text{ Н/мм}^2 \Rightarrow \sigma(M_{y \min}) = -15 \text{ МПа.}$$

Амплітудне напруження

$$\sigma_a = (\sigma(M_{y \max}) - \sigma(M_{y \min})) / 2 = (25 - (-15)) / 2 = 20 \text{ Н/мм}^2 \Rightarrow \sigma_a = 20 \text{ МПа.}$$

Середнє напруження

$$\sigma_m = (\sigma(M_{y \max}) + \sigma(M_{y \min})) / 2 = (25 + (-15)) / 2 = 5 \text{ Н/мм}^2 \Rightarrow \sigma_m = 5 \text{ МПа.}$$

Після виконання підготовчої роботи, тобто визначення небезпечної точки і обчислення напружень, що виникають в ній за кожного з простих опорів, можна приступити безпосередньо до визначення коефіцієнта запасу.

Перший спосіб.

1) Обчислення частинних коефіцієнтів запасу за простих опорів.

а) Статичний розтяг. Згідно з формулою (3)

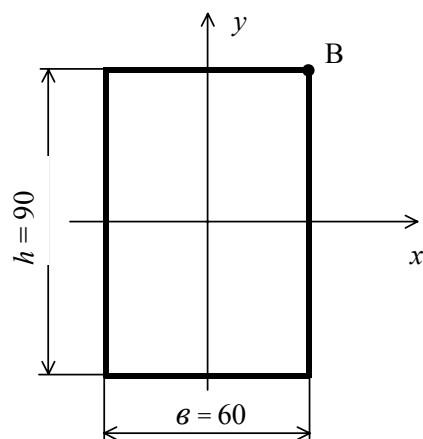


Рис. 2 Небезпечний поперечний переріз сталевго стержня

$$n_1 = \sigma_L / \sigma(N) = \sigma_{\text{ТР}} / \sigma(N) = 300 / 20 = 15.$$

б) Циклічний симетричний згин у вертикальній площині ZY . Згідно з формулою (11)

$$n_2 = \frac{\sigma_{-13}}{K_{\sigma D} \sigma(M_x)} = \frac{240}{2 \cdot 40} = 3.$$

в) Циклічний несиметричний згин в горизонтальній площині ZX . Згідно з формулою (12)

$$n_3 = \frac{\sigma_{-13}}{K_{\sigma D} \sigma_a + \eta \sigma_m},$$

де $\eta = \sigma_{-13} / \sigma_{\text{ТЗ}} = \sigma_{-13} / 1,35 \sigma_{\text{ТР}}$.

$$\text{Тоді: } n_3 = \frac{240}{2 \cdot 20 + (240 / 1,35 \cdot 300) 5} \Rightarrow n_3 = 5,59.$$

2) Визначення коефіцієнта запасу деталі.

Згідно з формулою (2)

$$n = \frac{n_1 n_2 n_3}{n_1 n_2 + n_2 n_3 + n_3 n_1} = \frac{15 \cdot 3 \cdot 5,59}{15 \cdot 3 + 3 \cdot 5,59 + 5,59 \cdot 3} \Rightarrow n = 1,73.$$

Другий спосіб.

1) Запис у вигляді таблиці амплітудного і (або) середнього (статичного) напружень, що відповідають простим деформаціям, та частинних коефіцієнтів запасу за опору кожному з цих напружень

№ п/п	Вид деформації	Напруження		Частинні коефіцієнти	
		σ_a	σ_m	n_a	n_m
1.	Осьовий розтяг	–	σ'_m	–	n'_m
2.	Згин в головній площині ZY	σ''_a	–	n''_a	–
3.	Згин в головній площині ZX	σ'''_a	σ'''_m	n'''_a	n'''_m

2) Визначення вказаних в п. 1) напружень та частинних коефіцієнтів

Осьовий розтяг: $\sigma'_m = \sigma(N) = 15$ МПа; $n'_m = n_1 = 15$.

Згин в площині ZY : $\sigma''_a = \sigma(M_x) = 40$ МПа; $n''_a = n_2 = 3$.

Згин в площині ZX : $\sigma'''_a = \sigma_a = 20$ МПа; $\sigma'''_m = \sigma_m = 5$ МПа;

$n'''_a = \sigma_{-13} / K_{\sigma D} \sigma'''_a = 240 / 2 \cdot 20 = 6$;

$n'''_m = \sigma_L / \sigma'''_m = \sigma_{\text{ТЗ}} / \sigma'''_m = 1,35 \sigma_{\text{ТР}} / \sigma_m = 1,35 \cdot 300 / 5 \Rightarrow \sigma'_m = 81$.

3) Обчислення частинних коефіцієнтів n_a і n_m за опору амплітудному і середньому напруженням сумарного несиметричного циклу.

Використовуємо формули (21) і (23), оскільки простих амплітудних і статичних напружень по 2 (див. табл.).

$$n_a = \frac{n''_a n'''_a}{n_a + n'''_a} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} \Rightarrow n_a = 2.$$

$$n_m = \frac{n'_m n'''_m}{n'_m + n'''_m} = \frac{15 \cdot 81}{15 + 81} \Rightarrow n_m = 12,66.$$

4) Визначення коефіцієнта запасу деталі.

Згідно з формулою (16)

$$n = \frac{n_a n_m}{n_a + n_m} = \frac{2 \cdot 12,66}{2 + 12,66} \Rightarrow n = 1,73.$$

Отже результати обчислень обома способами однакові.

Відповідь: коефіцієнт запасу деталі $n = 1,73$.

Таким чином, якщо компонентами складного опору або складниками цих компонентів є опори циклічним симетричним і статичним додатним лінійним деформаціям (нормальним напруженням), то щодо визначення коефіцієнта запасу можна зробити такі висновки і пропозиції.

Висновки

1. Опір несиметричному циклу напружень можна представити у вигляді складного опору, компонентами якого є опори симетричному циклу напружень і статичному середньому напруженню.

2. Симетричний цикл напружень і статичне напруження можна представити як часткові випадки несиметричного циклу напружень, в якому відсутній один з компонентів.

3. За складних змішаного або циклічного опорів, компонентами яких є несиметричні цикли напружень, коефіцієнт запасу можна визначити двома способами.

Першим способом коефіцієнт запасу визначають за тими ж формулами, що й при складному статичному опорі. Частинні коефіцієнти запасу за простих опорів обчислюють згідно з видом деформації і характером навантаження.

При використанні другого способу складний опір представляють як опір сумарному несиметричному циклу напружень. Частинні коефіцієнти визначають двічі. Перший раз – за опорів складникам його компонентів: сумарного симетричного циклу напружень і сумарного середнього напруження. Другий раз – за опорів цим компонентам.

Література

1. Павлов В.С. Визначення коефіцієнта запасу міцності при використанні критерію найбільшого нормального напруження // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – 2008. – № 3. – С. 39-43.

2. A.Thum, U.F/Wunderlich. Forschung Ingen. – Wes. 3 (1932), 261.

3. W.Kuntze. Der Stahlbau (1933), Heft 7.

4. Павлов В.С. Визначення чинників, що впливають на граничне значення критерію міцності // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – 2008. – № . – С. 37-43.

5. Павлов В.С. До питання про визначення коефіцієнта запасу в машинобудуванні, повідомлення 1 // Вісник Хмельницького національного університету. – технічні науки. – 2005. – № 5. – ч.1. – С. 58-64.

6. Писаренко Г.С., О.Л.Квітка, Е.С.Уманський. Опір матеріалів, підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.

Надійшла 12.11.2008 р.

УДК 685.34.054

Д.М. ЯКИМЧУК, А.К. КАРМАЛІТА
Хмельницький національний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КРУТНИХ МОМЕНТІВ В ПРИВОДАХ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

В статті аналізуються методи вимірювання крутних моментів в приводах електрогідролічних пресів в легкій промисловості, розглядаються найбільш корисні схеми вимірювань та робиться висновок про можливість їх застосування.

Постановка проблеми

Швидкий розвиток машинобудування, а також і легкої промисловості випереджає розвиток теоретичної бази, і багато машин часто створюються без достатніх розрахунків, а іноді за їх відсутності. Так, використання гідролічних, пневматичних, електричних пристроїв наражається на складності теоретичних розрахунків. В таких випадках вирішити всі завдання можливо завдяки проведенню експерименту, що дозволяє одержати дані для теоретичного або практичного розв'язання задачі.

Для проведення експериментів часто потрібна методика з включенням комплексу зв'язаних між собою одночасних вимірювань. Це, в свою чергу, потребує підвищених вимог до чутливості і точності вимірювальних приладів. З іншого боку, розвиток спеціальних областей фізики, електротехніки та електроніки, комп'ютерної техніки та технологій відкрили можливості, яких раніше не мала вимірювальна техніка. На зміну застарілим приладам та методам вимірювання приходять більш досконалі, придатні для розв'язання складних експериментальних задач.

Такими приладами є електричні датчики, які перетворюють механічні величини, що вимірюються, в електричні. Цей метод вимірювання механічних параметрів отримав в даний час широкого розвитку.

Використання сучасних методів вимірювання в поєднанні з електричними датчиками дає змогу отримувати точні вимірювальні дані, а також більш якісно впливати на процес виготовлення різноманітних пристроїв та машин.

Формулювання цілей статті

Метою статті був вибір методу вимірювання крутних моментів в приводах електрогідролічних пресів, що використовуються для виробування деталей із шкіри та шкіргалантерейних виробів.

Виклад основного матеріалу досліджень

Вибір методу вимірювання залежить від задачі і умов використання і включає в себе аналіз задачі, розробку плану досліджень і вибір методу і засобів вимірювань. Для розв'язання цих питань потрібна інформація про поставлену задачу, що містить мету досліджень та відомості про особливості задачі та умови її

розв'язання. На основі аналізу задачі і розробки дослідження складається технічне завдання на заплановане випробовування.

Прилади, що використовуються для вимірювання крутних моментів, називаються торсіометрами.

Для вимірювання крутних моментів найчастіше використовують методи, основані на перетворенні вимірювального крутного моменту в деформацію (механічні напруження) пружного елемента, виконаного у вигляді суцільного чи плоскотілого вала (торсіона), спіральних пружин, підвісів чи розтяжок. Деформація (механічне напруження) пружного елемента перетворюється в електричний сигнал за допомогою тензорезистивних, індуктивних, магнітопружних та інших перетворювачів.

З практики відомо, що для вимірювання крутних моментів і інших силових факторів звичайно розробляються датчики, які використовуються для конкретного об'єкту дослідження. Тому для кожного наступного експерименту використовуються різні методи дослідження тих чи інших величин.

Методи вимірювання крутних моментів, що використовувались десятки років, не є актуальними і через застарілість вимірювальної бази точність вимірювань була не досить високою [1].

Використання тензорезисторів для вимірювання крутних моментів досить поширене. Вони є точними і використовуються в з'єднанні в мостових схемах відкритого чи закритого типу [2].

Тензорезистори об'єднують у мостові схеми та використовують як безпосередні перетворювачі величини, що вимірюється [3]. Для кожного конкретного виду експериментальних досліджень вибирається свій певний вид тензорезистора, враховуючи спосіб використання та умови роботи вимірювальної системи в цілому.

Їх наклеюють безпосередньо на вали досліджуваних об'єктів, а якщо це неможливо – на пружних елементах, з'єднаних штивно з досліджуваним валом. Тензорезистори наклеюють у напрямі найбільших тангенціальних напружень, тобто під кутом 45° до осі вала.

Розміщення тензорезисторів під кутом 45° до осі вала та під кутом 90° один до одного, а також попарно на діаметрально протилежних сторонах вала, з наступним під'єднанням їх у схему одинарного моста, забезпечується не тільки температурна компенсація, але і усувається вплив деформації згину вала на результат вимірювань.

Існує два найпоширеніших методи вимірювань крутних моментів обертових валів:

1. Контактний метод.
2. Безконтактний метод.

Одним з важливих елементів контактного методу для вимірювання крутних моментів обертових валів є струмознімач, що з'єднує тензорезистори з електричним вимірювальним колом [4]. Його виготовляють у вигляді контактної кільця, насадженого на вал, та контактних щіток. Значний вплив на результат вимірювань у таких випадках можуть мати варіації перехідних опорів контактів та контактні термо-ЕРС, що виникають внаслідок нагрівання контактів через тертя в них. Для зменшення цього впливу кільця та щітки виготовляють з матеріалів, що у парі мають малий перехідний опір та малу термо-ЕРС, а також застосовують схемні рішення.

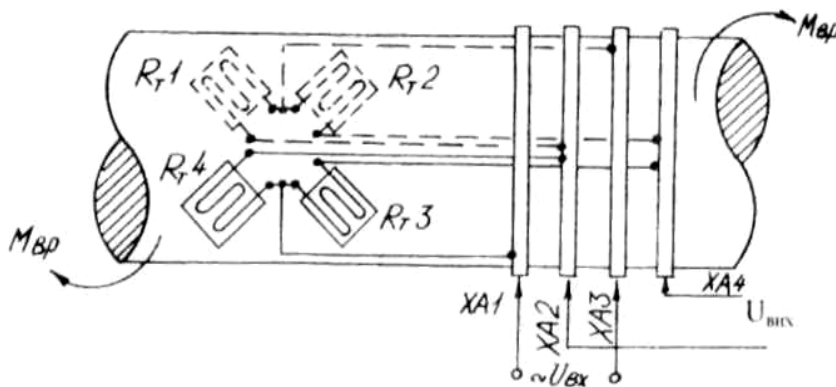


Рис. 1. Контактна схема вимірювання крутних моментів обертових валів

На рис. 1 зображено контактну схему вимірювання крутних моментів обертових валів. В ній чотири тензорезистори $R_{r1} \dots R_{r4}$ з'єднані у замкнене кільце, а струмознімачальні кільця під'єднанні до вершини моста. Тоді опори контактів $XA1 \dots XA4$ будуть додаватись лише з опорами джерела живлення та індикатора, а їх вплив на результат вимірювань буде незначним [4]. Для усунення впливу паразитних контактних термо-ЕРС вимірювальне коло живлять від джерела змінної напруги.

Схема безконтактного торсіометра зображено на рис. 2. На валу 1 чотири тензорезистори розміщені попарно з обох сторін вала, утворюючи тензорезистивний міст. Живлення мостового кола і підключеного до його виходу перетворювача напруга-частота (ПНЧ) 2 здійснюється від блока живлення 3 через трансформатор 4 з рухомою вторинною обмоткою, яка знаходиться на рухомому валу. Первинна обмотка w_1 трансформатора підключена до джерела 5 синусоїдної напруги з частотою $5 \dots 10$ кГц. Протягом півперіоду вихідної напруги ПНЧ, коли ключ S розімкнений, напруга, що наводиться у вторинній обмотці трансформатора, випрямляється, стабілізується і подається на тензометричний міст. Напруга розбалансу моста надходить на вхід ПНЧ, який служить для перетворення напруги розбалансу в пропорційну їй частоту f_x .

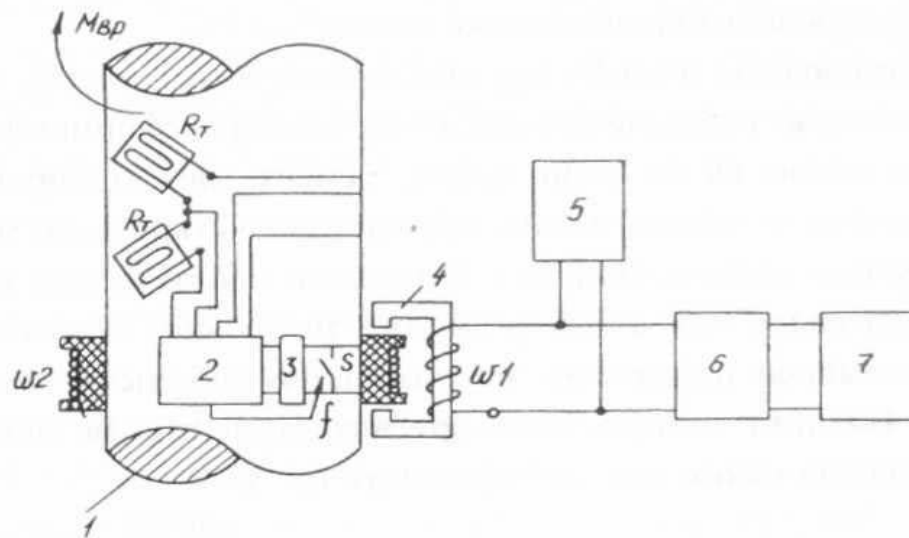


Рис. 2. Схема безконтактного торсіометра

Сигнал з виходу ПНЧ у вигляді частотно-модульованої змінної напруги керує ключем S , який з частотою F_x замикає і розмикає вторинну обмотку w_2 трансформатора, викликаючи модуляцію напруги на обмотці w_1 . Ця амплітуда після амплітудного демодулятора 6 подається на аналоговий або цифровий частотомір 7 [4].

Похибка вимірювання крутних моментів за допомогою наклеєних тензорезисторів може бути зведена до 1...1,5% при попередньому градуванні вимірювального приладу з наклеєними тензорезисторами. Без такого градування похибка може сягати 5...10%.

Як видно з наведеного вище, обидва методи є дієвими. Контактний метод є більш простим ніж безконтактний. Час, а також трудомісткість робіт, що буде затрачено на його розробку та встановлення будуть незначними. Однак значний вплив на результат вимірювань у таких випадках можуть мати варіації перехідних опорів контактів та контактні термо-ЕРС, що виникають внаслідок нагрівання контактів через тертя в них.

В свою чергу безконтактний метод є більш точним для проведення експериментальних досліджень. Для несучої частоти 5 кГц чутливість приладу до відносної зміни опору тензорезисторів становить $\Delta f_x/\varepsilon = 5000$ Гц/%. Але трудомісткість та вартість такого методу є вищими ніж у попереднього.

З наведеного вище слідує, що обидва методи можуть бути використані для вимірювання крутних моментів обертових валів в приводах електрогідролічних пресів, що використовуються в легкій промисловості. Але через свою притаманну легкій промисловості специфіку, для отримання точних значень вимірювальних величин, потрібно експериментально підтвердити кожен з таких методів і на основі такого порівняння зробити висновок про можливість застосування якогось з них. Враховуючи досвід використання розглянутих та схожих методів вимірювання в наукових установах, лабораторіях та дослідних підприємствах можна зробити висновок, що найбільш вдалим можна назвати безконтактний метод вимірювання крутних моментів. Він більш точний та відповідає усім вимогам, які необхідні для такого обладнання.

Дослідження будуть проводитись на електрогідролічних пресах, в напрямку отримання достовірних даних та в подальшому можуть бути використані для співставлення з іншими, схожими експериментальними даними, проведеними на аналогічних чи інших пресах. Порівняння та аналіз отриманих результатів дасть змогу запропонувати вимоги та аналітичний спосіб розрахунку вимірювальних схем такого обладнання.

Висновок

В результаті проведеного аналізу існуючих методів вимірювання крутних моментів обертових валів було визначено спосіб розв'язання даної проблеми та встановлено напрямок проведення досліджень.

Література

1. Практикум по машинам, автоматам и автоматическим линиям легкой промышленности / А.И. Комиссаров, Б.Ф. Рубцов, Г.П.Сироткин, В.Н. Соколов; Под ред. А.И. Комиссарова. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 256 с.
2. Хорна О. Тензометрические мосты: Пер. с чешск. – М.: Госэнеоиздат, 1962. – 336 с.
3. Методы и средства натурной тензометрии: Справочник / М.Л. Дайчик, Н.И. Пригоровский, Г.Х. Хуршудов. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
4. Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник. – Львів: Видавництво державного університету Львівська політехніка, 2000. – 360 с.

Надійшла 4.11.2008 р.

АЗОТУВАННЯ В ЦИКЛІЧНО КОМУТОВАНОМУ ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ: ПОЧАТКОВІ ПОЛОЖЕННЯ

В порядку постановки проблеми розглянуті питання теорії та практики використання циклічно-комутованого тліючого розряду для азотування металевих поверхонь.

Загальна систематизація процесів модифікації поверхні з використанням тліючого розряду кваліфікує їх як вакуумно-дифузійні газорозрядні [1-3]. Більшість теоретичних досліджень процесу стосується того з можливих його варіантів, де джерело живлення безперервно навантажене на розрядну камеру. Проте принципово можливі й інші варіанти живлення, причому в цьому випадку досягаються певні технологічні переваги.

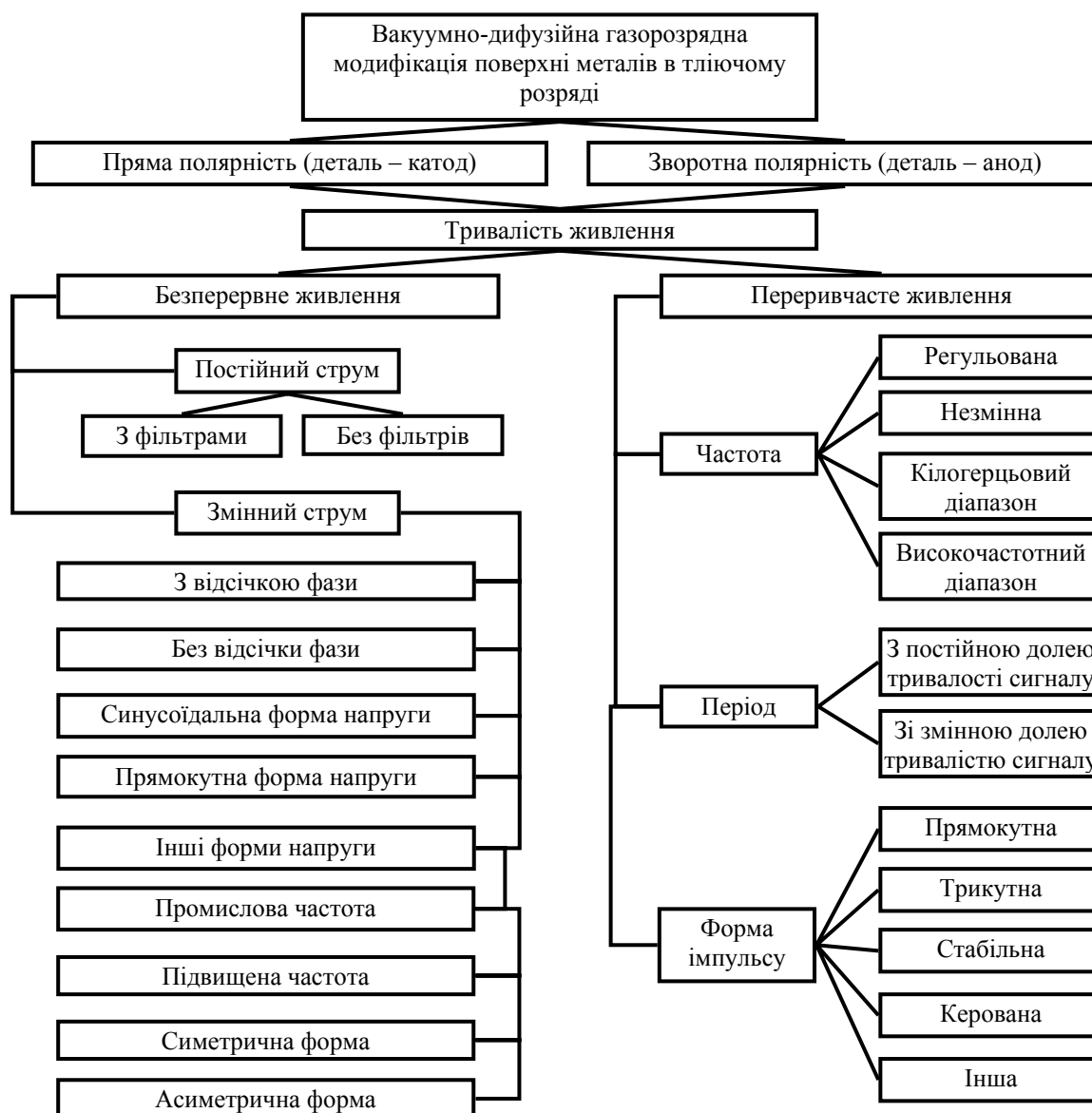


Рис. 1. Класифікація процесів азотування в тліючому розряді за критерієм характеристик джерела живлення

Детальніший розгляд азотування в тліючому розряді саме за критерієм безперервності живлення приводить до схеми на рис. 1. Короткий коментар стосовно наведеної на цьому рисунку схеми зводиться до наступного. В переважній більшості випадків установки азотування в тліючому розряді формувались по схемі прямої полярності (умовна назва), при якій деталь є катодом. В теорії панувала доктрина, згідно з якою азотування деталей, до яких приєднано позитивний полюс джерела живлення (зворотна полярність), неможливе [4]. Проте починаючи з кінця 80-х років було проведено ряд досліджень, в тому числі і експериментальних, які

доказали, що і при такій схемі азотування можливе, важливо тільки забезпечити іншим, ніж катодне бомбардування, методом нагрівання деталей до температури, регламентованої технологічним режимом. Особливо цей варіант процесу ефективний при використанні дугового розряду, коли густина струму суттєво більша в порівнянні з тліючим [5]. В перспективі метод азотування при зворотній полярності в разі достатньої теоретичної проробки може використовуватись як один з реально можливих варіантів, оскільки при цьому створюються умови для відносно низької енергетики падаючого потоку в області енергій утворення нітридів. Таким чином, низькоенергетичний спектр падаючого потоку можливо буде сприяти росту активності утворення нітридів при зниженні інтенсивності їх розпорощення [6].

В хронологічній послідовності спочатку впроваджувались технології з безперервним живленням. Такі системи принципово простіші, а, головне, забезпечують передачу більшої кількості енергії падаючому потоку та, відповідно, обробленим деталям. В комплексі це сприяє більшій інтенсивності модифікації і меншій її тривалості. Краща стабільність розряду спостерігається при використанні фільтрів пульсацій, проте це ускладнює блоки живлення та їхню вартість, крім того зростають витрати електроенергії.

В блоках живлення зі змінним струмом можливі варіанти відсічки повністю або частково однієї з фаз (як правило – позитивної, якщо використовується процес з прямою полярністю). Без такої відсічки збільшується нагрівання аноду та знижується інтенсивність азотування. Проте останнє може призводити до більш м'якого режиму азотування, відповідно – кращих показників пластичності модифікованого шару. Певного зниження негативного впливу позитивної фази на процес азотування можна досягти асиметрією форми напруги за рахунок зміщення її середнього значення у від'ємну зону. В принциповому плані форма напруги може бути синусоїдальною, прямокутною або довільною аж до програмованої її зміни. Очевидно, що використання прямокутної форми напруги при інших незмінних параметрах забезпечує більшу енергонасиченість падаючого потоку, відповідно – більшу жорсткість режиму, зате меншу тривалість обробки. Найбільш простим є варіант використання трансформованої напруги промислової частоти, при цьому відпадає необхідність застосування випрямлячів. Живлення струмом підвищеної частоти в певній мірі схоже за принципом (виключаючи дію позитивної фази) до азотування з переривчастим живленням.

Азотування при постійному живленні має суттєвий недолік технологічного плану. Він полягає в підвищеній складності формування садки. Це, насамперед, пов'язане з тим, що в усіх місцях, де є щілини більше 0,5 мм, виникає локальне горіння розряду, проте вже в режимі дугового. Це призводить до локального перегрівання деталей, а в деяких випадках – просто до неможливості ведення процесу, оскільки при спробі підвищити напругу в таких місцях виникає дуга. Необхідність врахування зазначеної обставини ускладнює конструкцію підвісок чи столів, котрі забезпечували б щільне базування деталей на них. Проте навіть при виконанні умов щільного базування деталі на столі наявність фасок на опорній поверхні деталей спричиняє теж певну проблему, оскільки вона разом з опорною поверхнею стола формує клиноподібну щілину. Іншим недоліком, особливо в порівнянні з газовим пічним азотуванням, є низька ефективність модифікації отворів, особливо малого діаметра, з відносно великою їх довжиною (з теорії розряду з пустотілим катодом відомо, що напруженість поля в отворі практично дорівнює нулю на глибині більше двох діаметрів). Власне досягнення необхідних результатів азотування отворів можна досягти за рахунок суттєвого збільшення тривалості обробки, але в такій постановці зводяться нанівець всі інші переваги азотування в тліючому розряді, особливо це стосується тривалості, оскільки в цьому випадку процес йде за схемою звичайного пічного газового азотування.

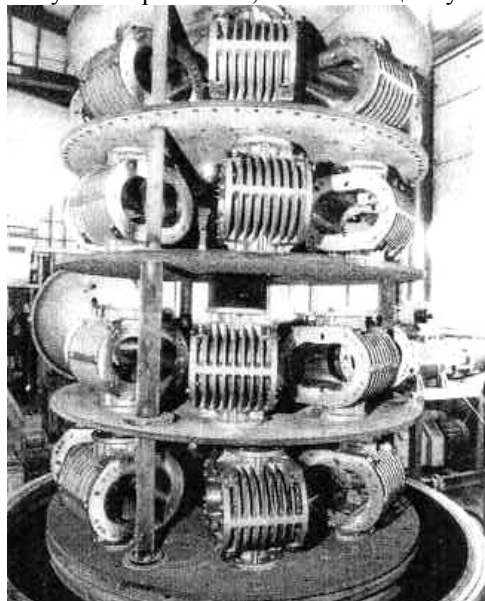


Рис. 2. Приклад завантаження садки при азотуванні в ЦКР

В останні роки що не далі все в більш помітних об'ємах використовуються технології азотування в тліючому розряді з переривчастим живленням – циклічно-комутований розряд (ЦКР). Основний принцип формування ЦКР полягає в тому, що тривалість сигналу в циклі повинна бути не більшою часу переходу тліючого розряду в дуговий, а паузи – не менше гасіння дугового розряду, якщо б він навіть і виникнув. При таких умовах практично відпадає необхідність в пристроях автоматичного відсікання дугового розряду або вони можуть використовуватись по схемі з надзвичайно спрощеним алгоритмом. Садка може формуватись з дотриманням вимог, не складніших для випадку звичайного пічного азотування. Іншими словами, якщо ігнорувати питання нерівномірності розподілу температури поверхні, викликаного взаємним нагріванням від сусідньої деталі, то в садці їх можна вкладати практично в навал чи використовувати будь-які опорні поверхні, кріючки для підвішування тощо (рис. 2). При цьому наявні локальні винятки поверхні, щілини тощо практично ніякої негативної ролі не відіграють. Експериментально встановлено, що, використовуючи ЦКР, вдається азотувати отвори невеликого діаметра при відносно значній глибині їх [7, 8]. Проте, оскільки передача енергії падаючому потоку проходить тільки в

частині циклу, ефективність азотування нижча, в деяких випадках власне фаза азотування в два і навіть більше раз триваліша, ніж при безперервному азотуванні [9]. До речі, стосовно використовуваної в останній роботі термінології слід зазначити її принципову некоректність, оскільки справу з пульсацією напруги маємо

повсякчас і при звичайному азотуванні, особливо у випадках, коли не використовуються фільтри.

Переривчасте живлення за допомогою ЦКР характеризується в класифікаційному плані трьома критеріями: частотою, періодом та формою імпульсу. Оптимально було б мати можливість регулювати частоту комутації, оскільки вона разом з можливістю змінювати шпаруватість – відношення періоду циклу до тривалості сигналу – найбільш суттєво впливатиме на результати обробки. Варіант з використанням височастотного поля дозволяє застосовувати стандартні генератори живлення (при умові відсічки позитивної фази), хоча виникають проблеми з екранізацією елементів установки для запобігання виникненню радіоперешкод. Якщо використовуються джерела, котрі допускають регулювати шпаруватість, то в принципі можлива реалізація в одній установці як варіанту безперервного, так і переривчастого живлення. Подібна універсальність дозволяє оптимально використовувати потенційні можливості процесу, оскільки при наявності ускладнень, пов'язаних з формою деталей (локальні винятки, отвори тощо) можна застосовувати ЦКР, при цьому збільшитися термін фази власне азотування. Якщо ж форма деталі не ускладнена, то доцільно перейти на більш продуктивний безперервний спосіб живлення. Аналогічний вибір можна робити, коли виникає необхідність застосовувати менш жорсткі технологічні режими. Стосовно форми імпульсу, то це питання слід насамперед розглядати як об'єкт теоретичних досліджень формування енергетичного спектру падаючого потоку при змінній напрузі, як у фазі наростання напруги, так і її зниження. Певну роль можливо в цьому сенсі можуть відігравати фронти напруги.

В теоретичному плані процес азотування в циклічно-комутованому тліючому розряді (АЦКТР) передбачається розглядати, виходячи з концепції енергетичної моделі [10]. Основні відмінності та доповнення до раніше виконаних теоретичних досліджень зводяться до наступного.

1. Важливу роль відіграватимуть питання, пов'язані з процесами у внутрішніх локальних винятках поверхні, оскільки потрібно буде порівняти поведінку таких елементів поверхні в процесі азотування при різних варіантах живлення.

2. Кінетика руху часток падаючого потоку в прикатодній зоні матиме особливість, пов'язану з тим, що в момент паузи (відсутності напруги) заряджені частки будуть рухатись вже не під впливом напруженості електричного поля, а по інерції по дотичній до своєї попередньої в момент зняття потенціалу поля траєкторії.

3. Оскільки зміняться кінетичні залежності, включаючи значення параметрів руху опосередкованої частки, то це вплине на ймовірнісні характеристики досягнення катоду частками падаючого потоку, а також на кутові параметри їх зіткнення з поверхнею. В свою чергу кутові характеристики змінять умови енергопередачі від часток падаючого потоку компонентам поверхні.

4. Зняття напруженості поля в певні моменти руху часток зупинить накопичення кінетичної енергії ними, що вплине на розподіл часток по енергетичних рівнях.

5. В комплексі зазначеного вище зміняться енергетичні спектри падаючого потоку залежно не тільки від традиційних параметрів технологічного режиму, але і від характеристик ЦКР, зазначених вище.

6. Оскільки всі основні показники енергетичної моделі – відносні енергетичні фактори, в першу чергу, залежать від форми енергетичних спектрів, то зміна останніх як функція впливу всіх аргументів, зазначених вище, потребує додаткового дослідження.

7. В сенсі попередніх доводів змінюється формування структури модифікованого шару, головні залежності процесів утворення фаз при АЦКТР потребують окремих досліджень.

8. Найбільш суттєвим наслідком аналізу процесів формування триботехнічних систем є дослідження впливу їх структури на зносостійкість та інші трибологічні характеристики модифікованих шарів. Практичним результатом в цьому аспекті може бути встановлення закономірностей керування технологічним процесом залежно від необхідних результатів обробки, сформованих на основі вимог умов наступної експлуатації об'єктів.

9. Як зазначалось вище, для практичного застосування позитивного фактора азотування отворів малого діаметра при використанні ЦКР необхідно розробити теорію зміни концентрації дифузантив в отворах відносно великої довжини.

10. Оскільки енергетичний баланс установок, які працюють з використанням ЦКР, може суттєво відрізнятись від аналогічного показника установок з безперервним живленням, то це питання як головна передумова енергоємності процесу потребує окремого дослідження.

11. При застосуванні ЦКР створюються умови для управління інтенсивністю формування фаз, в тому числі зміною жорсткості технологічного режиму, тому окремо значний практичний інтерес становить питання азотування в ЦКР азотоактивних металів.

12. Окремо слід дослідити можливий вплив на процес АЦКТР форми зміни напруги, в тому числі – певні відхилення цієї форми від ідеальної.

Відмічені вище аспекти становлять основу нової науково-технічної проблеми – азотування металів в циклічно комутованому розряді. Практичне впровадження результатів дослідження, насамперед, направлене на використання позитивних властивостей процесів азотування з переривчастим живленням розряду.

Література

1. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.

2. Пастух И. М. Модификация металлов с применением азотирования в тлеющем разряде: состояние и перспективы // Проблемы трибологии. – 2004. – № 3-4, С. 42-55.
3. Пастух И. М., Андреев А. А., Шулаев В. М. Вакуумно-диффузионная обработка поверхности металлов с применением тлеющего и дугового разрядов в газах // Новые процессы термической обработки. Библиотека ОТТОМ. – Харьков, ННЦ ХФТИ. – 2004. – С. 5-57.
4. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б. Н. Арзамасов, А. Г. Братухин, Ю. С. Елисеев, Т. А. Панайоти. – М.: Изд-во МГТУ им Баумана, 1999. – 400 с.
5. Андреев А. А., Саблев Л. П., Шулаев В. М. О роли атомарного азота при химико-термической обработке сталей в газовом вакуумно-дуговом разряде // Сб. докл. Междунар. конф. «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов в машиностроении (ОТТОМ-6)». – Ч. 1. – Харьков: Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», 2005. – С. 246-250.
6. Пастух I. М. Енергетичний аналіз моделей азотування в тліючому розряді // Вісник ХНУ. – 2006. – № 5. – С. 7-14.
7. Grun R. Pulse plasma treatment the innovation for ion nitriding // 1st International conference of ion nitriding. – Cleveland, Ohio. – 1986. – P. 143-168.
8. Kwon S. C., Lee G. H., Yoo M. C. A comparative study between pulsed and D. C. ion nitriding behavior in specimens with blind holes // 1st International conference of ion nitriding. – Cleveland, Ohio. – 1986. – P. 77-81.
9. Босьяков М. Н., Жук Д. В., Матусевич П. А. Оборудование для упрочняющей обработки деталей машин и инструмента методом ионного азотирования в плазме пульсирующего тока // Сб. докл. Междунар. конф. «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов в машиностроении (ОТТОМ-4)». – Ч. 2. – Харьков: Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт». – 2003. – С. 271-276.
10. Пастух I. М. Фізико-технічна обробка поверхні металів безводневим азотуванням в тліючому розряді: Дис.... докт. техн. наук: 05.03.07. – Хмельницький, 2008. – 520 с.

Надійшла 4.11.2008 р.

УДК 677.055

Б.Ф. ППА, А.І. МАРЧЕНКО, В.В. ЧАБАН
Київський національний університет технологій та дизайну

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГОЛОК В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

Представлено результати досліджень по удосконаленню конструкції голок в'язальних машин. Запропоновано нову конструкцію штампованої голки з п'яткою з пазами та скосами, що дозволяє знизити динамічні навантаження в зоні взаємодії голки з клинами, а також спростити процес заміни голок.

Вступ

Сучасною тенденцією розвитку в'язальних машин є підвищення швидкості їх в'язання. Проте підвищення швидкості роботи в'язальної машини, як відомо [1-6], призводить до збільшення динамічних навантажень у механізмі в'язання, зумовлених ударною взаємодією голок з клинами. Тому при створенні нових перспективних типів в'язальних машин слід особливу увагу приділяти досконалості робочих органів механізму в'язання і, зокрема, голкам.

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи в'язальних машин шляхом використання нових конструкцій робочих органів механізму в'язання, проблема розробки нових конструкцій голок є актуальною для сучасного легкого машинобудування.

Об'єктом досліджень обрано язичкову штамповану голку та вплив конструкції її п'ятки на динамічні навантаження в механізмі в'язання та умови експлуатації в'язальної машини. При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії пружності та опору матеріалів.

Задачею даних досліджень стала розробка більш досконалої конструкції штампованої голки в'язальної машини.

Основний розділ

З метою зниження динамічних навантажень в механізмі в'язання в'язальних машин та покращення умов експлуатації голок, як показують дослідження, найбільш перспективним є зниження жорсткості п'ятки голки (збільшення її податливості) [1-6] та зміна її форми [7]. Враховуючи це, автори з метою підвищення ефективності використання голок запропонували нову конструкцію голки, схема якої представлена на рис. 1.

Запропонована голка містить стержень 1 з крючком 2 і язичком 3 на одному його кінці і хвостовик 4 з п'яткою 5 на другому його кінці. П'ятка 5 містить два пази 6 і 7, кожен з яких розташований в тілі п'ятки в зоні переходу хвостовика в п'ятку, а кінець п'ятки 5 містить два скоси 8 і 9, розташовані симетрично відносно осі п'ятки.

Принцип роботи голки такий. При вмиканні, наприклад, круглої в'язальної машини голки, встановлені в голковому циліндрі механізму в'язання (на рис. 1 не показані), починають обертатися. При цьому п'ятка 5,

взаємодіючи з клинами механізму в'язання, забезпечує зворотно-поступальний рух голки в пазу голкового циліндра. Крючок 2 та язичок 3, взаємодіючи з пряжею та петлями трикотажного полотна, забезпечують здійснення процесу петлетворення, що необхідно для одержання трикотажного полотна. Клин механізму в'язання завдяки наявності пазів 6, 7 в тілі п'ятки взаємодіють з нею на деякій відстані (залежно від ширини пазів), що знижує динамічні навантаження в зоні голка-клин, підвищуючи тим самим довговічність роботи голки. Наявність двох скосів 8 і 9, розташованих симетрично відносно осі п'ятки, спрощує процес заміни самої голки в разі виходу її із ладу [7].

В разі використання голок запропонованої конструкції в круглов'язальних машинах типу КО динамічні навантаження в зоні взаємодії п'ятки голки з клинами в'язальних систем знижуються майже в 2 рази [6]. Наявність двох скосів на кінці п'ятки голки дозволяє спростити процес заміни голки в разі виходу її із ладу (поломка крючка, язичка, п'ятки та ін.), а також призводить до підвищення якості трикотажного полотна (при запропонованій конструкції голок в разі заміни одної із них відходи полотна можуть знизитись до 4,4 г [7]).

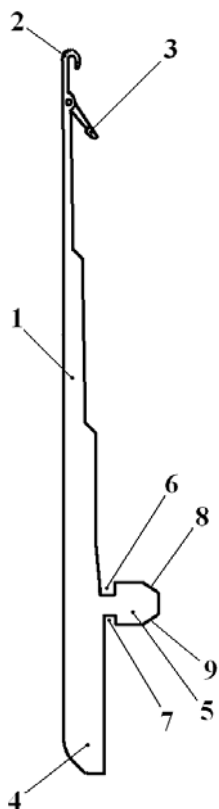


Рис. 1. Схема голки з п'яткою з поперечними пазами та скосами

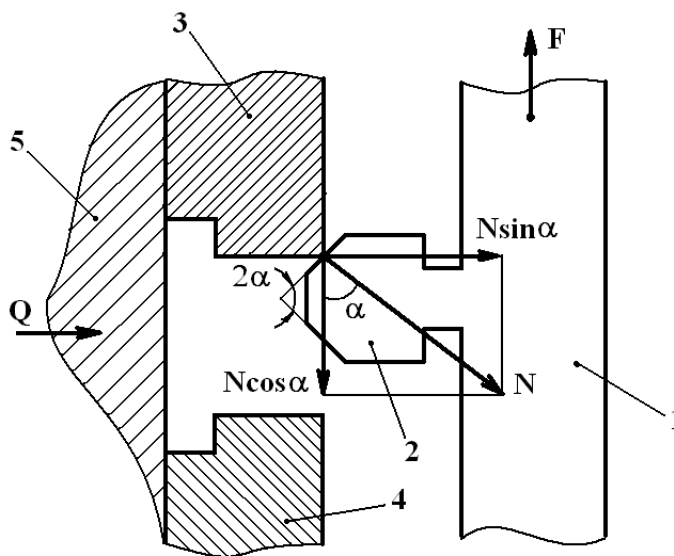


Рис. 2. Схема взаємодії п'ятки голки (фрагмент) з клином: 1 – стержень голки; 2 – п'ятка; 3, 4 – клини; 5 – замковий блок

Методика вибору раціональних розмірів пазів, розташованих в тілі п'ятки голки, достатньо повно викладена в статті авторів [6].

Для вибору раціонального кута нахилу скосів кінця п'ятки будемо виходити з наступного.

Із умови рівноваги голки при взаємодії її з клинами замкового блоку в'язальної системи (рис. 2) маємо:

$$N \cos \alpha = F, \quad (1)$$

де N – сила нормального тиску клина на скіс п'ятки при встановленні замкового блоку;

α – кут скосу п'ятки;

F – сила опору голки.

$$F = F_1 + F_2; \quad (2)$$

F_1 – сила тертя, зумовлена силою притиску замкового блоку Q до п'ятки при його установці.

F_2 – сила опору голки, зумовлена технологічними навантаженнями.

$$F_1 = Qf; \quad (3)$$

f – коефіцієнт тертя ковзання голки в направляючих.

Підставляючи (2) в (1) та враховуючи (3), одержуємо:

$$N \cos \alpha = Qf + F_2,$$

або

$$\frac{N}{Q} \cos \alpha = f + \frac{F_2}{Q}. \quad (4)$$

Враховуючи (рис. 2), що $\frac{N}{Q} = \frac{1}{\sin \alpha}$, рівняння (4) приймає вигляд:

$$\operatorname{ctg} \alpha = f + \frac{F_2}{Q}. \quad (5)$$

Звідки

$$\alpha = \operatorname{arccctg} \left(f + \frac{F_2}{Q} \right). \quad (6)$$

Граничну величину кута скосу п'ятки (кут заклинювання) α_{\max} знаходимо із (6), прийнявши $Q \rightarrow \infty$:

$$\alpha_{\max} = \operatorname{arccctg} f. \quad (7)$$

Для в'язальних машин, для яких $f = 0,17$ [1], $\alpha_{\max} = 80,35^\circ$.

Враховуючи, що для круглов'язальних машин типу КО $F_2 = 38,16$ Н [7], рівняння (6) приймає вид:

$$\alpha = \operatorname{arccctg} \left(0,17 + \frac{38,16}{Q} \right). \quad (8)$$

Прийнявши із умови зручності встановлення замкового блоку $Q \leq 50$ Н, із (8) знаходимо: $\alpha \leq 47^\circ$.

В разі $\alpha = 45^\circ$ згідно з рівнянням (8) знаходимо $Q = 46$ Н, що допустимо.

Використання запропонованої конструкції голки в'язальної машини дозволяє:

- розширити асортимент голок в'язальних машин;
- підвищити довговічність роботи голки і в'язальної машини в цілому за рахунок зменшення навантажень, що діють на п'ятку голки при роботі в'язальної машини;
- підвищити продуктивність в'язальної машини за рахунок підвищення довговічності роботи голок та якості трикотажного полотна за рахунок зменшення його браку, зумовленого удосконаленням процесу заміни голок.

Література

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин. – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
2. Піпа Б.Ф. Динаміка механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2008. – 416 с.
3. Волощенко В.П., Піпа Б.Ф., Шипуков С.Т. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства. – К.: Техніка, 1977. – 136 с.
4. Повышение надежности трикотажного оборудования. Піпа Б.Ф., Волощенко В.П., Шипуков С.Т., Орлов В.А. – К.: Техніка, 1983. – 111 с.
5. Хомяк О.Н., Піпа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
6. Піпа Б.Ф., Коньков Г.І., Чабан В.В. Эффективность использования голок в'язальных машин з п'яткою з поперечними пазами // Вісник ХНУ. – 2008- № 3. – С. 246-249.
7. Выбор рациональной формы пятки штампованной иглы вязальной машины / Піпа Б.Ф. и др // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1984. – № 2. – С. 81-83.

Надійшла 8.11.2008 р.

УДК 389.14: 006.015.7: 621.2

В.Т. КОНДРАТОВ

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

ТЕОРИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ: ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В.Т. КОНДРАТОВА И ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНДРАТОВА-ЛАПЛАСА

На базе ординарной экспоненциальной функции и функции распределения Лапласа синтезированы новые функции распределения, связывающие между собой МХ и параметры МН средств измерений определенного класса, и получившие, соответственно, названия: „экспоненциальная функция распределения В.Т.Кондратова” и (двойная экспоненциальная) „функция распределения Кондратова-Лапласа”.

Введение

В теории метрологической надежности (МН) можно выделить три основных проблемы: проблему синтеза функций взаимосвязи метрологических характеристик (МХ) с параметрами МН средств измерений

(СИ), в частности, например, функций распределения нормируемых погрешностей в течение времени до наработки на метрологический отказ (МО); проблему прогнозирования и определения действительных значений параметров МН СИ и проблему обеспечения заданной метрологической надежности и супер- или сверхнадежности СИ определенной группы и класса точности.

Первая проблема решается путем синтеза прогнозных функций распределения нормируемых погрешностей в течение времени наработки на МО на базе существующих функций плотности распределения во времени случайных величин [1-7]. Вторая проблема решается путем разработки методов и уравнений измерений параметров МН (времени наработки на отказ, скорости изменения нормированной погрешности за межповерочные интервалы времени, календарного времени проведения первой и последующих поверок, текущего значения коэффициента метрологического запаса и других) на основе синтезированных функций распределения. Третья проблема решается путем реализации методов прямых и методов избыточных измерений (МИИ) физических величин (ФВ) [8-11]. Причем реализация МИИ обеспечивает достижение супернадежности СИ благодаря нечувствительности данных методов как к абсолютным значениям параметров нелинейной функции преобразования измерительного канала (ИК), так и к долговременным отклонениям их относительно номинальных значений.

Теория МН базируется на представлениях, что МО СИ прогнозируемы и являются следствием процесса постепенной деградации чувствительных, конструктивных и функциональных элементов, узлов и блоков ИК СИ [12].

Деградационные процессы – это вполне определенные процессы разной физической природы: пространственно-временной, механической, электрической, магнитной, тепловой, акустической, световой и природы ионизирующих излучений. В общем случае, совокупное проявление и воздействие энергии этих процессов на ИК СИ во время эксплуатации, хранения или испытания СИ приводит к случайному характеру реакции на эти воздействия, например, к случайному характеру момента времени появления МО. Среди разных видов энергии, которые могут сравниваться по направленности движения, концентрации, способности к превращениям и по скорости превращения в другие виды энергии, способности к накоплению и т.д., тепловая энергия занимает особое место [13]. В тепловую энергию непосредственно или опосредованно могут превращаться все остальные виды энергии.

Согласно [13], большинство процессов деградации являются термически активируемыми, т.е. характеризуются определенной энергией активации и экспоненциально зависят от температуры. Все они принадлежат к семейству экспоненциальных функций и без потери общности могут быть сведены к функции вида

$$v_j(T) = S_T \exp\left(-\frac{E_{vj}}{kT}\right), \quad (1)$$

где $v_j(T)$ – скорость j -го процесса деградации разных свойств веществ, материалов или изделий при температуре T ; S_T – чувствительность процесса деградации; E_{vj} – энергия активации j -го процесса деградации свойств веществ, материалов или изделий; k – постоянная Больцмана.

Поскольку с повышением температуры активация процессов деградации осуществляется по экспоненциальному закону (1), то по данному закону могут изменяться и нормируемые МН СИ. В этой связи актуальным является синтез прогнозных экспоненциальных функции взаимосвязи нормируемых МН и параметров МН СИ в течение времени наработки на МО.

Целью работы является ознакомление ученых и специалистов с новыми синтезированными (экспоненциальной и двойной экспоненциальной) функциями распределения, характеризующими изменения нормируемых погрешностей в течение времени наработки до метрологического отказа или на метрологический отказ.

Результаты и обсуждение

Класс экспоненциальных распределений

Из существующих 219 функций распределений, только 111 действительно принадлежат к классу экспоненциальных.

Широкий класс симметричных распределений может быть описан единым аналитическим выражением вида [14-16].

$$p(x) = \frac{\alpha}{k_2 \lambda \sigma \Gamma(k_1/\alpha)} \exp\left(-\left|\frac{x - X_n}{\lambda \sigma}\right|^\alpha\right), \quad (2)$$

где $\lambda = \sqrt{\frac{\Gamma(k_1/\alpha)}{\Gamma(k_3/\alpha)}}$; σ_x – среднее квадратичное отклонение; X_n – параметр сдвига; $\Gamma(z)$ – гамма-функция; α – показатель степени; $k_1 = 1, k_2 = 2, k_3 = 3$.

При $\alpha < 1$ аналитическое выражение (1) описывает распределение с очень пологими спадами, близкое по своим свойствам к распределению Коши. При $\alpha = 1$ оно соответствует распределению Лапласа, при $\alpha = 2$ оно описывает распределения, по своим свойствам близкое к трапецидальным, и, наконец, при $\alpha \rightarrow \infty$ соответствует равномерному распределению.

Аналитическое выражение (2) является математической моделью широкого класса симметричных экспоненциальных распределений. При этом единственным параметром, характеризующим их форму, а следовательно их свойства, является показатель степени, который может принимать любые целые и дробные значения. Согласно [14], модель (2) класса экспоненциальных распределений исключительно удобна для описания распределений погрешностей результатов измерений.

Требования к прогнозным функциям распределения

Синтезируемые прогнозные функции распределения должны отвечать следующим 12-и основным требованиям, предъявляемым к функциям распределения МХ в течение времени наработки на МО [1]:

1) график функция распределения должен вписываться в систему координат $\xi_x(t_x/T_{но})$, быть весьма гибким и изменять своё положение и форму при изменении значений параметра сдвига и параметра формы;

2) график функции распределения должен вписываться в полосу неопределенности полученных с заданной вероятностью P_δ значений абсолютной, относительной или приведенной основной погрешности измерения нормированной по значению ФВ x_0 поверяемым СИ с учетом коэффициента метрологического запаса $k_{мз}$;

3) изменение положения и формы графика функции распределения должно осуществляться в пределах полосы неопределенности, характеризующей класс точности СИ, и не выходить за установленные граничные значения при изменении значений соответствующих параметров функции распределения;

4) начало графика функции распределения должен соответствовать максимальному значению погрешности результата измерений нормированной по значению ФВ x_0 на момент времени ввода СИ в эксплуатацию;

5) вершина графика функции распределения должна иметь точку касания или точку пересечения с прямой, соответствующей нормированным верхнему или нижнему предельному значению полосы неопределенности и характеризовать время метрологического отказа СИ;

6) момент времени достижения вершиной графика верхней или нижней границы полосы неопределенности должен с высокой точностью соответствовать прогнозируемому значению времени наработки на метрологический отказ;

7) время $T_{но}$ наработки на метрологический отказ должно быть функционально связано с классом точности (K_T) СИ ($T_{но1} > T_{но2}$, если $K_{T1} < K_{T2}$);

8) при изменении времени $T_{но}$ наработки на метрологический отказ максимум функции распределения, т.е. точка касания или пересечения, должна перемещаться (скользить) вдоль установленных верхней или нижней границы полосы неопределенности;

9) изменение на противоположный знака приращения погрешности в равноотстоящие моменты времени t_i и t_{i+1} поверки СИ должно учитываться путем изменения знака параметра масштаба функции распределения; *зеркальное отображение* графика ФР осуществляется путем изменения знака предельного значения $\xi_{нд}$ полосы неопределенности;

10) функция распределения МХ во времени должна обеспечивать возможность корректировки прогнозируемого значения времени наработки на метрологический отказ при изменении начального значения погрешности ξ_{x0} , в том числе полученных до и после интенсивной прогонки (старения) СИ, т.е. $\xi_x(t_x/T_{но})$ при $T_{но} \Rightarrow T_{но}$;

11) в отдельных случаях функция распределения должна учитывать, наряду с процессом деградации ($\xi_x(t_x/T_{но}) \uparrow$), и возможность восстановления ($\xi_x(t_x/T_{но}) \downarrow$) свойств функциональных блоков СИ и его МХ в целом;

12) каждая функция распределения должна соответствовать определенной группе СИ того или иного класса точности; ее параметры должны нести определенную функциональную нагрузку, а установленная закономерная взаимосвязь параметров должна обеспечивать определение одного или нескольких параметров МН СИ.

Для синтеза нами взяты монотонно возрастающая ординарная экспоненциальная, а также монотонно возрастающая и спадающая двойная экспоненциальная функции распределения Лапласа, описываемые, соответственно, уравнениями величин:

$$f(x) = k_{м1} \exp(k_\phi(x - X_0)/X_m) \text{ при } x > 0 \quad (3)$$

и

$$f(x) = k_{m2} \exp(-|x - X_0|/k_\phi) \text{ при } -\infty < x < \infty, \quad (4)$$

где x – переменная; X_m – максимально допустимое значение переменной x ; X_0 – параметр сдвига; k_ϕ – параметр формы; k_{m1} – параметр масштаба для экспоненциальной функции (1) равен единице, т.е. $k_m = 1$. Для двойной экспоненциальной функции (3) $k_{m2} = 1/k_2 k_\phi$, $k_2 = 2$, $k_\phi = \sigma_x / \sqrt{2}$, σ_x – среднее квадратичное отклонение.

Графики экспоненциальной (3) и двойной экспоненциальной (4) функций распределения при разных значениях параметра сдвига и параметра формы приведены на рис. 1.

Свойства двойной экспоненциальной функции подробно описаны в [14]. Ее особенностью является то, что предел функции при неограниченном возрастании x по абсолютной величине равен нулю, т.е. ось Ox служит горизонтальной асимптотой графика (см. рис. 1, график «а», пунктирная линия).

Исследование свойств графиков экспоненциальной функции, приведенных на рис. 1, а, б, показал, что изменение знака при k_ϕ приводит к получению зеркального отображения графика экспоненциальной функции относительно вертикальной прямой, соответствующей значению параметра сдвига. Увеличение значения параметра формы приводит к увеличению крутизны ординарной и двойной экспоненциальных функций и к все большему „приближению” конечной части ее графиков к вертикальной прямой, соответствующих заданному значению параметра сдвига (см. рис. 1, б).

Перейдем от переменной x к переменной t_x – текущему времени. В качестве параметра сдвига примем время $T_{но}$ наработки на МО. Обозначение параметра формы k_ϕ оставим таким же.

Рассматриваемый промежуток времени может быть ограничен временем, значение которого изменяется в пределах

$$\{t_{x0}\} \leq \{t_x\} \leq \{T_{но}\}, \quad (5)$$

где $\{t_{x0}\}$ – момент времени присвоения класса точности СИ или момент времени ввода СИ в эксплуатацию (возможен и момент времени начала искусственного старения или интенсивной прогонки СИ).

Экспоненциальному распределению, как и двойному экспоненциальному распределению Лапласа, подчиняются распределения погрешностей потенциометров постоянного тока, высокоточных цифровых вольтметров, погрешности градуировки шкал аналоговых электроизмерительных приборов и т.д., т.е. тех приборов, погрешности которых определяются подгонкой номинальных значений элементов многозарядной кодирующей сетки [14].

Введем в экспоненциальные функции (3) и (4) смещение и параметр масштаба, учитывающий разность значений максимально допустимой нормируемой погрешности (абсолютной, относительной или приведенной) и погрешности, полученной в момент времени t_{x0} многократных измерений нормированной по значению ФВ и присвоения СИ класса точности (или на момент времени начала его эксплуатации).

С целью стабилизации положения начала графиков функций распределения и их вершин, введем, соответственно, функции $S_3(k_\phi)$ и $\xi_3(k_\phi)$ стабилизации параметра масштаба и смещения.

В результате получим ординарную экспоненциальную функцию распределения в виде

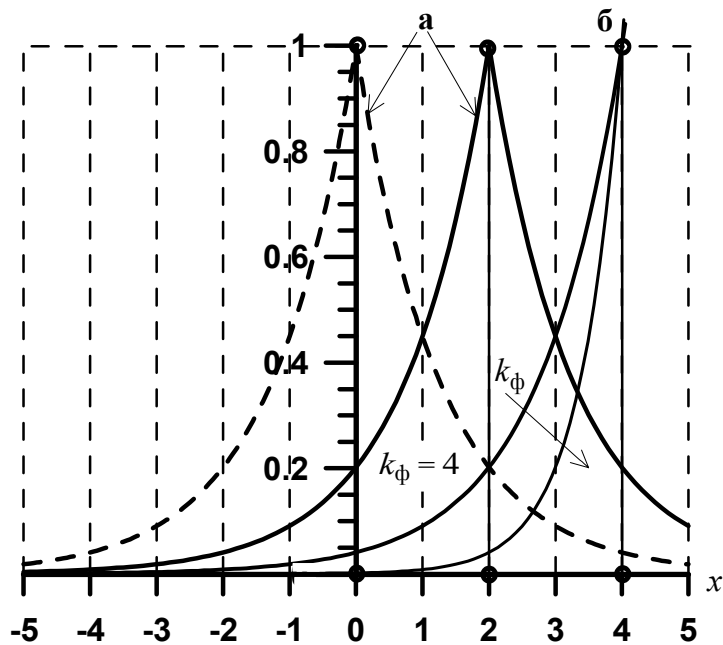


Рис. 1. Графики двойных (а) и экспоненциальных (б) функции распределения при разных значениях параметра сдвига и параметра формы

$$\xi_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\xi_{нд} - \xi_{x0}) \exp\left(k_\phi \frac{t_x - T_{но}}{T_{но}}\right) - \xi_{x0} \right) - \xi_0 + \xi_3(k_\phi), \quad (6)$$

а двойную экспоненциальную функцию распределения – в виде

$$\xi_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\xi_{нд} - \xi_{x0}) \exp\left(-k_\phi \frac{|t_x - T_{но}|}{T_{но}}\right) - \xi_{x0} \right) - \xi_0 + \xi_3(k_\phi), \quad (7)$$

где $\xi_x(t_x)$ – функция распределения нормируемой погрешности (ξ_x – обобщенное обозначение нормируемых погрешностей); $S_3(k_\phi)$ – функция стабилизации масштаба (индекс ”э” – указывает на принадлежность данной функции к экспоненциальной функции распределения) при вариации значений параметра формы; $\xi_{нд}$ – максимально допустимая, нормированная по значению, доверительная граница погрешности. Ее значение относительно основной погрешности ξ_{x0} устанавливается с учетом максимально допустимого (по модулю) значения дополнительной погрешности, значения прогнозного времени наработки на МО или коэффициента метрологического запаса $k_{мз}$ ($k_{мз} = \xi_{нд} / \xi_{x0}$), а также с учетом значения присваиваемого класса точности СИ; ξ_{x0} – усредненная по значению погрешность результата многократных измерений нормированной по значению ФВ x_0 на момент времени t_{x0} начала эксплуатации или присвоения СИ класса точности ($\xi_{x0} = \overline{\xi_{x0}(t_{x0} / T_{но})}$); ξ_0 – смещение экспоненциальной функции при нулевом значении погрешности ξ_{x0} ; $\xi_3(k_\phi)$ – функция стабилизации смещения; $\xi_{нд} - \xi_{x0} = \xi_{нд}(1 - k_{мз}) = \Delta\xi_m$ – параметр чувствительности функции (6) или (7) к разности нормируемых погрешностей; t_x – текущее (календарное) время в годах (индекс „x” указывает на то, что текущее время является переменной величиной и может принимать любые положительные значения), с присущими только для данного типа СИ параметрами $\xi_{нд}$ и $T_{но}$ и k_ϕ .

Функция (6) получила название „экспоненциальная функция распределения В.Т.Кондратова”, а функция (7) – „функция распределения Кондратова-Лапласа”.

Представим полученные функции распределения (6) и (7) в упрощенном виде:

$$\xi_x(t_x) = \xi_m \exp\left(k_\phi \frac{t_x - T_{но}}{T_{но}}\right) + \xi_{см}, \quad (8)$$

$$\xi_x(t_x) = \xi_m \exp\left(-k_\phi \frac{|t_x - T_{но}|}{T_{но}}\right) + \xi_{см}, \quad (9)$$

где $\xi_m = \Delta\xi_m S_3(k_\phi) = (\xi_{нд} - \xi_{x0}) S_3(k_\phi) = \xi_{нд} S_3(k_\phi) (1 - k_{мз})$ – параметр масштаба, стабилизированный по значению; $\xi_{см} = \xi_3(k_\phi) - \xi_0 - \xi_{x0} S_3(k_\phi)$ – смещение функции распределения в произвольный момент времени, стабилизированное по значению.

Запишем полученные экспоненциальной функции распределения конкретно для абсолютной (Δ), относительной (δ) и приведенной (γ) основных погрешностей:

1) при нормировании абсолютной основной погрешности результата измерений, получаемой в единицах измеряемой ФВ, ординарная экспоненциальная функция распределения примет вид

$$\Delta_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\Delta_{нд} - \Delta_{x0}) \exp\left(k_\phi \frac{t_x - T_{но}}{T_{но}}\right) - \Delta_{x0} \right) - \Delta_0 + \Delta_3(k_\phi), \quad (10)$$

или

$$\Delta_x(t_x) = \Delta_{мэ} \exp\left(k_\phi \frac{t_x - T_{но}}{T_{но}}\right) + \Delta_{см}, \quad (11)$$

а двойная экспоненциальная – вид

$$\Delta_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\Delta_{нд} - \Delta_{x0}) \exp\left(-k_\phi \frac{|t - T_{но}|}{T_{но}}\right) - \Delta_{x0} \right) - \Delta_0 + \Delta_3(k_\phi), \quad (12)$$

или

$$\Delta_x(t_x) = \Delta_{мэ} \exp\left(-k_\phi \frac{|t_x - T_{но}|}{T_{но}}\right) + \Delta_{см}, \quad (13)$$

где $\Delta_{мэ} = \Delta_m S_3(k_\phi) = (\Delta_{нд} - \Delta_{x0}) S_3(k_\phi) = \Delta_{нд} S_3(k_\phi) (1 - k_{мз})$ – параметр масштаба (индекс „э” означает принадлежность соответствующего символа к экспоненциальной функции); $\Delta_{см} = \Delta_3(k_\phi) - \Delta_0 - \Delta_{x0} S_3(k_\phi)$ – смещение функции распределения; $\Delta_{нд}$ – нормированная по значению доверительная граница погрешности $\Delta_x(t_x)$; Δ_{x0} – погрешность результата многократных измерений нормированной по значению ФВ x_0 на момент времени t_{x0} начала эксплуатации или присвоения СИ класса точности ($\Delta_{x0} = \overline{\Delta_{x0}(t_{x0}/T_{но})}$); Δ_0 – смещение функции при нулевом значении погрешности Δ_{x0} ; $\Delta_{нд} - \Delta_{x0} = \Delta_{нд} (1 - k_{мз}) = \Delta_m$ – параметр чувствительности функции к разности нормируемых погрешностей;

2) при нормировании относительной основной погрешности результата измерений, представляемой в процентах или в виде безразмерной величины, – вид

$$\delta_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\delta_{нд} - \delta_{x0}) \exp\left(k_\phi \frac{t - T_{но}}{T_{но}}\right) - \delta_{x0} \right) - \delta_0 + \delta_3(k_\phi) \quad (14)$$

или

$$\delta_x(t_x) = \delta_{мэ} \exp\left(k_\phi \frac{t_x - T_{но}}{T_{но}}\right) + \delta_{см}, \quad (15)$$

а двойная экспоненциальная функция – вид

$$\delta_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\delta_{нд} - \delta_{x0}) \exp\left(k_\phi \frac{t - T_{но}}{T_{но}}\right) - \delta_{x0} \right) - \delta_0 + \delta_3(k_\phi) \quad (16)$$

или

$$\delta_x(t_x) = \delta_{мэ} \exp\left(k_\phi \frac{t_x - T_{но}}{T_{но}}\right) + \delta_{см}, \quad (17)$$

где $\delta_{мэ} = \delta_m S_3(k_\phi) = (\delta_{нд} - \delta_{x0}) S_3(k_\phi) = \delta_{нд} S_3(k_\phi) (1 - k_{мз})$ – параметр масштаба; δ_{x0} – погрешность результата многократных измерений нормированной по значению ФВ x_0 на момент времени t_{x0} начала эксплуатации или присвоения СИ класса точности ($\delta_{x0} = \overline{\delta_{x0}(t_{x0}/T_{но})}$); $\delta_{см} = \delta_3(k_\phi) - \delta_{x0} S_3(k_\phi) - \delta_0$ – смещение функции распределения; $\delta_{нд}$ – доверительная граница погрешности $\delta_x(t_x)$, нормированная по значению; δ_0 – смещение функции при нулевом значении погрешности δ_{x0} ; $\delta_{нд} - \delta_{x0} = \delta_{нд} (1 - k_{мз}) = \delta_m$ – параметр чувствительности функции к разности нормируемых погрешностей;

3) при нормировании приведенной основной погрешности, представляемой в процентах или в виде безразмерной величины, экспоненциальная функция распределения примет вид

$$\gamma_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\gamma_{нд} - \gamma_{x0}) \exp\left(k_\phi \frac{t - T_{но}}{T_{но}}\right) - \gamma_{x0} \right) - \gamma_0 + \gamma_3(k_\phi) \quad (18)$$

или

$$\gamma_x(t_x) = \gamma_m \exp\left(k_\phi \frac{t_x - T_{HO}}{T_{HO}}\right) + \gamma_{cm}, \quad (19)$$

а двойная экспоненциальная функция – вид

$$\gamma_x(t_x) = S_3(k_\phi) \left((\gamma_{нд} - \gamma_{x0}) \exp\left(-k_\phi \frac{|t - T_{HO}|}{T_{HO}}\right) - \gamma_{x0} \right) - \gamma_0 + \gamma_3(k_\phi). \quad (20)$$

или

$$\gamma_x(t_x) = \gamma_m \exp\left(-k_\phi \frac{|t_x - T_{HO}|}{T_{HO}}\right) + \gamma_{cm}, \quad (21)$$

где $\gamma_{мэ} = \gamma_m S_3(k_\phi) = (\gamma_{нд} - \gamma_{x0}) S_3(k_\phi) = \gamma_{нд} S_3(k_\phi) (1 - k_{мз})$ – параметр масштаба; $\gamma_{нд}$ – нормированная по значению доверительная граница погрешности $\gamma_x(t_x)$; $\gamma_{cm} = \gamma_3(k_\phi) - \gamma_0 - \gamma_{x0} S_3(k_\phi)$ – смещение функции распределения; γ_{x0} – погрешность результата многократных измерений нормированной по значению ФВ x_0 на момент времени t_{x0} начала эксплуатации или присвоения СИ класса точности ($\gamma_{x0} = \overline{\gamma_{x0}(t_{x0}/T_{HO})}$); γ_0 – смещение функции при нулевом значении погрешности γ_{x0} ; $\gamma_{нд} - \gamma_{x0} = \gamma_{нд} (1 - k_{мз}) = \gamma_m$ – параметр чувствительности функции (10) к разности нормируемых погрешностей;

В (6)- (21) функции стабилизации параметров $S_3(k_\phi)$ и $\xi_3(k_\phi)$ могут быть представлены с удовлетворительной для практики точностью через полиномы шестой (вариант 1) и седьмой (вариант 2) степени или через гиперболические функции. Аналитические выражения и числовые значения параметров (при $1, 1 \leq k_\phi \leq 10, 0$) функций стабилизации $S_3(k_\phi)$ и $\xi_3(k_\phi)$ приведены, соответственно, в табл. 1 – табл. 8, где CO – среднее отклонение, $k_{кор}$ – коэффициент корреляции.

Необходимо отметить, что в табл. 4 – табл. 8 числовые значения функции стабилизации приведены, как справочные данные, с точностью до седьмого знака после запятой, а сами функции стабилизации $S_3(k_\phi)$ и $\xi_3(k_\phi)$ дополнительно приведены в машинных кодах для простоты их воспроизведения с помощью пакета прикладных программ (ППП) „Графер 5.0” или других.

Таблица 1

Аналитические выражения и числовые значения параметров функции стабилизации $S_3(k_\phi)$ параметра масштаба от изменения значений параметра формы

Вариант 1							
Функция стаб. – ции	$S_3(k_\phi) = a_6 k_\phi^6 + a_5 k_\phi^5 + a_4 k_\phi^4 + a_3 k_\phi^3 + a_2 k_\phi^2 + a_1 k_\phi + a_0$						
Параметры	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
Значения параметров	2,6496	-1,5543	0,5933	-0,1149	0,0118	-5,9829 x 10 ⁻⁴	1,1606 x 10 ⁻⁵
Параметры аппроксим.	CO = 0,0063 ; $k_{кор} = 0,9995$						
Функция стаб. – ции	$S_3(k_\phi) = a / k_\phi + b$						
Значения параметров	$a = 0,6248$				$b = 0,9054$		
Параметры аппроксим.	CO = 0,044				$k_{кор} = 0,9374$		

Таблиця 2

Аналитические выражения и числовые значения параметров функции стабилизации $S_3(k_\phi)$
параметр масштаба от изменения значений параметра формы

Вариант 2								
Функция стаб. – ции	$S_3(k_\phi) = a_7 k_\phi^7 + a_6 k_\phi^6 + a_5 k_\phi^5 + a_4 k_\phi^4 + a_3 k_\phi^3 + a_2 k_\phi^2 + a_1 k_\phi + a_0$							
Параметры	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Значения параметров	2,9686	-2,2146	1,0867	-0,2929	0,0463	-0,0043	$2,1256 \times 10^{-4}$	$-4,3884 \times 10^{-6}$
Параметры аппроксим.	$CO = 9,4 \cdot 10^{-4}; k_{кор} = 1,0029$							
Функция стаб. – ции	$S_3(k_\phi) = a/k_\phi + b$							
Значения параметров	$a = 0,6218$				$b = 0,9012$			
Параметры аппроксим.	$CO = 0,039$				$k_{кор} = 0,953$			

Таблиця 3

Аналитические выражения и числовые значения параметров функции стабилизации $\xi_3(k_\phi)$
смещения ξ_0 от изменения значений параметра формы

Вариант 1							
Функция стабилизации	$\xi_3(k_\phi) = a_6 k_\phi^6 + a_5 k_\phi^5 + a_4 k_\phi^4 + a_3 k_\phi^3 + a_2 k_\phi^2 + a_1 k_\phi + a_0$						
Параметры	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
Значения параметров	-0,8244	0,9362	-0,4082	0,935	-0,0117	$7,6516 \times 10^{-4}$	$-2,0139 \times 10^{-5}$
Параметры аппроксимации	$CO = 0,0014; k_{кор} = 1,0001$						
Смещение экспоненциальной функции ($\xi_{x0} = 0$)	$\xi_0 = -0,0783$						

Таблиця 4

Числовые значения функция стабилизации $\xi_3(k_\phi)$ при $1,1 \leq k_\phi \leq 10,0$

k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции
1	2	3	4	5	6	7	8
1,0	-0,2137742	3,3	0,0609073	5,6	0,0765783	7,9	0,0759064
1,1	-0,1799116	3,4	0,0622725	5,7	0,0769364	8,0	0,0758958
1,2	-0,1495529	3,5	0,0634555	5,8	0,0772511	8,1	0,0759423
1,3	-0,1224042	3,6	0,0644913	5,9	0,0775197	8,2	0,0760504
1,4	-0,0981898	3,7	0,0654101	6,0	0,0777405	8,3	0,0762229
1,5	-0,0766515	3,8	0,0662375	6,1	0,0779121	8,4	0,0764614
1,6	-0,057548	3,9	0,066995	6,2	0,0780341	8,5	0,076765
1,7	-0,0406539	4,0	0,0677001	6,3	0,078107	8,6	0,0771308
1,8	-0,0257594	4,1	0,0683672	6,4	0,0781319	8,7	0,0775536
1,9	-0,0126691	4,2	0,0690073	6,5	0,0781109	8,8	0,0780248
2,0	-0,0012019	4,3	0,0696287	6,6	0,078047	8,9	0,0785331
2,1	0,0088101	4,4	0,0702375	6,7	0,0779438	9,0	0,0790633
2,2	0,0175218	4,5	0,0708373	6,8	0,0778061	9,1	0,0795964
2,3	0,0250762	4,6	0,0714302	6,9	0,077639	9,2	0,0801091
2,4	0,0316046	4,7	0,0720164	7,0	0,0774487	9,3	0,0805734
2,5	0,0372277	4,8	0,072595	7,1	0,0772418	9,4	0,0809562
2,6	0,0420554	4,9	0,073164	7,2	0,0770254	9,5	0,0812188
2,7	0,046188	5,0	0,0737205	7,3	0,0768072	9,6	0,0813166
2,8	0,0497167	5,1	0,0742609	7,4	0,0765951	9,7	0,0811986

1	2	3	4	5	6	7	8
2,9	0,0527238	5,2	0,0747812	7,5	0,0763971	9,8	0,0808069
3,0	0,0552835	5,3	0,0752774	7,6	0,0762215	9,9	0,0800762
3,1	0,0574622	5,4	0,075745	7,7	0,0760761	10,0	0,0789333
3,2	0,0593193	5,5	0,0761800	7,8	0,0759687	-	-
Функция стабилизации в машинных кодах $\xi_3(k_\phi)$		$f(x) = -(2.0138889 \cdot 10^{-5}) \cdot x^6 + (7.6516026 \cdot 10^{-4}) \cdot x^5 - 0.0117557 \cdot x^4 + 0.0935399 \cdot x^3 - 0.408193 \cdot x^2 + 0.9362563 \cdot x - 0.8243667$					

Синтезированные экспоненциальные функции распределения проф. В.Т.Кондратова, т.е. (10), (14) и (18), а также функции распределения Кондратова-Лапласа (11), (15) и (19) для абсолютной (Δ), относительной (δ) и приведенной (γ) основных погрешностей могут быть использованы для решения задач прогнозирования и определения действительных значений параметров МН СИ того или иного класса точности, в частности, например, для определения времени наработки на МО и до МО. Методика их определения в настоящей статье на рассматривается.

Таблица 5

Числовые значения функции стабилизации $S_3(k_\phi) = 0,6248/k_\phi + 0,9054$

(вариант 1)

k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции
1,0	1,5302988	3,3	1,0948021	5,6	1,0170348	7,9	0,9845498
1,1	1,4734949	3,4	1,0892331	5,7	1,0150773	8,0	0,9835611
1,2	1,4261583	3,5	1,0839823	5,8	1,0131873	8,1	0,9825968
1,3	1,3861042	3,6	1,0790232	5,9	1,0113613	8,2	0,9816561
1,4	1,3517722	3,7	1,0743322	6,0	1,0095962	8,3	0,980738
1,5	1,3220178	3,8	1,0698881	6,1	1,007889	8,4	0,9798418
1,6	1,2959826	3,9	1,0656719	6,2	1,0062368	8,5	0,9789667
1,7	1,2730105	4,0	1,0616665	6,3	1,0046371	8,6	0,9781119
1,8	1,2525908	4,1	1,0578565	6,4	1,0030874	8,7	0,9772767
1,9	1,2343205	4,2	1,0542279	6,5	1,0015854	8,8	0,9764606
2,0	1,2178773	4,3	1,050768	6,6	1,0001289	8,9	0,9756628
2,1	1,203	4,4	1,0474655	6,7	0,9987159	9,0	0,9748827
2,2	1,1894753	4,5	1,0443097	6,8	0,9973444	9,1	0,9741198
2,3	1,1771266	4,6	1,0412912	6,9	0,9960127	9,2	0,9733734
2,4	1,165807	4,7	1,038401	7,0	0,994719	9,3	0,9726431
2,5	1,1553929	4,8	1,0356313	7,1	0,9934618	9,4	0,9719284
2,6	1,14578	4,9	1,0329747	7,2	0,9922395	9,5	0,9712287
2,7	1,1368791	5,0	1,0304243	7,3	0,9910506	9,6	0,9705435
2,8	1,128614	5,1	1,027974	7,4	0,989894	9,7	0,9698725
2,9	1,1209188	5,2	1,0256178	7,5	0,9887681	9,8	0,9692152
3,0	1,1137367	5,3	1,0233506	7,6	0,9876719	9,9	0,9685712
3,1	1,107018	5,4	1,0211674	7,7	0,9866042	10,0	0,96794
3,2	1,1007192	5,5	1,0190635	7,8	0,9855638		
Функция $S_3(k_\phi)$ в машинных кодах		$f(x) = 0.6248431/x + 0.9054557$					

Таблица 6

Числовые значения функции стабилизации $S_3(k_\phi)$

(вариант 1)

k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции
1	2	3	4	5	6	7	8
1,0	1,5848729	3,3	1,028253	5,6	1,0082543	7,9	0,9960433
1,1	1,5211014	3,4	1,0256914	5,7	1,0071271	8,0	0,9968436
1,2	1,4631676	3,5	1,0236433	5,8	1,0059695	8,1	0,9977404
1,3	1,4106615	3,6	1,0220237	5,9	1,0047941	8,2	0,9987184

1	2	3	4	5	6	7	8
1,4	1,3631932	3,7	1,0207557	6,0	1,0036143	8,3	0,9997599
1,5	1,3203926	3,8	1,0197705	6,1	1,0024438	8,4	1,0008446
1,6	1,2819085	3,9	1,0190064	6,2	1,0012966	8,5	1,0019497
1,7	1,2474081	4,0	1,0184087	6,3	1,0001866	8,6	1,0030496
1,8	1,2165764	4,1	1,0179296	6,4	0,9991276	8,7	1,0041164
1,9	1,1891159	4,2	1,0175272	6,5	0,9981329	8,8	1,0051195
2,0	1,1647455	4,3	1,0171655	6,6	0,9972153	8,9	1,0060257
2,1	1,1432004	4,4	1,0168143	6,7	0,9963869	9,0	1,0067992
2,2	1,1242312	4,5	1,0164479	6,8	0,9956586	9,1	1,0074017
2,3	1,1076036	4,6	1,0160459	6,9	0,9950404	9,2	1,0077923
2,4	1,0930978	4,7	1,015592	7,0	0,9945412	9,3	1,0079277
2,5	1,0805079	4,8	1,0150741	7,1	0,9941681	9,4	1,0077622
2,6	1,0696414	4,9	1,0144837	7,2	0,9939271	9,5	1,0072475
2,7	1,0603189	5,0	1,0138158	7,3	0,9938221	9,6	1,0063331
2,8	1,0523732	5,1	1,0130685	7,4	0,9938556	9,7	1,0049665
2,9	1,045649	5,2	1,0122428	7,5	0,994028	9,8	1,0030925
3,0	1,0400026	5,3	1,0113419	7,6	0,9943377	9,9	1,0006544
3,0	1,0400026	5,3	1,0113419	7,6	0,9943377	9,9	1,0006544
3,1	1,035301	5,4	1,0103716	7,7	0,994781	10,0	0,997593
3,2	1,031422	5,5	1,0093393	7,8	0,9953523		
Функция $S_3(k_\Phi)$ в машинных кодах		$f(x) = (1.1605909 \cdot 10^{-5}) \cdot x^6 - (5.9829521 \cdot 10^{-4}) \cdot x^5 + 0.0117699 \cdot x^4 - 0.1149111 \cdot x^3 + 0.5932645 \cdot x^2 - 1.5542757 \cdot x + 2.649612$					

Таблица 7

Числовые значения функции стабилизации $S_3(k_\Phi)$

(вариант 2)

k_Φ	Числовые значения функции	k_Φ	Числовые значения функции	k_Φ	Числовые значения функции	k_Φ	Числовые значения функции
1,0	1,5899873	3,3	1,0440378	5,6	1,0160475	7,9	1,0087954
1,1	1,5188169	3,4	1,0413632	5,7	1,0156306	8,0	1,008021
1,2	1,4557308	3,5	1,0390099	5,8	1,0152661	8,1	1,0071894
1,3	1,3999478	3,6	1,03692	5,9	1,0149506	8,2	1,006307
1,4	1,3507463	3,7	1,0350451	6,0	1,0146797	8,3	1,0053817
1,5	1,3074617	3,8	1,0333451	6,1	1,0144482	8,4	1,0044235
1,6	1,2694826	3,9	1,0317878	6,2	1,01425	8,5	1,0034439
1,7	1,2362478	4,0	1,030347	6,3	1,0140786	8,6	1,0024561
1,8	1,2072435	4,1	1,0290026	6,4	1,0139266	8,7	1,0014751
1,9	1,182	4,2	1,0277389	6,5	1,0137862	8,8	1,0005171
2,0	1,1600893	4,3	1,0265447	6,6	1,0136494	8,9	0,9995998
2,1	1,1411219	4,4	1,0254119	6,7	1,0135078	9,0	0,9987418
2,2	1,124745	4,5	1,0243354	6,8	1,0133531	9,1	0,9979627
2,3	1,1106393	4,6	1,0233119	6,9	1,0131769	9,2	0,9972825
2,4	1,098517	4,7	1,0223404	7,0	1,0129711	9,3	0,9967215
2,5	1,0881196	4,8	1,0214206	7,1	1,0127282	9,4	0,9962999
2,6	1,0792155	4,9	1,0205533	7,2	1,0124411	9,5	0,9960371
2,7	1,0715984	5,0	1,0197398	7,3	1,0121035	9,6	0,9959515
2,8	1,0650847	5,1	1,0189814	7,4	1,01171	9,7	0,9960598
2,9	1,0595123	5,2	1,0182795	7,5	1,0112561	9,8	0,9963765
3,0	1,0547384	5,3	1,017635	7,6	1,0107389	9,9	0,9969133
3,1	1,050638	5,4	1,0170484	7,7	1,0101563	10,0	0,997678
3,2	1,0471025	5,5	1,0165195	7,8	1,0095081		
Функция $S_3(k_\Phi)$ в машинных кодах		$f(x) = - (4.388422 \cdot 10^{-6}) \cdot x^7 + (2.1256536 \cdot 10^{-4}) \cdot x^6 - 0.0042755 \cdot x^5 + 0.0463317 \cdot x^4 - 0.2929406 \cdot x^3 + 1.0866767 \cdot x^2 - 2.2146132 \cdot x + 2.9686$					

Числовые значения функции стабилизации $S_3(k_\phi) = 0,6418/k_\phi + 0,9012$ (вариант 2)

k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции	k_ϕ	Числовые значения функции
1,0	1,543	3,3	1,0956848	5,6	1,0158071	7,9	0,9824405
1,1	1,4846545	3,4	1,0899647	5,7	1,0137965	8,0	0,981425
1,2	1,4360333	3,5	1,0845714	5,8	1,0118552	8,1	0,9804346
1,3	1,3948923	3,6	1,0794778	5,9	1,0099797	8,2	0,9794683
1,4	1,3596286	3,7	1,0746595	6,0	1,0081667	8,3	0,9785253
1,5	1,3290667	3,8	1,0700947	6,1	1,0064131	8,4	0,9776048
1,6	1,302325	3,9	1,0657641	6,2	1,0047161	8,5	0,9767059
1,7	1,2787294	4,0	1,06165	6,3	1,003073	8,6	0,9758279
1,8	1,2577556	4,1	1,0577366	6,4	1,0014813	8,7	0,9749701
1,9	1,2389895	4,2	1,0540095	6,5	0,9999385	8,8	0,9741318
2,0	1,2221	4,3	1,0504558	6,6	0,9984424	8,9	0,9733124
2,1	1,206819	4,4	1,0470636	6,7	0,996991	9,0	0,9725111
2,2	1,1929273	4,5	1,0438222	6,8	0,9955824	9,1	0,9717275
2,3	1,1802435	4,6	1,0407217	6,9	0,9942145	9,2	0,9709609
2,4	1,1686167	4,7	1,0377532	7,0	0,9928857	9,3	0,9702108
2,5	1,15792	4,8	1,0349083	7,1	0,9915944	9,4	0,9694766
2,6	1,1480462	4,9	1,0321796	7,2	0,9903389	9,5	0,9687579
2,7	1,1389037	5,0	1,02956	7,3	0,9891178	9,6	0,9680542
2,8	1,1304143	5,1	1,0270431	7,4	0,9879297	9,7	0,9673649
2,9	1,1225103	5,2	1,0246231	7,5	0,9867733	9,8	0,9666898
3,0	1,1151333	5,3	1,0222943	7,6	0,9856474	9,9	0,9660283
3,1	1,1082323	5,4	1,0200519	7,7	0,9845506	10,0	0,96538
3,2	1,1017625	5,5	1,0178909	7,8	0,9834821		
Функция $S_3(k_\phi)$ в машинных кодах		$f(x)=0.6418/x+0.9012$					

С учетом данных 2-го варианта, уравнение числовых значений экспоненциальной функции распределения примет вид:

$$\xi_x(t_x) = \left(\begin{aligned} & -4,3884 \cdot 10^{-6} k_\phi^7 + 2,1256 \cdot 10^{-4} k_\phi^6 - 0,0043 k_\phi^5 + 0,0463 k_\phi^4 - \\ & -0,2929 k_\phi^3 + 1,0867 k_\phi^2 - 2,2146 k_\phi + 2,9686 \end{aligned} \right) \times \quad (11)$$

$$\times \left((\xi_{нд} - \xi_{x0}) \exp \left(k_\phi \frac{t - T_{но}}{T_{но}} \right) - \xi_{x0} \right) - 0,0783 - 2,0139 \cdot 10^{-5} k_\phi^6 +$$

$$+ 7,6516 \cdot 10^{-4} k_\phi^5 - 0,0117 k_\phi^4 + 0,935 k_\phi^3 - 0,4082 k_\phi^2 + 0,9362 k_\phi - 0,8244.$$

На рис. 2 приведено семейство графиков экспоненциальной (сплошные кривые – графики экспоненциальной функции распределения проф. Кондратова В.Т.) и двойной экспоненциальной функции (пунктирные кривые – графики функции распределения Кондратова-Лапласа), которое характеризует возможные процессы постепенного выхода значений нормированной погрешности за априори установленные пределы ее доверительных границ ($\xi_{нд} = \pm 1\%$) в результате протекания монотонных процессов деградации (старения) чувствительных, функциональных и конструктивных элементов ИК СИ.

Графики приведены при разных значениях погрешности на момент времени t_{x0} и $T_{но}$, и при разных значениях параметра формы k_ϕ .

Таким образом, синтезированы экспоненциальные (ординарная и двойная) функции распределения нормируемых погрешностей в течение времени наработки на отказ, сохраняющие большинство свойств исходных функций.

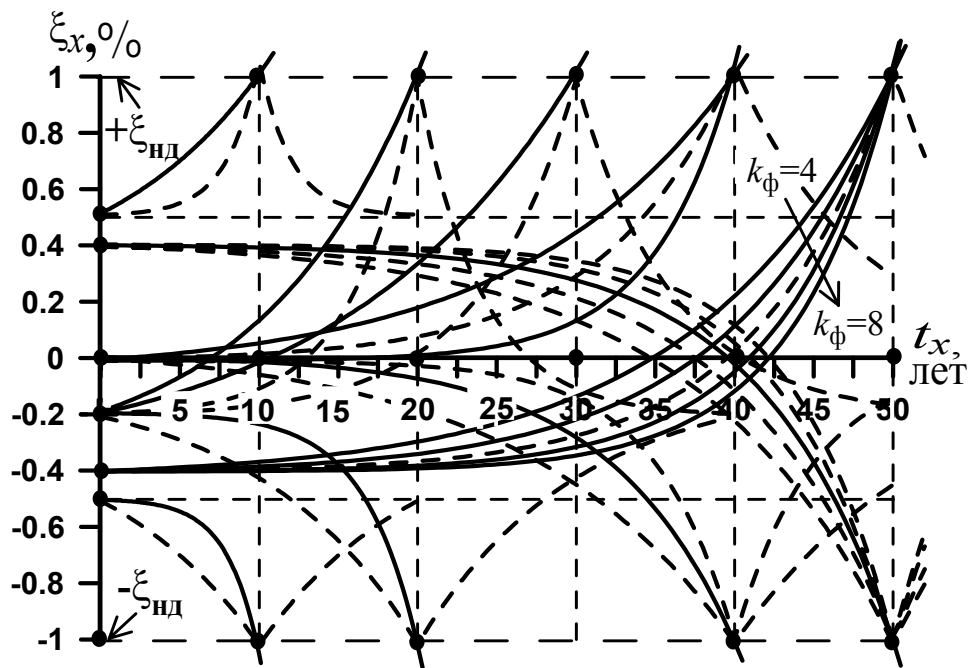


Рис 2. Семейство графиков экспоненциальной (сплошные кривые) и двойной экспоненциальной функции (пунктирные кривые)

Выводы

На базе ординарной экспоненциальной функции и функции распределения Лапласа синтезированы новые функции распределения, связывающие между собой МХ и параметры МН средств измерений определенного класса, и получившие, соответственно, названия: „экспоненциальная функция распределения проф. В.Т.Кондратова” и (двойная экспоненциальная) „функция распределения Кондратова-Лапласа”.

Синтез данных функций стал возможным благодаря вводу параметра чувствительности исходных экспоненциальных функций к нормируемым погрешностям, учета смещения экспоненциальной функции при равенстве нулю нормируемой погрешности измерений в момент присвоения класса точности, а также двух стабилизирующих функций, обеспечивающих выполнение указанных выше 12-и требований по синтезу функций взаимосвязи МХ с параметрами МН СИ.

Предложенные функция распределения связывает между собой такие МХ и параметры МН СИ, как: ξ_{x0} , $\xi_{нд}$, $T_{но}$, $k_{мз}$ и, при необходимости, $T_{оп}$, $\xi_{оп}$ и $k_{м}$.

Синтезированные функции распределения могут быть использованы для решения задач определения показателей МН СИ, для которых метрологические и функциональные отказы близки по времени их проявления или совпадают.

Литература

1. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: функция распределения Кондратова-Вейбулла // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2008. – № 3. – С. 101-113.
2. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: функция распределения Кондратова-Коши // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 2. – С. 23-31.
3. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: функция распределения Кондратова-Вейбулла и ее основные разновидности / Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики”. Книга „Приборостроение”. – М.: МГУ ПИ, 2008. – С. 124-131.
4. Кондратов В.Т. Свойства функции распределения Кондратова-Вейбулла / Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики”. Книга „Приборостроение”. – М.: МГУ ПИ, 2008. – С. 131-137.
5. Кондратов В.Т. Расширение функциональных возможностей функции распределения Кондратова-Вейбулла / Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики”. Книга „Приборостроение”. – М.: МГУ ПИ, 2008. – С. 138-145.
6. Кондратов В.Т. Функция распределения Кондратова-Коши и ее свойства/ Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики”. Книга „Приборостроение”. – М.: МГУ ПИ, 2008. – С. 145-154.
7. Кондратов В.Т. Расширение функциональные возможностей функции распределения Кондратова-

Коши / Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики”. Книга „Приборостроение”. – М.: МГУПИ, 2008. – С. 154-160.

8. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 1. – С. 7-24.

9. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений /В сб. докладов междунар. науч. – техн. конф. „Метрологическое обеспечение измерительных систем”. Под ред. А.А.Данилова. – Пенза, 2005. – С. 191-210.

10. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений и ее структура /Научные труды X-й Юбилейной Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики”. Книга „Приборостроение”.

11. – М.: МГУПИ, 2007. – С. 143-150.

12. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений – теория мирового значения // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 1. – С. 152-160.

13. Кондратов В.Т., Сахнюк И.А. Особенности и состояние проблемы метрологической надежности средств измерений // Украинский метрологический журнал, № 2, 2007. – С. 10-14.

14. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – К.: Логос, 2002. – 486 с.

15. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1991. – 304 с.

16. Назаров И.А. к вопросу о предельных значениях энтропийного коэффициента // Известия ЛЭТИ. – Вып.. – Ч. 1. – 1965. – С. 21-23.

17. www.csi-mch.ru/www/posobija/1/4-3.ht23.gif. Функция распределения Лапласа.

Надійшла 7.11.2008 р.

УДК 681.5.03: 681.5.015

О.В. ФАДЄЄВА

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Розглядаються шляхи удосконалення та взаємозв'язки параметрів математичної моделі технологічного процесу буріння нафтових і газових свердловин сучасними буровими долотами.

Вступ

Інтерес до розробки систем автоматизованого управління технологічним процесом буріння нафтових і газових свердловин виник досить давно. Проте, раніше розроблені системи були неефективними у зв'язку з тим, що з їх допомогою здійснювалося управління лише поведінкою верхнього кінця бурильної колони, а долото та вибійний двигун (турбобур, електробур) не були увімкнені безпосередньо в контур керування [1]. Відомо [2], що найбільш важливою характеристикою процесу взаємодії долота з гірничою породою є залежність механічної швидкості буріння від осьової сили на долото і частоти обертання долота.

Питання автоматизації процесів керування бурінням нафтових і газових свердловин приводять до необхідності вивчення цих складних характеристик технологічного процесу буріння, який здійснюється за умов невизначеності під впливом стохастично-хаотичних збурень. Тому й моделям процесу буріння притаманна невизначеність, зумовлена, з одного боку, відсутністю точного опису процесів функціонування систем, а з іншого боку – неспроможністю оцінити стан систем абсолютно точно, що ускладнює й унеможливає використання точних кількісних методів. Дійсно, скористатися математичними моделями, які розкривають основні закономірності впливу різних технологічних факторів на механічну швидкість буріння, не представляється можливим без проведення експериментального буріння з метою визначення конкретних цифрових значень коефіцієнтів моделі [2]. Це викликано тим, що результати промислового буріння, які відображають сукупний вплив різних технологічних факторів на проходку одного долота і механічну швидкість, не дозволяють побудувати графіки залежностей механічної швидкості буріння від осьової сили на долото і частоти його обертання та визначити параметри моделі, які потрібні для корегування і оптимізації режимів буріння. Тому, аналіз взаємозв'язків параметрів математичної моделі процесу буріння свердловин є важливим науковим та практичним завданням, яке дозволить синтезувати кібернетичну математичну модель. Синтез адекватних математичних моделей процесу буріння свердловин є актуальною задачею у зв'язку з інтенсивним впровадженням у галузі цифрових керуючих обчислювальних комплексів [3] і нового типу доліт, які мають проходку декілька тисяч метрів на одне долото [5, 6].

Аналіз стану досліджень та публікацій

Проте, аналіз літературних джерел (наприклад, [1÷4 та ін.]), в яких започатковано розв'язання деяких проблеми, показує недостатній об'єм проведених досліджень у напрямку розробки методів ідентифікації

параметрів математичної моделі процесу буріння нафтових і газових свердловин.

Виділення нерозв'язаних частин

Нерозв'язаною частиною загальної проблеми ідентифікації параметрів математичної моделі процесу буріння, котрій присвячується дана стаття, є встановлення взаємозв'язків параметрів математичної моделі технологічного процесу буріння нафтових і газових свердловин для ефективного і швидкого визначення збурень, що впливають на об'єкт керування.

Формування цілі

У зв'язку з вище наведеним, метою даної роботи є аналіз взаємозв'язків параметрів математичної моделі технологічного процесу буріння свердловин для ефективного і швидкого розв'язання задачі ідентифікації стохастично-хаотичних збурень, що впливають на об'єкт керування в процесі роботи долота на вибої свердловини.

Виклад основного матеріалу

Відомо [4], що процес формалізації процесу буріння свердловин має ряд специфічних особливостей, що дає підстави говорити про специфічну методологію його досліджень. До числа специфічних ознак слід віднести невідтворюваність, нестационарність, стохастичність процесу, його багатofакторність. Крім того, процес буріння є таким, що розвивається в часі. Все це викликає погану організацію внутрішньої структури об'єкта в розумінні нечіткого проявлення причино-наслідкових відношень. Проте, процес буріння як об'єкт керування повинен бути формалізований у вигляді багатовимірної системи однонаправленого перетворення вхідних координат (керуючих впливів) \bar{U} , вхідних контрольованих і неконтрольованих збурень f у реакції об'єкта \bar{X} .

При заданій геолого-технічним нарядом конструкції колони на кожному з інтервалів, компоновці низу бурильної колони і вибраному типорозмірі долота керуючими впливами, які визначають режим буріння, є осьова сила F на долото, частота його обертання n , продуктивність насосів Q і тиск бурового розчину на стояку. До збурень, які впливають на процес, слід віднести фізико-механічні і абразивні властивості гірських порід, градієнт пластового тиску, тертя колони в свердловині, можливі ускладнення при бурінні (осипання і обвали, заклинювання, затяжки, каверно-жолобо-утворення, поглинання бурового розчину, звуження ствола). Вихідні реакції \bar{X} об'єкта – це проходка h долота і величини, що характеризують технічний стан оснащення долота ε та опор його шарошок g .

Встановлення в математичній формі причинно-наслідкових зв'язків між вихідними реакціями об'єкта (змінними стану) \bar{X} і вхідними величинами \bar{U} та f є головним завданням формалізації технологічного процесу буріння. Аналітичний розв'язок поставленої задачі можливий лише при певних спрощеннях і припущеннях, а справедливність перенесення отриманої моделі на інший спосіб буріння та інший тип долота може бути підтверджена промисловими дослідженнями на діючих бурових установках.

Усі математичні моделі, що розроблялись, можна поділити на статичні і динамічні. Останні розроблялись з врахуванням динаміки зношення фрезерованого і штирьового оснащення та підшипникових опор бурових доліт. Класифікацію математичних моделей наведено на рис. 1. Вона доповнена додатковим класом моделей для сучасних бурових доліт типу РДС.



Рис. 1. Класифікація математичних моделей технологічного процесу буріння нафтових і газових свердловин

У більшості робіт [1÷4 та ін.] статистичні математичні моделі одержані на базі промислових або стендових досліджень процесу буріння шарошковими долотами. Вони являють собою закономірності зміни

початкової механічної швидкості V_0 , яка є функцією багатьох змінних

$$V_0 = \varphi(F, n, Q, q_1, q_2, \dots, q_n, A, \omega, H), \quad (1)$$

де q_1, q_2, \dots, q_n – фізико-механічні властивості розбурюваних порід, бурового долота і бурового розчину;
 A, ω – амплітуда і частота коливань колони бурильних труб;
 H – глибина свердловини.

Проте, труднощі визначення в реальному часі міцності гірських порід на вибої свердловини, зносу бурового долота і властивостей бурового розчину змусили дослідників розглядати закономірність (1) при бурінні в однорідних породах з незмінними властивостями та постійною витратою бурового розчину $Q = \text{const}$. При таких допущеннях початкова механічна швидкість дорівнює

$$V_0 = \varphi(F, n). \quad (2)$$

Відсутність в рівнянні (2) витрати бурового розчину компенсують [7] обмеженнями знизу на швидкість витікання бурового розчину з насадок долота та на питому витрату розчину на одиницю площі вибою. Вводять також обмеження зверху на величину диференціального тиску і вважають, що витрата бурового розчину Q практично не впливає на початкову механічну швидкість V_0 .

В роботах [8,9] наведені статичні математичні моделі різних авторів, більшість з яких прийняли формулу

$$V_0 = k_1 F^{\alpha_1} n^{\beta_1}, \quad (3)$$

де k_1, α_1, β_1 – постійні для однорідних пачок порід коефіцієнти, що залежать від конструкції бурового долота та умов буріння і підлягають ідентифікації експериментально-аналітичними методами.

Проте, значення коефіцієнтів k_1, α_1, β_1 у всіх моделях різні, що пояснюється різними умовами проведення експериментів. Це означає, що статичні моделі придатні для використання лише в конкретних умовах експерименту з обмеженим діапазоном зміни параметрів режиму і не придатні для застосування в інших умовах.

Відомі статичні моделі малопараметричні, до яких входять такі невимірювані параметри, як знос оснащення і підшипникових опор бурового долота, розмірності у них, як правило, не співпадають. Тому, вони не можуть бути використані для розв'язання задач керування.

Більш широкий клас – це динамічні моделі, до яких можна віднести статистичні і фізичні моделі. Останні враховують фізичні закономірності зношення оснащення і опор бурового долота за час його роботи t_p на вибої свердловини. Дійсно, в процесі буріння руйнується не тільки порода, але й зношуються оснащення і опори бурового долота. При бурінні з $F = \text{const}$ та $n = \text{const}$ це призводить до зменшення механічної швидкості V_t в часі, тобто

$$V_t = \varphi(F, n, t_p). \quad (4)$$

Для шарошкових доліт середня величина проходки на одне долото за час його роботи t_p на родовищах України складає приблизно 40 м [5] при бурінні м'яких з пропластками середніх за твердістю малоабразивних порід. Буріння здійснюється роторним і турбінним способами, а також електробурами; максимальне зусилля на долото становило 140 кН, мінімальне – 10 кН; частота обертання долота змінювалася в межах 40–135 об/хв.

Для сучасних бурових доліт типу РДС іноземного і вітчизняного виробництва показники їх роботи суттєво відрізняються (майже на 2 порядки) і проходка на одне долото перевищує 4000 м (табл. 1).

Таблиця 1

Показники роботи доліт типу РДС іноземного і вітчизняного виробництва

Тип долота	Проходка на долото, м	Швидкість буріння, м/год	Стійкість, год.
BC75PX Bicentric 8,375 inc	4474	13,3	
BC75PX Bicentric 8,75 inc	2310,7	24,2	
11 5/8 DS66H	4230	2,97	1442,5
РДС 149,2FD-353M-A34	1100	1,8	700
РДС 295,3FD-257M-A27M	1300	2,38	
РДС 293,0FD-388MH-A44	2000	4,35	

Конструкція доліт типу РДС забезпечує тривалий ресурс експлуатації і високі швидкості буріння за рахунок високої зносостійкості ріжучих елементів РДС-різців та відсутності підшипникової опори, що підвищує проходку долота і суттєво зменшує кількість спуско-підймальних операцій. Незначний вплив динаміки роботи долота на вибій і бурильну колону порівняно з шарошковими та висока зносостійкість різців колібруючої поверхні долота виключають необхідність проробки і калібрування стовбура свердловини перед спуском обсадної колони. Відсутність рухомих елементів в конструкції доліт виключає аварійні ситуації, які пов'язані з ними.

Сьогодні долота типу РДС застосовуються [5, 6] для буріння порід середніх за твердістю (аргіліти, доломіти, вапняки, пісковики, солі та ін.) і неабразивних, але даний тип доліт є надзвичайно перспективним для буріння також твердих порід. Співвідношення між обсягами буріння шарошковими долотами і долотами типу

РДС наразі становлять приблизно 3: 1 відповідно і найближчим часом може досягати 1: 1. Середня величина проходки для шарошкових доліт іноземного і вітчизняного виробництва на родовищах України складає 38,4 м, тобто майже на 2 порядки менше порівняно з проходкою на одне долото типу РДС.

Основними причинами підймання доліт типу РДС були: 72 % – досягнення проектної глибини, 19 % – зміна компоновки бурильної колони, 3 % – проблеми в стволі свердловини, 3 % – ремонт бурової установки, 3 % – падіння швидкості проходки. Причинами падіння швидкості проходки, а отже основними характеристиками спрацювання доліт були: сколювання зубців (31 %), поломка зубців (30 %), зношення зубців (17 %), відсутність спрацювання (19 %), випадіння зубців (3 %).

Вивчення процесу зношення бурових доліт присвячено ряд робіт [1-4, 9], автори яких дотримуються різних точок зору відносно закономірностей, що має даний процес.

У зв'язку з відсутністю узагальноної формули, яка б охоплювала весь комплекс фізичних явищ, що мають місце в процесі буріння і пов'язані зі зношенням бурового долота та руйнуваннями породи, стан оснащення долота оцінюють [4] опосередковано через зміну механічної швидкості буріння в часі

$$V_t = V_0 \cdot \varphi_3(t), \quad (5)$$

де V_0 – початкова механічна швидкість буріння;
 $\varphi_3(t)$ – функція зносу.

Такий підхід дозволяє уникнути використання в математичній моделі такого не вимірюваного показника, як технічний стан оснащення долота.

Узагальнена математична модель процесу буріння свердловини отримана [4] із припущення, що осьова сила F на долото і частота обертання n – взаємно незалежні величини, витрата промивальної рідини Q постійна і є такою, що забезпечує повну очистку вибою свердловини від вибуреної породи; вся глибина свердловини розбита на інтервали буріння, всередині яких фізико-механічні властивості гірських порід постійні; буріння ведеться шарошковими долотами з фрезерованими призматичними зубцями.

Розглянемо узагальнену математичну модель технологічного процесу буріння, яка є сукупністю трьох диференціальних рівнянь

$$V_t = \frac{dh}{dt} = \frac{k_1 F^{\alpha_1} n^{\beta_1}}{\varepsilon}, \quad (6)$$

$$V_{te} = \frac{d\varepsilon}{dt} = k_2 F^{\alpha_2} n^{\beta_2}, \quad (7)$$

$$V_{tg} = \frac{dg}{dt} = k_3 F^{\alpha_3} n^{\beta_3}, \quad (8)$$

з початковими умовами

$$\begin{aligned} h(0) &= 0, \\ \varepsilon(0) &= 0, \\ g(0) &= 0, \end{aligned} \quad (9)$$

і граничними умовами

$$\begin{aligned} h(t_6) &> 0, \\ 1 &\leq \varepsilon(t_6) \leq (1+m)^2, \\ 0 &\leq g(t_6) \leq 1. \end{aligned} \quad (10)$$

При цьому на параметри режиму буріння $F = \text{var}$ і $n = \text{var}$ накладаються обмеження, викликані можливостями технологічного обладнання, граничною потужністю, зусиллям на долото і кінцевою потужністю, яка підводиться до вибою свердловини.

$$\begin{aligned} F_{\min} &\leq F \leq F_{\max}, \\ n_{\min} &\leq n \leq n_{\max}. \end{aligned}$$

У формулах (6-10) прийняті такі позначення:

V_{te} – швидкість відносно зношення оснащення зубців бурового долота;

ε – відносний знос зубців долота: $\varepsilon = V_0 / V_t$;

V_{tg} – швидкість відносного зношення опор долота;

g – відносний знос опор долота;

$(k_1, \alpha_1, \beta_1) = \bar{A}_1$; $(k_2, \alpha_2, \beta_2) = \bar{A}_2$; $(k_3, \alpha_3, \beta_3) = \bar{A}_3$ – постійні для однорідних пачок гірських порід коефіцієнти, що залежать від конструкції бурового долота та умов буріння і підлягають ідентифікації експериментально-аналітичними методами;

m – коефіцієнт, який визначається геометрією зубців і формою зносу; зміні фізичного зносу μ в межах $\mu \in [0; 1]$ відповідає зміна ε в діапазоні $\varepsilon \in [1; (1+m)^2]$.

Встановлено [4] взаємозв'язок ε з μ у вигляді

$$\varepsilon = (\mu m + 1)^2, \quad (11)$$

який інваріантний по відношенню до властивостей гірських порід і типорозмірам доліт, що дозволяє оцінювати в реальному часі знос оснащення бурових доліт за показником ε .

Аналіз результатів відпрацювання бурових доліт типу РДС при розбурюванні порід середньої твердості довів, що вони забезпечують проходку на долото на 2 порядки більше ніж шарошкові долота. Відсутність

рухомих елементів в конструкції доліт РДС (підшипникової опори) робить недоцільним використання в математичній моделі рівняння (8), яке описує процес зношування опор шарошкових доліт.

Тривалий ресурс експлуатації доліт РДС і високі швидкості буріння за рахунок високої зносостійкості ріжучих елементів РДС-різців виключають необхідність використання рівняння (7) математичної моделі, оскільки одне долото може бути використане для буріння декількох свердловин. У такому випадку простіше обмежитися контролем технічного стану долота типу РДС на завершальному етапі його експлуатації за допомогою спеціального приладу контролю відпрацювання долота.

Отже для сучасних доліт типу РДС та інших типів достатньо обмежитися одним рівнянням (6), яке зв'язує механічну швидкість буріння з параметрами режиму F і n , в якому такий параметр як $\varepsilon = \text{const}$. Тоді можна записати, що

$$V_t = \frac{dh}{dt} = kF^\alpha n^\beta . \quad (12)$$

Для дослідження взаємозв'язків параметрів математичної моделі процесу буріння нами використані результати спостережень за параметрами і показниками процесу буріння експлуатаційної свердловини, пробуреної в умовах Прикарпаття, долотом Ш295,3СЗ-ГВД-73 на глибині 1400-1480 м із застосуванням бурового верстату «Уралмаш-4Е-76», тип вибійного двигуна Е-240-8МР. Проектна глибина 2200/2256 м, проектний горизонт Bs/ml, міцність порід – тверді, швидкість буріння 415 м/верст.міс., тривалість будівництва 271,1 діб, вид свердловини – похило-спрямована, відхилення від вертикалі – 340 м, азимут буріння – 64 град. Режими буріння: осьове зусилля на долото 80±100 кН, частота обертання долота 230 об/хв, продуктивність насосів 28,8 л/с.

Розрахунки статистичних характеристик вихідних даних проведено за допомогою ЕОМ та комп'ютерно-інтегрованого середовища MathCad, що відповідає поставленій задачі.

В процесі буріння реєстрували проходку h , осьову силу F і обчислювали механічну швидкість $V = \Delta h/\Delta t$. Для аналізу взаємозв'язків параметрів математичної моделі процесу буріння визначені статистичні характеристики вихідних даних, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Статистичні характеристики вихідних даних для аналізу взаємозв'язків параметрів математичної моделі процесу буріння свердловин (долото Ш295,3 СЗ-ГВД-73, інтервал 1400-1480м)

Параметр	Математичне сподівання	Дисперсія	Середньоквадратичне відхилення
F , кН	83,52	3,4	1,84
h , м	47,37	7,2	2,68
V , м/год	3,08	0,09	0,3

Зі статистичних характеристики вихідних даних видно, що вирівнювання параметру V має найбільший резерв в підвищенні ефективності процесу буріння. Осьова сила на долото F і проходка h характеризуються більш однорідними даними.

Характер залежності $V(F, n)$ наведено на рис. 2.

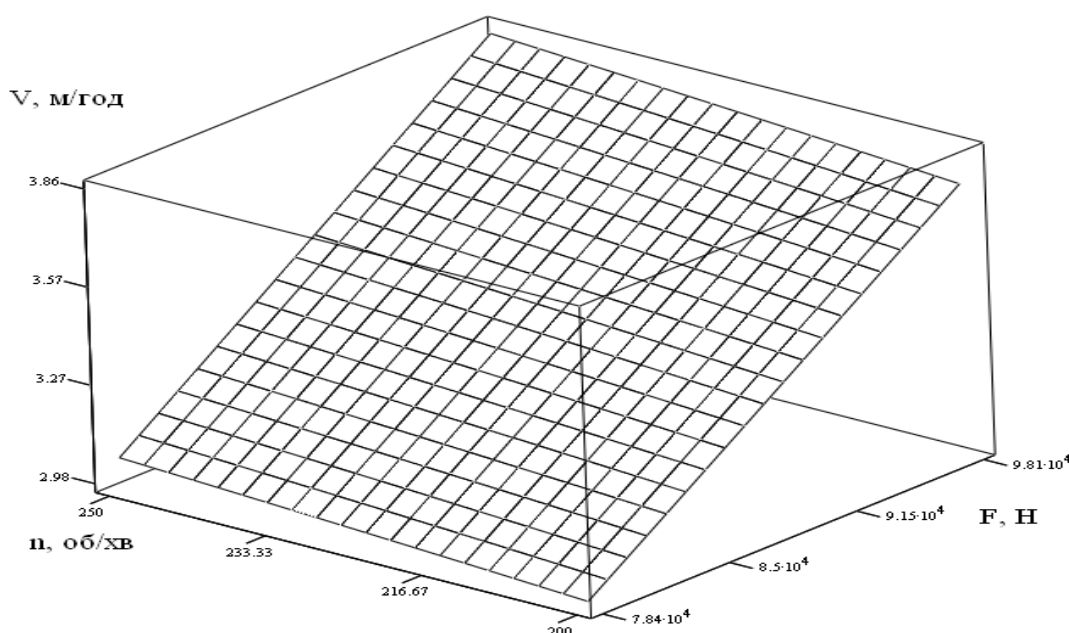


Рис. 2. Графік залежності механічної швидкості буріння V від осьової сили на долото F і частоти обертання долота n

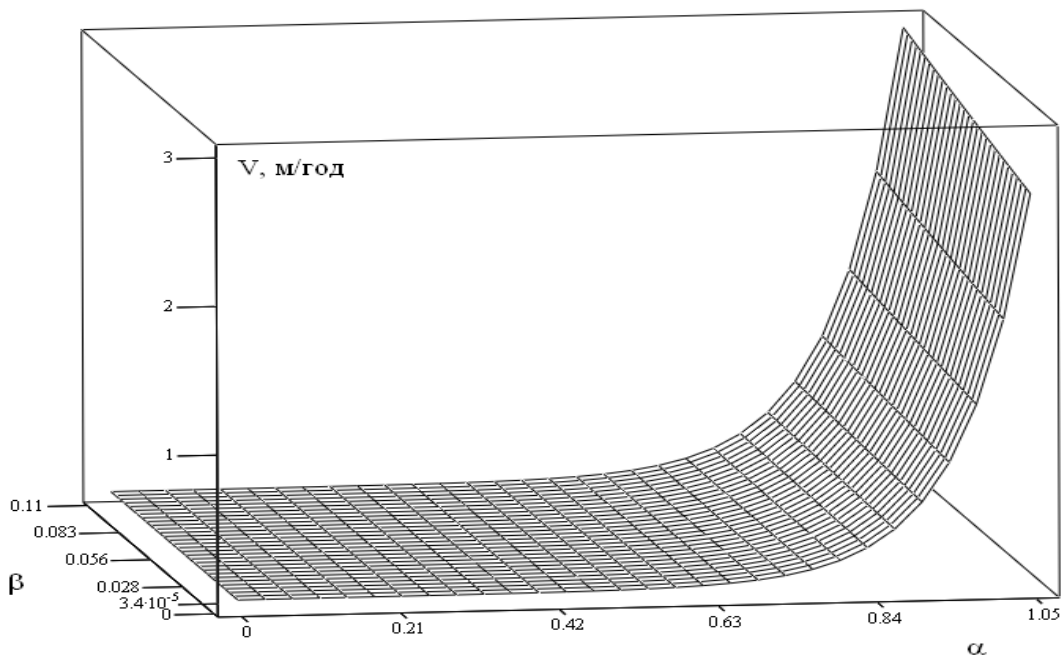


Рис. 3. Графік залежності механічної швидкості буріння V від коефіцієнтів моделі α і β

На рис. 3 приведені побудовані за промисловими даними графіки зміни механічної швидкості буріння V_M від коефіцієнтів моделі α і β .

При бурінні долотами типу РДС спостерігається незначне зменшення зубців по висоті, поломка, сколювання і випадіння зубців. Внаслідок цього при бурінні долотами даного типу при постійних параметрах режиму також спостерігається незначне зниження механічної швидкості проходки в часі, яке на 2 порядки менше, а проходка на одне долото на 2 порядки більше.

Висновок

1. Досліджено взаємозв'язки параметрів математичної моделі технологічного процесу буріння свердловин, на основі яких удосконалена математична модель процесу, яка містить вимірюванні фазові змінні, що дозволяють здійснювати ідентифікацію її параметрів в процесі буріння свердловин і використовувати для розв'язання задач управління в режимі on-line.

2. Встановлено, що механічна швидкість проходки має функціональний зв'язок з параметрами α і β математичної моделі, які характеризують властивості гірських порід.

3. Найбільш актуальними і важливими завданнями розвитку оптимального керування процесом буріння нафтових і газових свердловин є вивчення фізичних умов процесу буріння долотами нових типів і аналіз технологічних даних комп'ютерними системами безпосередньо на буровій та в пункті керування.

Література

1. Новые разработки в области контроля и управления наклонно-направленным бурением / В.И. Миракян, В.Р. Иоанесян, В.Н.Щукин та ін // Бурение, 2002. – № 2. – С.12-15.
2. Закиров Н.Н. Влияние технологических параметров бурения скважин на механическую скорость и проходку на долото // Бурение и нефть, 2003. – № 6. – С.16-18.
3. Балденко Ф.Д., Шмидт А.П. Автоматизированные системы управления режимом бурения скважин забойными двигателями // Бурение и нефть, 2003. – № 4. – С.14-17.
4. Горбійчук М.І., Семенов Г.Н. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 493 с.
5. <http://www.rbc.ua/ukr/newsline/2007/10/26/258445.shtml>
6. http://www.burneft.ru/svezhii-nomer-zhynala/svezhii-nomer-zhynala-burenie_i_neft/s-doktor-r-garifyllin-s.zimenkov-metod-mestny-cirkylyacii.html
7. Шильман О.П., Сабитов Э.Х. Применение ЭВМ при проектировании строительства скважин. – М.: ВНИИОЭНГ, 1981. – 44 с.
8. Козловский Е.А., Гафиятуллин Р.Х. Автоматизация процесса геологоразведочного бурения. – М.: Недра, 1977. – 215 с.
9. Чепранов К.А. Регулирование процесса бурения. – М.: Недра, 1992. – 60 с.

Надійшла 9.11.2008 р.

КОНІЧНА ФРИКЦІЙНА ПЕРЕДАЧА З ЗАСОБОМ АВТОМАТИЧНОГО ПРИТИСКУ КОТКІВ

Представлено результати досліджень з підвищення ефективності роботи фрикційної передачі. Запропоновано нову конструкцію конічної фрикційної передачі з засобом автоматичного притиску котків та основи її розрахунку.

Вступ

Тенденцією машинобудування є підвищення надійності та довговічності роботи передач приводів машин, зокрема фрикційних передач.

Суттєвим недоліком відомих конструкцій фрикційних передач є недосконалість засобів притиску котків, що знижує ефективність використання фрикційних передач в приводах машин [1...3].

Відомі конструкції засобів автоматичного притиску котків фрикційної передачі [4] складні в виконанні і, як наслідок, недовговічні в роботі.

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи фрикційних передач, проблема досліджень з розробки надійних засобів автоматичного притиску котків фрикційної передачі є актуальною для сучасного машинобудування, зокрема, легкого.

Об'єктом досліджень обрано конічну фрикційну передачу та засіб притиску її котків. При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії деталей машин та опору матеріалів.

Задачею даних досліджень стала розробка більш досконалої конструкції конічної фрикційної передачі з засобом автоматичного притиску котків.

Основний розділ

Відома конічна фрикційна передача, що містить ведучий і ведений конічні котки, ведучий та ведений вали та засіб для притиску котків одного до другого [1, 2]. Виконання котків конічними усуває необхідність виконання опор одного із валів, на якому встановлений коток, рухомими, що підвищує надійність та довговічність роботи фрикційної передачі. Але виконання засобу для притиску котків, зазвичай, у вигляді циліндричної пружини стиску не дозволяє в повній мірі вирішити проблему підвищення довговічності роботи фрикційної передачі (наявність циліндричної пружини стиску не виключає в процесі експлуатації фрикційної передачі можливості проковзування одного котка відносно другого, що призводить до зношення їх робочих поверхонь).

Таким чином в основу досліджень покладена задача створити таку конструкцію фрикційної передачі, в якій шляхом введення нових елементів та їх зв'язків забезпечилось би підвищення довговічності роботи фрикційної передачі.

Поставлена задача розв'язана тим, що конічна фрикційна передача додатково обладнана проміжним валом, а засіб для притиску котків виконано у вигляді косозубої циліндричної передачі, ведуча шестерня якої жорстко закріплена на ведучому валу, а ведена шестерня жорстко закріплена на проміжному валу, на якому також жорстко закріплений ведучий коток.

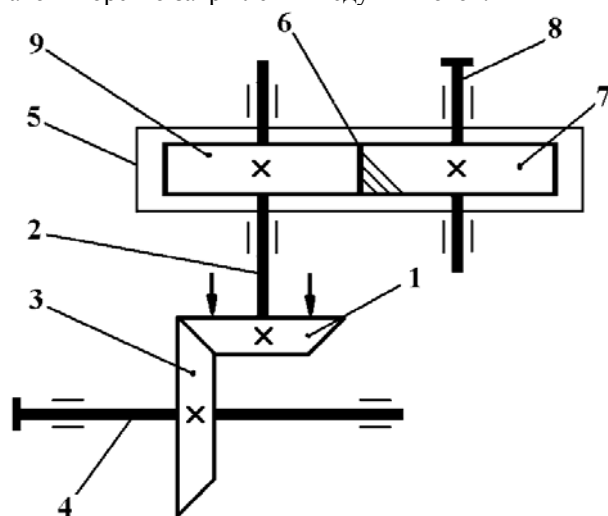


Рис. 1. Кінематична схема конічної фрикційної передачі з засобом автоматичного притиску котків

Додаткове обладнання фрикційної передачі проміжним валом та виконання засобу для притиску котків у вигляді косозубої циліндричної передачі, ведуча шестерня якої жорстко закріплена на ведучому валу, а ведена шестерня жорстко закріплена на проміжному валу, забезпечує стабільну відповідність величини зусилля притиску одного котка до другого величині навантаження фрикційної передачі (зусилля притиску забезпечується осьовою силою, що виникає в зубчастому зачепленні косозубої циліндричної передачі та автоматично змінюється у відповідності зі зміною навантаження фрикційної передачі), що призводить до підвищення довговічності роботи фрикційної передачі.

Запропонована конічна фрикційна передача (рис. 1) містить ведучий конічний коток 1, жорстко закріплений на кінці проміжного валу 2, ведений конічний коток 3, жорстко закріплений на веденому валу 4, та засіб 5 для притиску котків. Засіб 5 для притиску котків виконано у вигляді косозубої циліндричної передачі 6, ведуча шестерня 7 якої жорстко

закріплена на ведучому валу 2, а ведена шестерня 8 жорстко закріплена на проміжному валу 4.

закріплена на ведучому валу 8, а ведена шестерня 9 жорстко закріплена на другому кінці проміжного вала 2.

Фрикційна передача працює таким чином. При вмиканні привода, в складі якого використовується фрикційна передача (на рис. 1 не показаний), ведучий вал 8 з жорстко закріпленою шестернею 7 починає обертатися. Обертальний рух шестерні 7 передається шестерні 9. Осьова сила, що виникає в косозубому зачепленні шестерні 7 з шестернею 9 зумовлює осьове переміщення проміжного вала 2 вниз (згідно з кресленням) та притиск ведучого конічного котка 1 до веденого конічного котка 3, створюючи при цьому необхідну для роботи фрикційної передачі силу тертя в зоні взаємодії конічних котків 1, 3. За рахунок сили тертя ведений конічний коток 3 починає обертатися, а разом з ним обертається і ведений вал 4, на якому жорстко закріплений ведений конічний коток 3. Величина та зміна зусилля притиску ведучого конічного котка 1 до веденого конічного котка 3 забезпечується автоматично у відповідності з осьовою силою косозубої циліндричної передачі, що призводить до підвищення довговічності роботи фрикційної передачі.

Умова працездатності фрикційної передачі виконується при забезпеченні залежності:

$$Q = F_a, \quad (1)$$

де Q - сила притиску котків;

F_a - осьова сила в зубчастому зачепленні.

Як відомо [4]:

$$Q = \frac{\lambda F}{f} \sin \alpha, \quad (2)$$

де λ - коефіцієнт запасу зчеплення котків (коефіцієнт надійності роботи фрикційної передачі);

F - колова сила в фрикційному зчепленні, $F = \frac{2T_1}{d_1}$; (3)

T_1 - крутний момент на ведучому котку;

d_1 - середній діаметр ведучого котка;

f - коефіцієнт тертя ковзання котків;

α - кут конуса ведучого котка.

Осьова сила, що виникає в зачепленні косозубих шестерень, знаходиться із умови [1]:

$$F_a = F_t \operatorname{tg} \beta = \frac{2T_2}{d_2} \operatorname{tg} \beta, \quad (4)$$

де F_t - колова сила зубчастого зачеплення;

β - кут нахилу зубів шестерень;

T_2 - крутний момент на веденій шестерні (на проміжному валу),

$$T_2 = T_1; \quad (5)$$

d_2 - дільний діаметр веденої шестерні.

Підставляючи (3) в (2), одержуємо:

$$Q = \frac{2\lambda T_1}{d_1 f} \sin \alpha. \quad (6)$$

Після підстановки (4), (6) в (1) маємо:

$$\frac{\lambda T_1 \sin \alpha}{d_1 f} = \frac{T_2 \operatorname{tg} \beta}{d_2}. \quad (7)$$

Враховуючи (5), вираз (7) набуває виду:

$$\frac{\lambda \sin \alpha}{d_1 f} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{d_2}. \quad (8)$$

З виразу (8) знаходимо кут нахилу зубів шестерень, що задовольняє умову працездатності конічної фрикційної передачі:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{\lambda d_2 \sin \alpha}{d_1 f}. \quad (9)$$

Розміри косозубої передачі засобу автоматичного притиску котків знаходяться із відомих методик розрахунку косозубих циліндричних передач [1,2]. При цьому в разі виконання косозубої передачі як закритої, передача розраховується на контактну витривалість зубів [5]:

$$a \geq 43(u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 k_{H\beta} k_{HV}}{[\sigma_H]^2 u^2 \psi}}, \quad (10)$$

де a - міжосьова відстань шестерень;

u – передаточне число зубчастої передачі;
 $k_{H\beta}$, k_{HV} – коефіцієнти відповідно концентрації та динамічності навантажень в зубчастому зачепленні при контактній витривалості зубів;
 $[\sigma_H]$ – допустиме контактне напруження в зоні взаємодії зубів;
 ψ – коефіцієнт відносної ширини зуба (таблична величина).
 При виконанні косозубої передачі як відкритої, нормальний модуль зубчастого зачеплення m_n знаходиться із умови [1]:

$$m_n \geq 3 \sqrt[3]{\frac{7Tk_{F\beta}k_{Fd}}{z_1\psi_m[\sigma_F]}} \quad (11)$$

де T – крутний момент на ведучій шестерні (на ведучому валу);
 $k_{F\beta}$, k_{Fd} – коефіцієнти відповідно концентрації та динамічності навантажень в зубчастому зачепленні при згині;
 z_1 – число зубів ведучої шестерні, $z_1 \geq 17$ [1];
 ψ_m – коефіцієнт відносної ширини зуба по модулю (таблична величина);
 $[\sigma_F]$ – допустиме напруження на згин зубів.
 Середній діаметр ведучого котка фрикційної передачі знаходиться із умови [2]:

$$d_1 \geq 0,9 \sqrt[3]{u_1^2 + \frac{1}{u_1} \cdot \frac{\lambda k E T_1}{f \psi_1 [\sigma]^2}} \quad (12)$$

де u_1 – передаточне число фрикційної передачі;
 k – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження в зоні контактної взаємодії котків;
 E – приведений модуль пружності матеріалу котків, $E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2}$;
 E_1 , E_2 – модулі пружності матеріалів відповідно ведучого та веденого котків;
 ψ_1 – коефіцієнт відносної ширини котків, $\psi_1 = 0,2 \dots 0,6$ [2];
 $[\sigma]$ – допустиме контактне напруження на стиск для матеріалу котків.
 Використання запропонованої конструкції фрикційної передачі в приводі машин дозволяє:
 - розширити асортимент фрикційних передач;
 - підвищити довговічність роботи фрикційної передачі шляхом стабільної відповідності величини зусилля притиску одного котка до другого величині навантаження фрикційної передачі;
 - підвищити продуктивність машини, в якій використовується фрикційна передача, за рахунок скорочення простоїв, зумовлених необхідністю ремонту або заміни робочих тіл фрикційної передачі.

Література

1. Хомяк О.М., Піпа Б.Ф. Передачі. – К.: КНУТД, 2003. – 167 с.
2. Гузенков П.Г. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1982. – 351 с.
3. Решетов Д.Н. Работоспособность и надежность деталей машин. – М.: Высшая школа, 1974. – 206 с.
4. Пронин Б.А., Ревков Г.А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы). – М.: Машиностроение, 1967. – 404 с.
5. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.

Надійшла 9.11.2008 р.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК ПЛАСТИН

На основі аналізу закономірностей формозміни заготовки при осаджуванні випуклими подовженими плитами проведена заміна операції осаджування для збивання окалини на профілювання заготовки випуклим інструментом й удосконалений технологічний процес штампування поковки «Пластина», при цьому економія металу склала 13,4 %, а стійкість завершальних гравюр штампів підвищена на 14 %.

Поковки типа пластин и плит достаточно распространены в ассортименте продукции многих машиностроительных предприятий. Данный тип поковок, в зависимости от габаритных размеров и серийности выпуска, производят как ковкой на прессах и молотах, так и методами объёмной штамповки на кривошипных прессах. Среди изделий, получаемых ковкой, такие как поковки слябов, штамповых кубиков, суппортов, столов и других деталей станков и разнообразного оборудования. К поковкам из слитков предъявляют особые технологические требования по устранению неоднородности литой структуры, для выполнения которых привлекают различные диагностирующие способы неразрушающего контроля [1]. Штамповкой производят поковки крышек, корпусных деталей, широких клиньев, звеньев цепных передач и т.п. Причем штамповку проводят как непосредственно из нагретой заготовки, так и с использованием предварительного профилирования заготовки. Практически все технологии штамповки содержат операцию осадки нагретой заготовки на 5-20 % для сбива окалины, однако возможности данной операции с точки зрения приближения формы заготовки к конфигурации поковок некоторых типов следует считать не исчерпанными до конца [2].

Процессы осадки сопровождаются неравномерностью течения металла, характер которой зависит от температурно-скоростных условий деформирования и, главным образом, от формы инструмента и степени деформации. Значительное влияние на особенности формоизменения оказывают коэффициент контактного трения, материал и температура нагрева заготовки, соотношение размеров исходной заготовки, условия её подстуживания и много других факторов. Неравномерность деформации определяет напряженное состояние заготовки, влияет на проработку осевой зоны слитков и может быть использована для естественного приближения формы заготовки к конфигурации поковки в технологических процессахковки и штамповки.

В работах [3, 4] отмечена целесообразность введения операций осадки выпуклыми продолговатыми плитами заготовок или слитков, близких к цилиндрической форме, в технологиях изготовления поковок типа пластин ковкой. Использование выпуклых продолговатых плит для приближения формы заготовки к конфигурации поковки в технологиях объёмной штамповки так же обеспечит полное заполнение гравюры окончательного ручья при производстве поковок прямоугольных в плане. Однако сведения в области количественных, а в некоторых случаях даже качественных закономерностей течения металла (в зависимости от материала заготовки) при осадке выпуклыми продолговатыми плитами являются ограниченными. Следует подчеркнуть, что известные экспериментальные данные по осадке цилиндрических заготовок выпуклыми сферическими плитами [5], также как и результаты исследований по протяжке заготовок трапециевидными бойками [6, 7] и V-образными плитами [8, 9], не пригодны для проектирования технологических процессов на основе осадки выпуклыми плитами продолговатой конфигурации.

Применение операции осадки выпуклыми продолговатыми плитами (рис. 1) для подготовки формы заготовки к конфигурации штампуемого изделия требует использования знаний в области качественного и количественного прогнозирования показателей геометрического формоизменения полуфабриката в зависимости от влияющих исходных параметров, описанных выше. Выполненные экспериментальные и теоретические исследования в данной области, в том числе с привлечением методов компьютерного математического моделирования в среде ABAQUS, приведенные в работах [10-12], могут быть использованы для усовершенствования ресурсосберегающих технологических процессов производства поковок пластин на основе изучаемой операции.

Целью настоящей работы является разработка и апробация усовершенствованной технологии горячей штамповки поковки типа «пластина» на базе новых знаний в области получения профилированной заготовки осадкой выпуклыми продолговатыми плитами.

Поковку «Пластина» (рис. 2), являющуюся составной частью поглощающего аппарата типа Т2 для сцепки железнодорожных вагонов и цистерн, штампуют в условиях ЗАО «Азовэлектросталь» (г. Мариуполь) на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП) усилием 40 МН. Базовая технология производства поковки «Пластина» (Материал – сталь 38ХС ГОСТ 4543-71, масса поковки без облоя – 3,77 кг) включает отрезку от прутка цилиндрической заготовки с размерами $\varnothing 90 \times 110$ мм, её индукционный нагрев до 1100°C , вертикальную установку и осадку плоскими плитами на 10 % для сбива окалины, предварительную и окончательную штамповку в открытых ручьях с последующей обрезкой облоя в горячем состоянии на обрезном кривошипном прессе усилием 4,0 МН. Подача поковки с облоем от КГШП к обрезному прессу производится транспортером. Технологический процесс сопровождается нестабильными окончательными

размерами поковки в области отростка из-за недоштаповки до требуемых размеров, несоответствием минимальной толщины полотна ($7 \pm 0,5$ мм) размерам чертежа поковки и повышенной толщиной обля (до 10,5 мм вместо нормированного значения 4 мм). Это объясняется тем, что низкие поковки типа «пластина» с малой толщиной полотна требуют больших удельных усилий (давлений) на гравюре для полного окончательного оформления размеров изделия, а отсутствие промежуточного приближения формы заготовки к конфигурации поковки приводит к равномерному распределению усилия по её площади проекции. Большие степени обжатия и быстрое охлаждение полотна плоской поковки на штампе приводит к значительному росту сопротивления деформации металла, что увеличивает долю упругой деформации станины прессы и приводит к недоштаповке и завышенной толщине обля. Масса обля при этом составляет до 1,6 кг (57,6 % от массы поковки).

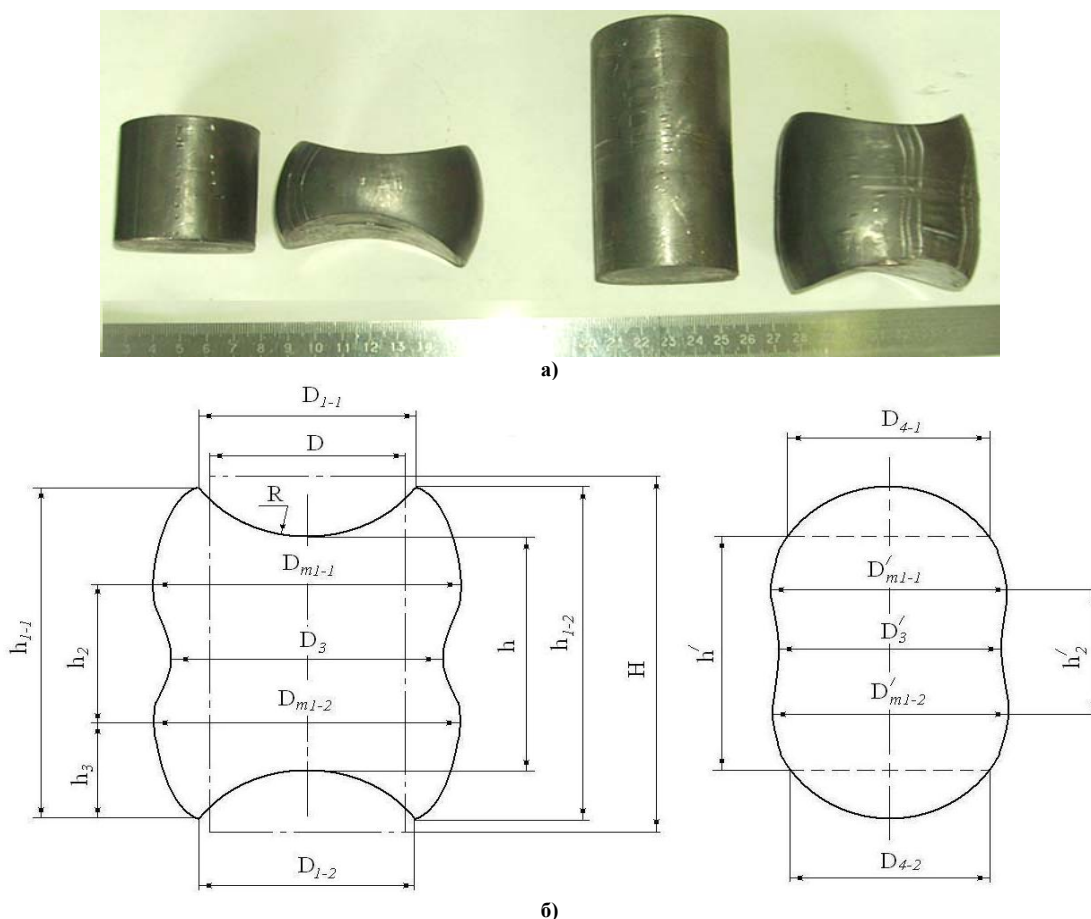


Рис. 1. Получение профилированного полуфабриката осадкой цилиндрических заготовок различной высоты выпуклыми продолговатыми плитами (а), схематическое изображение процесса и контролируемые геометрические характеристики (б): R – радиус осадочной плиты; D и H – начальные диаметр и высота цилиндрической заготовки; D_{1-1} , D_{1-2} и D_{4-1} , D_{4-2} – поперечные и продольные размеры по верхней и нижней торцевым выемкам соответственно; D_3 и D'_3 – поперечный и продольный размеры по середине высоты осажённой заготовки соответственно; D_{m1-1} , D_{m1-2} и D'_{m1-1} , D'_{m1-2} – поперечные и продольные размеры по верхней и нижней приторцевым бочкам соответственно; $h = h'$ – минимальное расстояние между радиусными осадочными плитами; h_{1-1} и h_{1-2} – высотные размеры по вершинам левой и правой торцевых выемок соответственно; h_2 и h'_2 – расстояние между максимумами верхней и нижней приторцевых бочек по поперечной и продольной проекции осажённой заготовки соответственно; h_3 – высотный размер от приторцевой бочки до вершины торцевой выемки

Для локализации давлений в области оформления отростка и снижения упругой деформации станины прессы предложено выполнять вместо операции осадки заготовки плоскими плитами операцию осадки выпуклыми продолговатыми плитами. Подобное профилирование заготовки позволяет произвести вытяжку полуфабриката в направлении максимального габаритного размера, обеспечить распределение объёмов металла между областями формирования отростка и вытяжки полотна поковки. Таким образом, ориентируясь на размеры поковки (см. рис. 2) и их параметрические отношения, проводили поиск оптимальных размеров и соотношений контролируемых геометрических показателей профилированного полуфабриката (см. рис. 1), исходя из чего подбирали начальные размеры цилиндрической заготовки, степень осадки и радиус выпуклых продолговатых осадочных плит. Соотношение продольного и поперечного размера осажённой заготовки должно стремиться к величине параметрического соотношения продольного и поперечного размера поковки пластины, т.е. $D_3 / D'_3 \Rightarrow 240 / 150 = 1,6$, что является достаточно большой величиной и подтверждает необходимость сохранения предварительного штамповочного рудья.

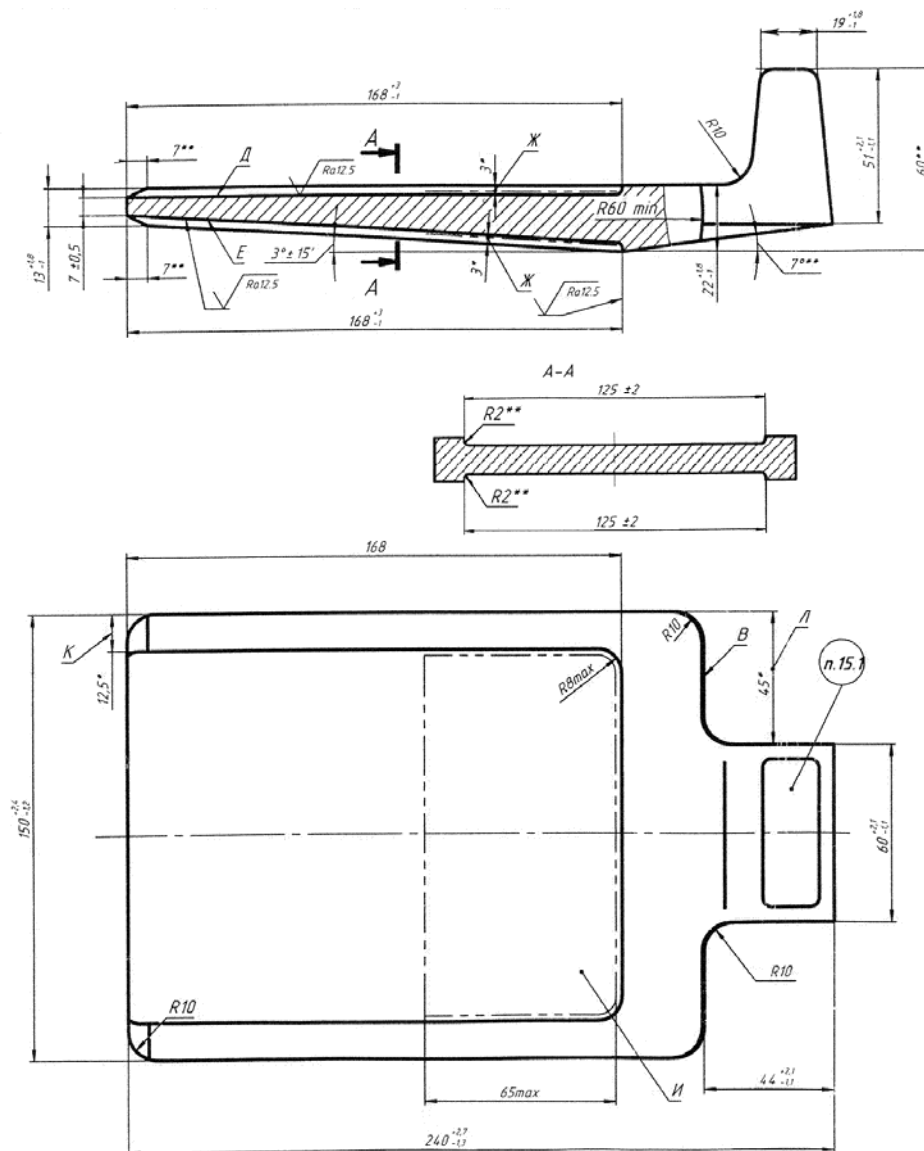


Рис. 2. Поковка «Пластина»

В результате совмещения приёмов математического моделирования формоизменения цилиндрической заготовки при осадке выпуклыми продолговатыми плитами в среде конечно-элементного анализа ABAQUS с методикой планирования эксперимента при постановке полнофакторного вычислительного эксперимента в соответствии с планом 2^3 были получены ряд функций откликов. Например, функция параметра, характеризующего соотношение поперечного и продольного размеров деформированной заготовки, имеет вид:

$$\left(\frac{D_3}{D_3}\right) = 1,051 - 0,004 \cdot \left(\frac{H}{D}\right) - 0,033 \cdot \left(\frac{R}{D}\right) + 0,214 \cdot \varepsilon,$$

где $\varepsilon = \left[H - \frac{h + h_1}{2} \right] / H$, степень осадки заготовки, причем для условий компьютерного моделирования симметричной осадки имеет место равенство $h_1 = h_{1-1} = h_{1-2}$.

Наиболее благоприятной схемой деформирования полуфабриката в предварительном и окончательном ручьях является осаживание, величина которого должна быть не меньше 5-6 мм за каждый переход [13]. Тогда необходимым условием формирования рационального по габаритам полуфабриката является получение соответствующих размеров $h \geq [22 + 2 \cdot (5 \dots 6)] = 34$ мм, $h_1 \geq [51 + 2 \cdot (5 \dots 6)] = 63$ мм, а, кроме того, $(D_3 - D_1)/2 \geq 44/2$ мм и $D_4 \geq 60$ мм. Следовательно, высоту заготовки можно определить из соотношения $\varepsilon = 1 - (34 + 63)/2H \Rightarrow \varepsilon = 1 - 48,5/H$. Выбирая величину $\varepsilon = 0,5$, как максимально допустимую, определяли $H = 97$ мм. Диаметр исходной заготовки по условию заполнения участка D_4 полуфабриката должен быть не менее 60 мм, однако, для данного случая, как и для условия $D \approx 44 / [(D_3/D) - 1]$, масса заготовки получается меньше массы поковки с угаром и облоем. Расчеты и технологическая апробация показывают целесообразным оставить диаметр заготовки равным базовому $D = 90$ мм при величине радиуса выпуклости осадочных плит $R = 50$ мм ($R/D = 0,556$). Эскизы технологических переходов штамповки поковки «Пластина» приведены на рис. 3.

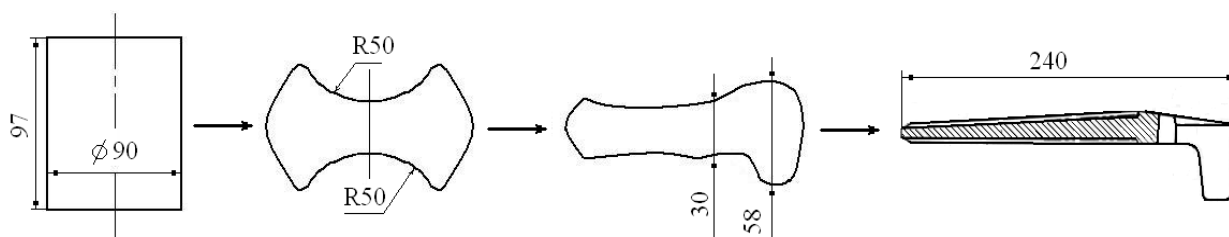


Рис. 3. Переходи штамповки поковки «Пластина»

Внедрение усовершенствованной технологии штамповки поковки «Пластина» поглощающего аппарата Т2 для сцепки железнодорожных цистерн в условиях цеха № 192 ЗАО «Азовэлектросталь» позволило достичь экономии металла на 13,4 %, снизив массу заготовки с 5,49 кг до 4,84 кг. При этом исключена недоштамповка отростка и обеспечено полное оформление полотна поковки при снижении толщины облоя до номинальной величины, также отмечено повышение стойкости окончательных гравюр на 14 %.

Выводы. Операция осадки выпуклыми продолговатыми плитами может быть успешно применена для получения профилированной заготовки под штамповку поволоков пластин. Совершенствование технологических процессов осуществлено на основе анализа технологичности поковки и полученных автором закономерностей формоизменения заготовки при осадке выпуклыми продолговатыми плитами. Перспективным направлением развития исследований в данной области является реализация изучаемого способа профилирования для технологий объемной штамповки цветных металлов и сплавов, а также интенсификация формоизменения осаживаемой заготовки методами неравномерного или дифференцированного нагрева.

Литература

1. Возможность повышения качества металла поволоков ответственного назначения / В.А. Тюрин, С.Ю. Федулеев, В.П. Колосков, Е.Д. Орлов, В.Ф. Касатонов, Б.О. Темкин // Кузнечно-штамповочное производство. – 1993. – № 12. – С. 2-4.
2. Кухарь В.В., Лаврентик О.А., Бурко В.А. Неравномерность деформации при свободном формоизменении заготовок из цветных металлов и сплавов // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – № 16. – С. 123-127.
3. Иванушкин П.Ф. Рациональные методыковки толстых пластин / П.Ф. Иванушкин, Н.Т. Костюченко // Обработка металлов давлением. Сборник научных трудов. Выпуск XVIII. – М.: Металлургия, 1969. – С. 178-183.
4. Соколов Л.Н. Ковка слитков на прессах / Л.Н. Соколов, Н.М. Золотухин, В.Н. Ефимов и др.; Под ред. Л.Н. Соколова. – К.: Техніка, 1984. – 127 с.
5. Тарновский И.Я., Трубин В.Н., Златкин М.Г. Свободная ковка на прессах. – М.: Машиностроение, 1967. – 328 с.
6. Соколов Л.Н., Ефимов В.Н., Яковлев М.И. Ковка широких пластин без осадки слитков // Кузнечно-штамповочное производство. – 1990. – № 6. – С. 9-10.
7. Шлякман Б.М., Белова Б.М. Совершенствование кузнечного инструмента и процессаковки широких плит // Кузнечно-штамповочное производство. – 1990. – № 6. – С. 9-10.
8. Соколов Л.Н., Марков О.Е., Станков В.Ю. Уширение при ковке плит // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб.наук.пр. – Краматорськ: ДДМА, 2000. – С.168-170.
9. Соколов Л.Н., Марков О.Е. Распределение деформаций при ковке поволоков прямоугольного сечения для схемы протяжки круг-уголок-пластина // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб.наук.пр. – Краматорськ: ДДМА, 2001. – С.341-346.
10. Бурко В.А., Кухарь В.В. Неравномерность деформации при обжатии заготовок выпуклыми плитами в процессах производства поволоков пластин // Тезисы докладов VIII Международной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ММК им. Ильича». – Мариуполь: ОАО «ММК им. Ильича». – 2008. – С. 32 – 33.
11. Кухарь В.В., Бурко В.А. Смещенные объёмы при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми плитами // Обработка материалов давлением. – Краматорск: ДГМА, 2008. – С. 173-177.
12. Кухарь В.В., Короткий С.А., Бурко В.А. Моделирование формоизменения металла при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми продолговатыми плитами // Вісник Хмельницького Національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2008. – № 5. – С. 200-206.
13. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. – М.: Машиностроение, 1966. – 599 с.

Надійшла 15.11.2008 р.

**ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ
В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ**

Наведено аналіз проблем зносостійкості деталей, які працюють в екстремальних умовах: високий питомий тиск, великі швидкості відносного руху, вакуум тощо. Досліджено й проаналізовано застосування для рішення цих проблем технологій лазерного термічного зміцнення, поверхневого мікролегування й наплавлення, окреслені їхні технологічні можливості. Запропоновано оригінальний спосіб твердого змащування пар тертя. Вивчено закономірності формування в умовах лазерного опромінення зносостійких поверхневих шарів, їхніх розмірних параметрів, структур і триботехнічних характеристик.

Опір зношуванню є найважливішою характеристикою матеріалів, яка значною мірою визначає ресурс роботи деталей машин і механізмів. Особливо гостро це питання стає для деталей, що працюють в екстремальних умовах, де мають місце високі контактні питомі тиски, понадвисокі швидкості відносного руху, потоки робочих рідин, наявність агресивних середовищ, дія температур, які циклічно змінюються. Такі умови характерні для опор бурових доліт, підп'ятників валів турбокомпресорів, лопаток газових турбін, підшипників ковзання механізмів, які працюють у вакуумі та ін. Відмінною рисою їхньої роботи є утрудненість або взагалі неможливість доставки й утримання в зоні контакту деталей вузлів тертя мастил.

Технологічні міри, розроблені до теперішнього часу, що включають створення на контактуючих поверхнях регулярного мікрорельєфу, який утримує мастило, застосування твердих мастильних матеріалів у тому числі й з ротапринтним способом доставки мастила, нанесення антифрикційних покриттів методами гальваніки, плазмовим, детонаційними й іншими у сполученні з різними методами поверхневого зміцнення (пластичним деформуванням, загартуванням ТВЧ, хіміко-термічною обробкою (азотуванням, хромуванням, алітуванням й ін.), дозволили вирішити багато складних технічних завдань, пов'язаних із забезпеченням підвищення працездатності різних механізмів [1, 2, 3].

Однак порівняння умов роботи важконавантажених вузлів сухого тертя з умовами роботи машин із традиційними видами змащення показує, що вони по ресурсу роботи в десятки й сотні разів поступаються останнім. Основними причинами низького ресурсу роботи вузлів сухого тертя є відсутність або мала ефективність мастильних матеріалів у зоні контакту [1].

Лазерне випромінювання, завдяки високій енергонасиченості, можливості точного дозування введення енергії в оброблюваний матеріал, дозволяє здійснювати локальне високошвидкісне нагрівання, створювати на поверхні деталей ділянки зі специфічними структурами, які мають високу дисперсність, містять метастабільні фази, перенасичені тверді розчини. Такі структури мають високу твердість, яка в 1,5-2 рази перевищує твердість, яку можна досягти при використанні традиційних способів термічної обробки, схильність до самоорганізації в умовах тертя [4]. Останньому сприяє факт перерозподілу, у твердій фазі, ряду легуючих елементів: одних, наприклад вуглецю, – до поверхні, інших, важких, – навпаки у глибину [5]. Треба відзначити, що згаданий перерозподіл, який неодноразово спостерігався різними дослідниками при терті, імпульсних теплових, або механічних впливах [2, 4, 6], носить аномальний характер і не вписується в класичні положення сучасної теорії дифузійних процесів.

Характерним для таких структур є й те, що вони поряд з зміцнюючими фазами (мартенситом, карбідами, борідами й ін.), які мають велику твердість, містять пластичні фази, до того ж іноді у великих кількостях, до 30 % і більше [4]. Завдяки надзвичайно високій дисперсності, інтегральна твердість таких структур залишається високою і визначається в основному твердою складовою.

Всі названі особливості структур, які утворюються при лазерному опроміненні, обумовлюють їхню високу опірність зношуванню. Процес зношування відрізняється плавністю, відсутністю крихкого руйнування (виривів, сколів), формуванням на поверхнях тертя характерної текстури, орієнтованої в напрямку ковзання [7].

Додатковими резервами підвищення зносостійкості деталей є можливість за допомогою лазерної обробки спрямовано змінювати хімічний склад локальних ділянок поверхонь деталей, керувати їх розмірами й розташуванням по контактуючих поверхнях [8]. Це можна здійснювати використовуючи процеси лазерного мікролегування, наплавлення або термічного циклювання [9].

Дана робота присвячена подальшому вивченню можливості застосування технології лазерної поверхневої обробки для підвищення зносостійкості деталей важко навантажених вузлів тертя, що, як і раніш, є актуальним питанням енергетичного та сільськогосподарського машинобудування, нафто-газодобувної промисловості, авіакосмічної техніки.

Експериментальні дослідження проводилися з метою вивчення особливостей структурнофазових перетворень, які відбуваються у вуглецевих і легованих сталях при лазерному опроміненні, а також встановлення закономірностей процесу лазерного наплавлення. Зразки зі сталі 45 й 14ХНЗМА з різною вихідною структурою з розмірами 40x40x5 мм оброблялися випромінюванням CO₂ лазера на технологічному комплексі, оснащеному пристроями контролю параметрів пучка, системою дозування й подачі порошку, який

наплавляється, координатним столом, оснащеним системою ЧПК. Потужність випромінювання становила 1,2 кВт, швидкість обробки варіювалася в межах 0,5– 2 м/хв, діаметр пучку в площині фокусування змінювався в межах 2– 5 мм. Для підвищення поглинальної здатності, зразки попередньо піддавалися хімічному оксидуванню.

На частину зразків методом лазерного інжекційного газопорошкового наплавлення наносилися покриття зі сплаву на нікелевій основі ПС12НВК, сплаву на основі нержавіючої сталі 12Х18Н10Т, суміші бронзи Бр.ОСЦ10-1 зі сталлю 95Х в різних співвідношеннях. Порошок під кутом 45° за допомогою транспортуючого газу подавався в слід лазерного луча. Витрата порошку змінювалася в межах 0.1- 0,5 г/с.

Після лазерної обробки зразки, як і натурні деталі, піддавалися металографічним та діюметричним дослідженням, у ході яких вивчалися структура, мікротвердість і розмірні характеристики зон лазерного нагрівання й наплавлених шарів. Після аналізу результатів, на обраних режимах оброблялися натурні деталі (цапфи бурових шарошечних доліт і підп'ятники турбін), які піддавалися випробуванням у реальних умовах.

Для виготовлення деталей важко навантажених вузлів тертя, що працюють в агресивних середовищах, застосовують мало вуглецеві цементовані леговані сталі типу 14ХН3МА. У вихідному стані після нормалізації структура цієї сталі складається із зерен фериту, що мають неправильну форму різної орієнтації, і нерівномірно розподілених карбідів. Між зернами розташовуються невеликі ділянки перліту (рис. 1, а). Лазерне опромінення сталі в стані поставки після нормалізації, цементованої і цементованої із загартуванням ТВЧ приводить до формування в поверхневому шарі зміцнених шарів, що істотно розрізняються за структурно-фазовим складом і розподілом мікротвердості (рис. 2). Лазерна обробка сталі після нормалізації приводить до утворення двох характерних зон фазових перетворень. Безпосередньо у поверхні розташовується зона загартування із твердого розчину. Сліди її кристалічної будови виявляються тільки при багаторазовому поліруванні й травленні. Мікроструктура – аустенітно-карбідна. Карбіди мають форму дрібнопористої сітки, витягнутої в напрямку відводу тепла. У нижній частині цієї зони розташовується шар, структура якого складається з голчастого мартенситу й залишкового аустеніту. Аустеніт має вигляд трикутників, розташованих між пластинами мартенситу. Друга зона має також структуру мартенситу з аустенітом. Однак голки мартенситу стають менше. На границі з вихідним металом голчастість мартенситу майже непомітна, мають місце трооститні утворення по малюнку вихідних аустенітних зерен. Мікротвердість по глибині розподілена нерівномірно й коливається в межах 4,6 – 6 ГПа.

Лазерна обробка сталі після цементзації на режимах ($P=1200$ Вт, $d_0=5$ мм, $V=0,2-0,6$ м/хв), що викликають мікрооплавлення поверхні, сприяє утворенню у поверхні структури аморфізованого мартенситу з малою кількістю сферичних карбідних часток. Нижче розташовується шар крупноголчастого мартенситу з дрібнопористою сіткою карбідів цементитного типу, орієнтованих у напрямку відводу тепла. Мікротвердість структури коливається в межах 4,2-4,5 ГПа. При швидкостях обробки 0.8-1,6 м/хв структурно-фазові перетворення протікають у твердій фазі. Дисперсність структури підвищується, збільшується її мікротвердість до 5,1-6,5 ГПа.

Існує досить вузький діапазон швидкостей обробки (0,8-1,2 м/хв) при яких структура зміцненого шару має рівномірну по глибині й досить високу мікротвердість (7,5-9 ГПа). В інших випадках, як при низьких швидкостях (0,2-0,6 м/хв), так і при високих – (1,4-1,8 м/хв), характерним є порівняно невелика твердість у поверхні 4,5-5,5 ГПа до глибини 0,2-0,3 мм, і більша – 9-10,5 ГПа в глибині.

Аналіз отриманих результатів показав, що лазерна обробка сталі 14ХН3МА на оптимальних режимах, підданої попередньо цементзації та загартуванню ТВЧ, дозволяє сформувати в поверхні зміцнений шар глибиною до 1,3 мм, який може за своєю структурою і твердістю забезпечити необхідну несучу здатність деталям важко-навантажених вузлів тертя.

У цементованій і загартованій сталі після лазерної обробки формується мартенситно-аустенітна структура з вільними карбідами у формі глобулів (рис. 3). Нижче «білого шару» розташована зазвектоїдна загартована зона. Її мікроструктура складається з мартенситу й карбідів цементитного типу у формі сітки (рис. 1, в). Характер структури і її мікротвердість, особливо її розподіл по глибині, дуже сильно залежать від часу лазерного нагрівання.

Для забезпечення високої опірності зношуванню крім гарної несучої здатності, поверхні тертя повинні мати високі антифрикційні властивості. Для розглянутих вузлів тертя такі властивості можна істотно підвищити за рахунок застосування твердого змащення. Для його організації пропонується на одній з поверхонь тертя створювати рівномірно розміщені заглиблення, що мають у плані різну форму, але обов'язково замкнутий контур. У цих заглибленнях розміщується твердий антифрикційний матеріал (рис. 3). У процесі роботи такого вузла під дією зусилля, що навантажує, стінки заглиблень пружно деформуються й викликають зменшення їхнього об'єму. Антифрикційний матеріал, що заповнює ці замкнуті заглиблення, вичавлюється в зону контакту, заповнює мікрозазори і забезпечує, таким чином, примусове змащення.

Як антифрикційні матеріали пропонується застосовувати залежно від умов роботи вузла тертя бронзу ОЦС10-1 (високі швидкості ковзання при невеликих навантаженнях) або композит, що представляє собою бронзову матрицю ОЦС10-1 (80 %) з вкрапленнями часток сталі 95Х (20 %) [10] (більші зусилля, що навантажують, порівняно невисокі швидкості ковзання).

Для розміщення в заглибленнях даних антифрикційних матеріалів доцільно застосувати лазерну газопорошкову наплавку. При цьому способом в підплавленій поверхневий шар заглиблення деталі, що переміщується за певним законом, у слід променя струменем транспортуючого газу подається порошковий

наплавочний матеріал. Наступне шліфування припуску забезпечує необхідні розміри і якість поверхні.

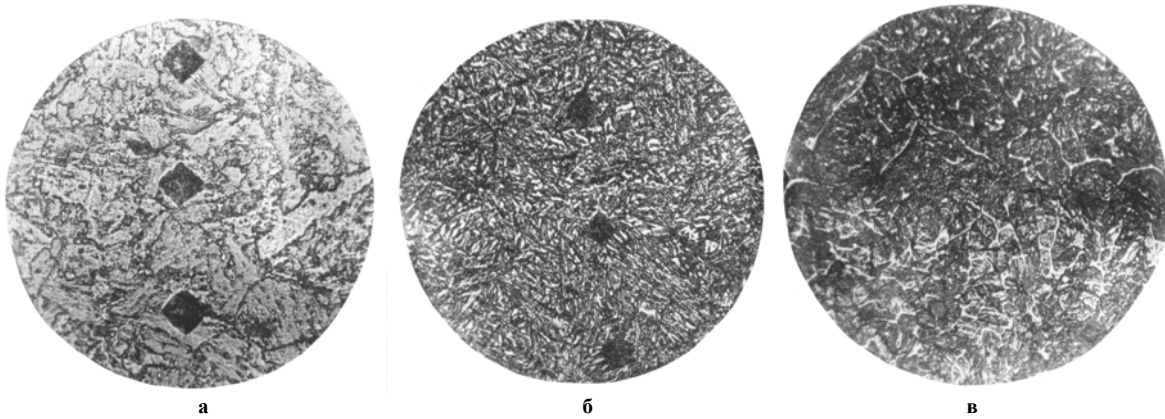


Рис. 1. Мікроструктура сталі 14ХН3МА у вихідному стані (а) x500, заевтектоїдної зони лазерного загартування (б) і перехідний від заевтектоїдної до ЗТВ (в) у попередньо цементованій і загартованій ТВЧ

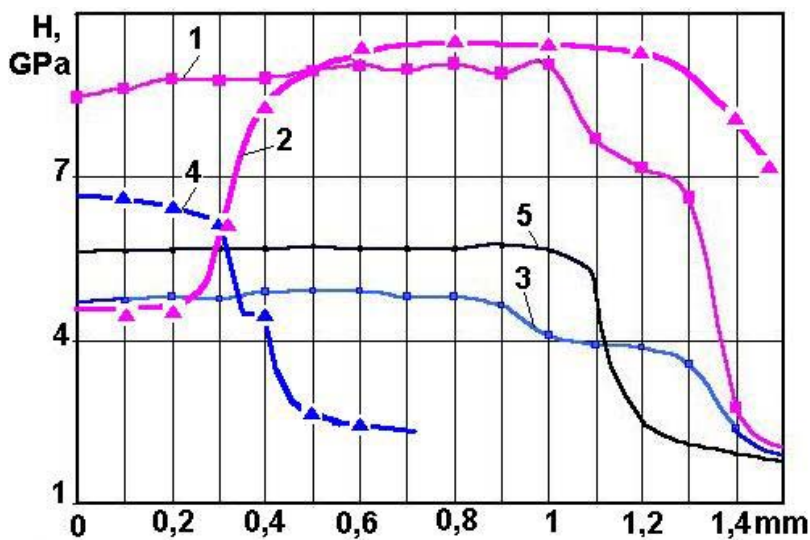


Рис. 2. Розподіл мікротвердості по глибині зони лазерного нагрівання в сталі 14ХН3МА: цементация+ загартування ТВЧ + лазерне загартування (1- $d_0=5$ мм; $V=0,8$ м/хв; 2- $d_0=5$ мм; $V=0,4$ м/хв); цементация + лазерне загартування (3 - $d_0=5$ мм; $V=0,8$ м/хв; 4 - $d_0=5$ мм; $V=1,6$ м/хв); нормалізація+лазерне загартування (5- $d_0=5$ мм; $V=0,6$ м/хв)

заглиблення з антифрикційним матеріалом

розподіл навантаження

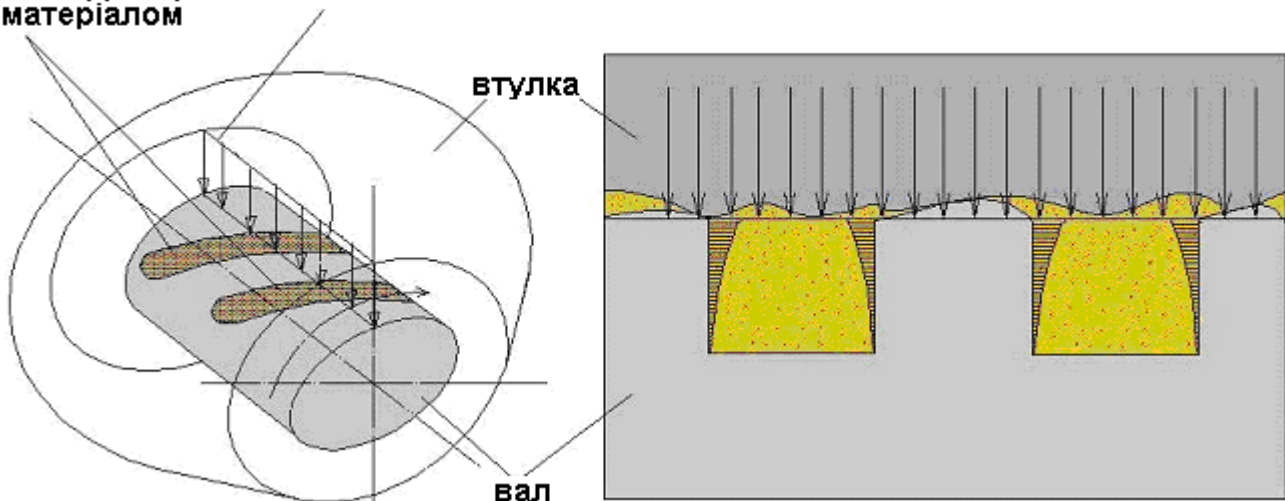


Рис. 3. Схема організації примусового твердого змащення

Перевагами запропонованого способу нанесення антифрикційних матеріалів є: висока вибірковість і продуктивність процесу, можливість організації різних композицій за рахунок застосування комплексу різних

порошкових матеріалів, висока міцність зчеплення наплавленого шару з матеріалом основи через наявність між ними металургійного зв'язку.

Застосування лазерного випромінювання для наплавлення дозволяє паралельно вирішити ще одне дуже важливе завдання – зміцнити поверхневі шари стінок і дна заглиблення за рахунок автогартування сталевій основи. У результаті цього пластичний антифрикційний матеріал буде в процесі роботи перебувати між поверхнями контактуючих деталей, які мають високу твердість.

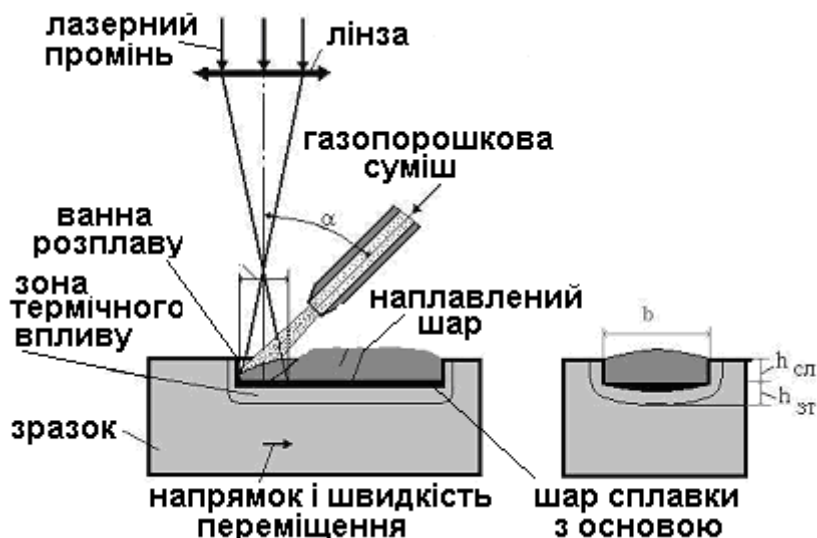


Рис. 4. Схема лазерного газопорошкового наплавлення

Вивчення процесу лазерного газопорошкового наплавлення проводилося з метою встановлення закономірностей зміни розмірів і властивостей наплавлених шарів залежно від параметрів обробки. На рис. 5 наведені залежності, що відбивають вплив швидкості обробки V , витрати порошку G і діаметра променя в площині фокусування d_0 на товщину наплавленого шару. Наведені дані були отримані при наплавленні бронзи ОЦС10-1. Бронза у вигляді порошку дисперсності 60-80 мкм подавалася під кутом 45° у слід сфокусованого випромінювання CO_2 лазера. Діаметр сфокусованого променя становив 3,5 мм, потужність випромінювання – 1,2 кВт. Глибина зони сплавки бронзи зі сталлю основи становила 30-80 мкм. Наплавлення проводилось на вуглецеву сталь (0,45 %С). На рис. 5 представлений розподіл мікротвердості по глибині наплавленого шару. Як видно з цієї залежності, безпосередньо на поверхні розташовується шар бронзи товщиною 0,4 мм, нижче – шар сплаву бронзи зі сталлю основи, про що свідчить повільно зростаюча твердість. Ще нижче спостерігається невеликий перехідний шар, який представляє собою зону загартування сталі у твердому стані, з мікротвердістю 8-8,5 ГПа. Далі – вихідна структура сталі. На рис. 7 представлені мікрофотографії, що ілюструють мікроструктуру згаданих шарів.

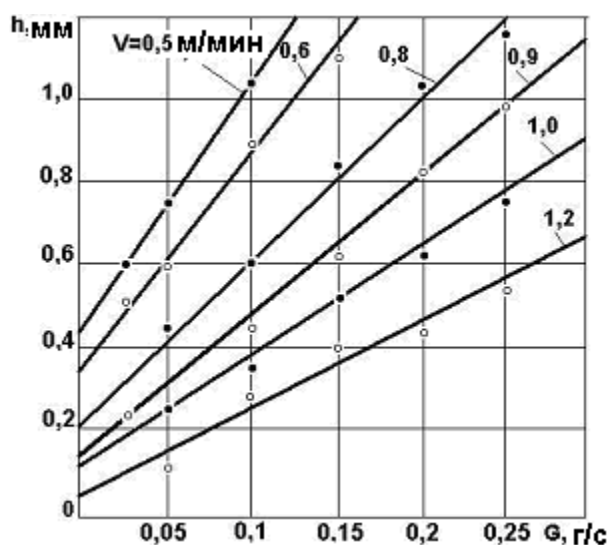


Рис. 5. Залежність товщини поверхнього шару (h), отриманого лазерним наплавленням, від швидкості (V) і витрати порошку (G)

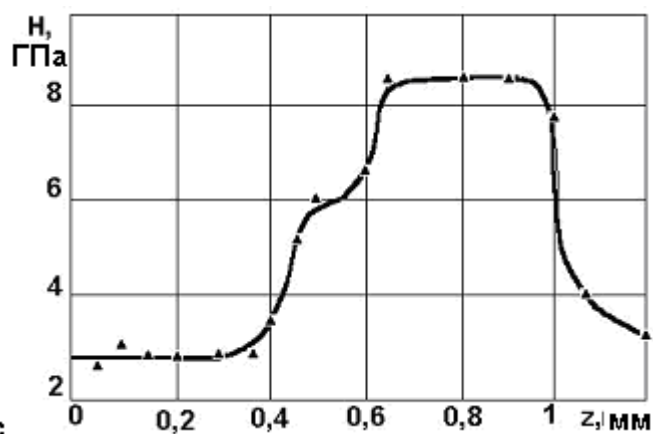


Рис. 6. Розподіл мікротвердості (H) по глибині наплавленого шару бронзи ОЦС10-1 на сталі (0,45 %С)

У процесі лазерного газопорошкового наплавлення на поверхні сталі формується шар бронзи, що заповнює спеціальне із замкнутим контуром заглиблення. На мікрофотографії, знятої безпосередньо з поверхні

шліфа, (рис. 7, а) видні частки порошку бронзи, що не розплавилася і вкрилися у закристалізований розплав, який у нижчих шарах має досить однорідну структуру (рис. 7,б). Шар бронзи міцно тримається, завдяки наявності шару сплаву її зі сталлю. Структура перехідного шару наведена на рис. 7, в. Під зоною розплаву основи розташовується зона термічного впливу, у частині якої температура нагрівання була вище точки A_{c3} . Це обумовило протікання процесу аустенізації й наступне утворення внаслідок автогартування високодисперсної мартенситної структури з високою мікротвердістю (рис. 7, г).

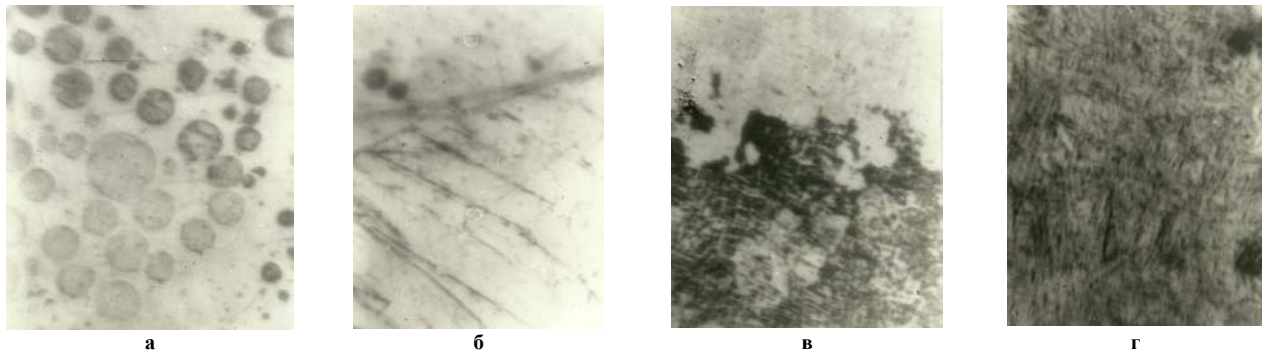


Рис. 7. Мікроструктури різних зон наплавленого шару бронзи на сталь: а-на поверхні, б- під поверхнею, в-перехідний шар, г-зона загартування сталі

При бурінні свердловин для нафтогазодобувної промисловості, розвідування корисних копалин широко застосовуються спеціальні долота, які є інструментом, що руйнує гірську породу й формує її стовбур (рис. 8). Він являє собою корпус, що складається із трьох кронштейнів, які з'єднані між собою зваркою. На цапфах кронштейнів, утворюючи підшипник ковзання, розміщені три шарошки (сталеві диски зі вставками із твердого сплаву). Кронштейни й диски виготовляються зі сталі 14ХНЗМА. З метою підвищення зносостійкості її цементують і піддають загартуванню з нагріванням струмами високої частоти. Долото є основним елементом технологічного встаткування, що лімітує продуктивність і собівартість буріння. Це пов'язано з низькою його довговічністю, що обумовлено екстремальними умовами роботи вузла тертя ковзання (високі питомі тиски, дія агресивної абразивовміщуючої рідини, яка подається під великим тиском) практично у відсутності змащення.

Цапфи кронштейнів, попередньо цементовані й загартовані ТВЧ, піддавалися лазерному зміцненню на оптимальних режимах. На цапфах окремої частини кронштейнів виготовлялися спеціальні поглиблення, які методом лазерного газопорошкового наплавлення заповнювалися бронзою зі сталлю (рис. 8, б).

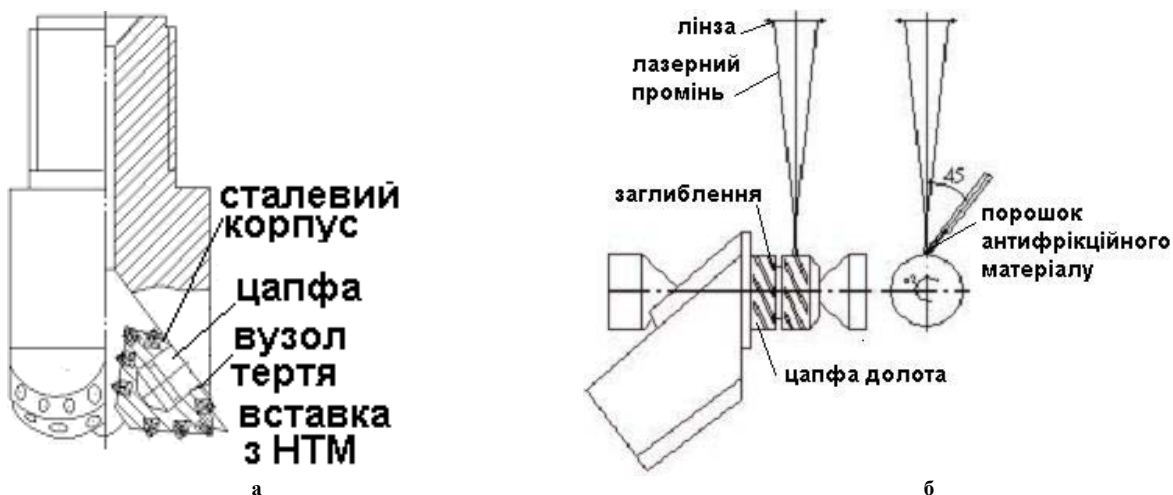


Рис. 8. Бурове долото (а) і схема лазерного газопорошкового наплавлення антифрикційного матеріалу (б)

Після наплавлення цапфи кронштейнів шліфувалися для додавання необхідних розмірів і шорсткості поверхні. На цапфи зміцнених і наплавлених кронштейнів установлювалися диски зі вставками. Кронштейни з дисками збиралися і зварювалися утворюючи в такий спосіб долото. Стандартні долота й виготовлені по новим технологіям із застосуванням процесу електроіскрового легування та лазерного зміцнення проходили випробування. У табл. 1 наведені результати випробувань. Як видно з наведених результатів, застосування лазерного зміцнення найбільше ефективно. Воно дозволяє підвищити зносостійкість бурових доліт, збільшити проходку на одне долото на 30-60 %. Можна чекати, що розширення бази випробувань, оптимізація форми і схем розташування зон з антифрикційним матеріалом дозволить поліпшити отриманий результат, знизити трудомісткість і вартість буріння.

Нанесення бронзових антифрикційних покриттів апробувалось на підп'ятниках турбіни системи турбонаддуву дизельного двигуна великовантажного автомобіля.

Результати випробувань доліт, зміцнених різними способами

Характеристика породи	Тип долота	Випробувано доліт, шт	Пробурено, м	Проходка на долото, м	% до бази порівняння
Граніти IX-Хкатегорія	Серійні	11	132,5	12,0	100
	Електроіскрове зміцнення	10	133,4	13,3	110,8
	Лазерна обробка	10	146,5	14,7	122,5
Альбініти Х категорія	Серійні	10	84,9	8,5	100
	Електроіскрове зміцнення	10	110,3	11,0	129,4
	Лазерна обробка	10	134,9	13,5	158,7

На торцевих поверхнях підп'ятника, з вуглецевої сталі (0,45 %С), виготовлялися концентричні кільцеві канавки, які за допомогою лазерного газопорошкового наплавлення заповнювалися бронзою ОЦС10-1.

Після наплавлення торцеві поверхні підп'ятників проточувалися в розмір, наносилися спеціальні мастило утримуючі пази.

Стенові випробування підп'ятників, виготовлені за новою технологією із застосуванням лазерного наплавлення, виявили двохкратне збільшення зносостійкості при одночасному зниженні собівартості виробу.

Висновок

1. Лазерне зміцнення маловуглецевих легованих сталей типу 14ХНЗМА доцільно проводити після цементації й загартування ТВЧ. При цьому глибина зміцненого шару становить 1-1,3 мм, мікротвердість – 7,5-9 ГПа.

2. Лазерне зміцнення деталей важко навантажених вузлів тертя типу цапф бурових доліт забезпечує підвищення ресурсу роботи інструменту на 30-60 %.

3. Лазерне наплавлення антифрикційних матеріалів типу бронза на сталеві деталі сприяють формуванню під пластичним покриттям шару загартованої сталі з високою мікротвердістю 8-8,5 ГПа.

4. Запропонований спосіб примусового твердого змащення, що включає виготовлення на контактуючій поверхні спеціальних поглиблень із замкнутим контуром й їхнє заповнення антифрикційним матеріалом із бронзи з домішками сталі за допомогою лазерного наплавлення, є ефективним засобом підвищення ресурсу роботи важконавантажених вузлів тертя.

Література

1. Дроздов Ю.Н., Павлов В.Г., Пучков В.Н. Трение и износ в экстремальных условиях. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
2. Інженерія поверхні / Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнєцов В.Д., Корж В.М. – К.: Наукова думка, 2007. – 558 с.
3. Костецький Б. И. Трение, смазка и износ в машинах. К.: Техника, 1970. – 395 с.
4. Laser Surface Hardening and Electric-Spark Surface Hardening of Materials / V.S. Kovalenko, A.D. Verkhoturov, L.F. Golovko, I.A. Podchernyaeva. New York, Plenum Publishing Corporation, 1986. – 274 p.
5. Влияние лазерного воздействия на распределение легирующих элементов в поверхностном слое изделий из железоуглеродистых сплавов / Найдек В.Л., Семенцев А.М., Перелома В.А., Лихошва В.П. Нетрадиционные и лазерные технологии. АЛТ'92. – М: ФИРАН, 1992. – С. 118-120.
6. Герцикен Д.С., Мазанко В.Ф., Фальченко В.М. Импульсная обработка и массоперенос в металлах при низких температурах. – Киев; Наук. думка, 1991- 208 с.
7. Kovalenko V.S., Golovko L.F. Laser hardening of chrome steels. The industrial laser handbook. Springer-Verlag New York Inc., 1992, p.121-122.
8. Зносостійкість евтектических покриттів, оброблених лазером / Коваленко В.С., Головка Л.Ф., Микуляк О.В. й ін.. Електронна обробка матеріалів. – 1984. – С.33-36.
9. Коваленко В.С., Головка Л.Ф., Киндрачук М.В. Лазерное термоциклирование износостойких поверхностных слоев // Лазерные технологии-95, V международная конференция, Шатура, 1995. – С. 17-18.
10. Дослідження теплових процесів і структури поверхневого шару при лазерному наплавленні порошкових матеріалів /В.А. Перелома, А.Д.Подольцев, В.П. Лихошва, А.П. Шатрава. Київ, НАН України, Інститут електродинаміки, 1998. – 47с.

Надійшла 4.11.2008 р.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОВОРОТНОГО КОМПЕНСАТОРА ПОГРЕШНОСТЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛЗУНА

Надано загальний огляд проблематики підвищення ефективності роботи штампувального устаткування за допомогою застосування компенсуючих пружних елементів у системі прес– штамп. На основі аналітичного розгляду умов роботи універсального пружного поворотного компенсатору похибок напрямку повзуна пресу отримані функціональні залежності, що покладені в основу математичної моделі для розрахунків коефіцієнту перекриття перфорованих пластин компенсатора залежно від розмірів отворів та кута повороту.

Условия реализации технологических нагрузок на прессах и физический износ штамповочного оборудования обуславливают возникновение погрешностей в траектории движения их исполнительных механизмов [1], что отрицательно сказывается на стойкости инструмента, качестве штампованных изделий и точности реза на разделительных операциях. Изношенный рабочий инструмент, направляющие прессы и штампа при работе с перекосами ползуна становятся наиболее уязвимыми элементами, которые подвержены поломкам, вызывая при этом простои производства для осуществления ремонтных мероприятий.

Повышение стойкости деформирующего прессового инструмента зачастую заключается в разработке методик рационального проектирования штампов и рабочих матриц [2], различных способов упрочнения и восстановления изнашиваемых элементов [3, 4], причем последнее направлено на ликвидацию проявившихся эксплуатационных последствий.

Перекосы, возникающие в системе прес– штамп, могут быть частично или полностью аннигилированы путем внедрения дополнительных конструктивных компенсирующих элементов, из которых наиболее перспективными и положительно зарекомендовавшими себя при эксплуатации являются компенсаторы на основе упругих (чаще всего полиуретановых) элементов.

Известна конструкция компенсатора погрешностей неперпендикулярности оси отверстия под хвостовик к опорной поверхности стола прессы [5], позволяющая исключить изгиб и интенсивный износ направляющих колонок и втулок штампов, а так же упростить и удешевить устройство по сравнению с плавающим хвостовиком по ГОСТ 16719-71 [2], который обладает громоздкой конструкцией и сложной кинематикой. Наибольшее распространение получили устройства, рассчитанные на определенное фиксированное технологическое усилие, например, компенсаторы погрешностей направления ползуна прессы в виде упругой пластины, повторяющей форму опорной плоскости верхней плиты штампа [6 – 9]. Данные конструкции выполняются с переменной жесткостью за счет наличия отверстий, располагающихся с различным шагом в каждом направлении. Эффективность таких компенсаторов обуславливается свойствами полиуретана, способного выдерживать до $7 \cdot 10^6$ циклов нагружения на сжатие. Однако, в случае изменения энергосиловых параметров технологических процессов, такой компенсатор рекомендуется заменять другим, с соответствующим значением жесткости.

Данная проблема решена путем разработки универсального компенсатора погрешностей системы прес– штамп (рис. 1) в соответствии с источником [10]. Основой устройства служит составной предварительно напряженный упругий элемент, выполненный в виде двух круглых пластин из полиуретана с отверстиями, причем одна из пластин имеет возможность перемещаться поворотом относительно другой, что позволяет менять площадь опорной поверхности и приводит к возможности регулирования жесткостью компенсатора. Отношение площадей перекрытия к общей площади отверстий может быть выражено коэффициентом перекрытия, который варьируется, расширяя диапазон технологических операций. Положение пластин относительно друг друга фиксируется с помощью введенного в конструкцию колпачного фиксатора, который охватывает хвостовик и имеет зуб на боковой поверхности колпака.

Целью данной работы является теоретическое исследование характеристик универсального поворотного компенсатора погрешностей направления ползуна и разработка математической модели его работы, позволяющей вычислить коэффициенты перекрытия круглых отверстий пластин компенсатора.

Схема перекрытия отверстий двух упругих пластин компенсатора представлена на рис. 2. Для универсализации представления результатов задача рассматривается в общем виде, когда радиусы отверстий могут быть не одинаковыми. Согласно принятой схеме найдем расстояние между центрами отверстий пластин компенсатора по теореме косинусов:

$$d = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2 - 2\rho_1\rho_2 \cos \varphi} . \quad (1)$$

При этом очевидно, что

$$d \leq r_1 + r_2 . \quad (2)$$

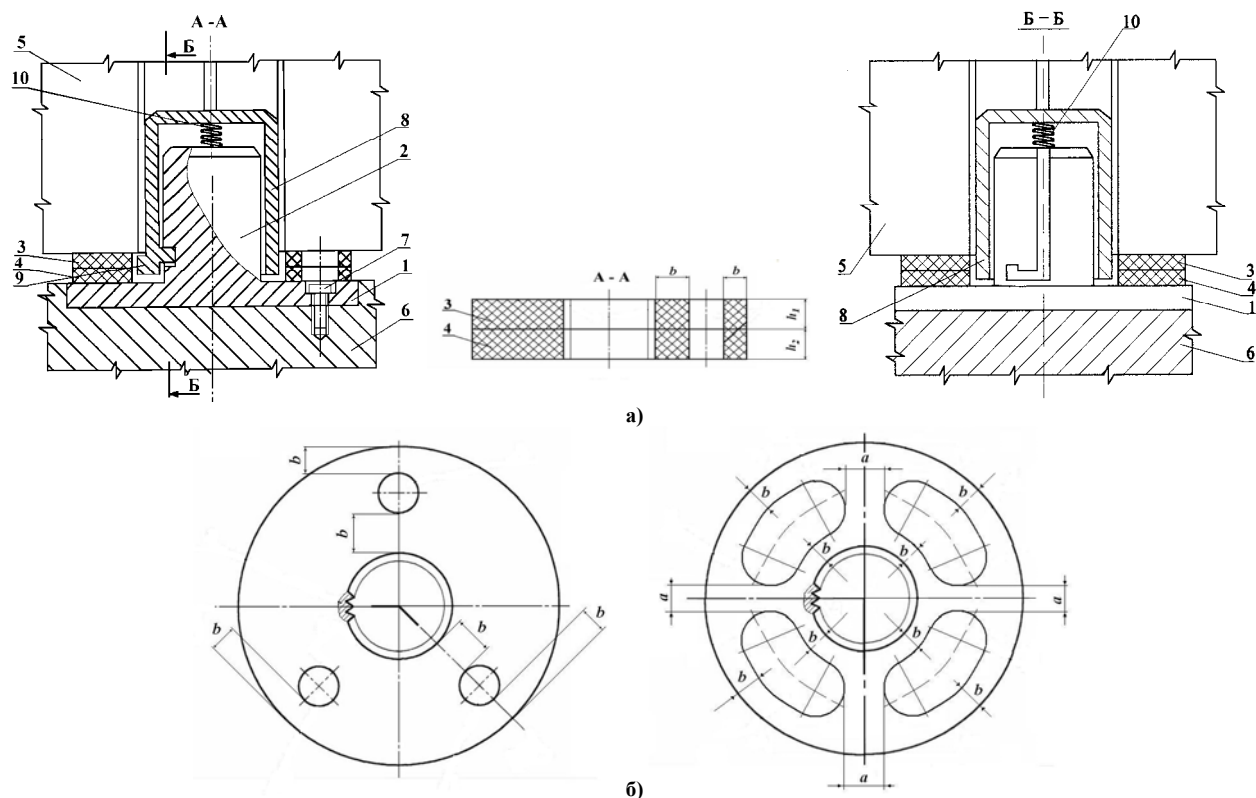


Рис. 1. Универсальный компенсатор погрешностей направления ползуна (а) и варианты исполнения упругих пластин с отверстиями различной формы (б): 1 – хвостовик; 2 – фланец хвостовика; 3 и 4 – нижняя и верхняя упругие пластины компенсатора с отверстиями; 5 – ползун прессы; 6 – верхняя плита штампа; 7 – крепление хвостовика и верхней плиты штампа; 8 – колпак; 9 – зуб колпака для фиксации повернутой упругой пластины; 10 – пружина; h_1 и h_2 – толщины верхней и нижней упругих пластин соответственно; a и b – расстояния между отверстиями и внутренними и внешними стенками компенсатора

Введем относительные величины ω , ω_1 и ω_2 :

$$\omega = \frac{r_2}{r_1}, \quad \omega_1 = \frac{\rho_1}{r_1}, \quad \omega_2 = \frac{\rho_2}{r_2}. \quad (3)$$

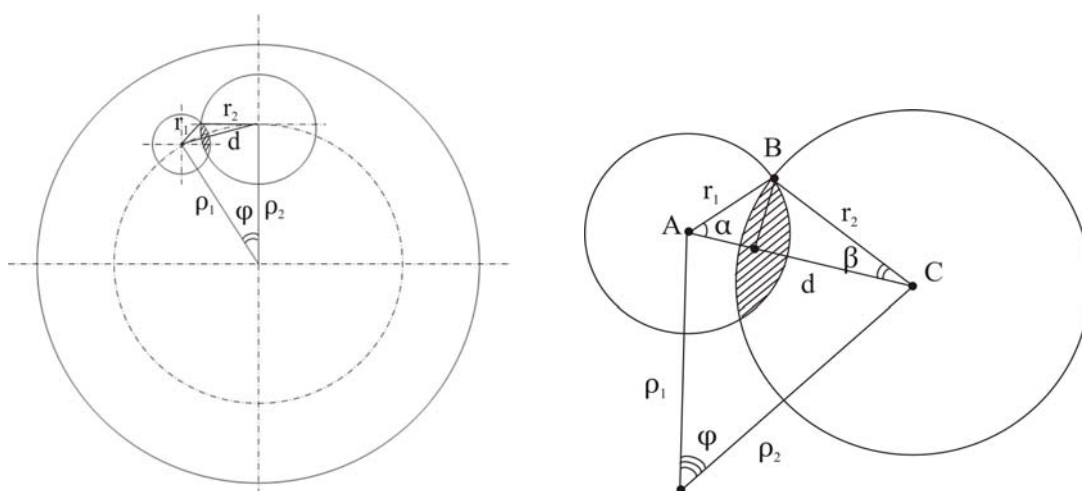


Рис. 2. Расчетная схема перекрытия отверстий пластин универсального компенсатора погрешностей направления ползуна: r_1 – радиус отверстия верхней пластины; r_2 – радиус отверстия нижней пластины; d – расстояние между центрами отверстий пластин компенсатора; ρ_1 – расстояние от оси вращения до центра отверстия верхней пластины; ρ_2 – расстояние от оси вращения до центра отверстия нижней пластины; φ – угол между лучами, идущими из общего начала в центры отверстий пластин; α и β – углы треугольника ABC

Обозначим углы α и β , приведенные на рис. 2. Тогда:

$$\begin{cases} r_1 \cos \alpha + r_2 \cos \beta = d, \\ r_1 \sin \alpha = r_2 \sin \beta. \end{cases} \quad (4)$$

Принимая $\alpha = \arcsin A$, получаем решение системы уравнений в виде неявно заданной функции вида $\varphi = \varphi(A)$:

$$\sqrt{1-A^2} + \sqrt{\omega^2 - A^2} = \sqrt{\omega_1^2 + \omega^2 \omega_2^2 - 2\omega_1 \omega \omega_2 \cos \varphi}. \quad (5)$$

При этом, если выполняется неравенство:

$$\sqrt{\omega_1^2 + \omega^2 \omega_2^2 - 2\omega_1 \omega \omega_2 \cos \varphi} \leq 1 + \omega, \quad (6)$$

то имеем:

$$\frac{1}{2} \sin 2\beta = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\omega^2 - A^2}}{\omega^2}. \quad (7)$$

На основании проведенных выкладок составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \bar{y} = \sqrt{\omega_1^2 + \omega^2 \omega_2^2 - 2\omega_1 \omega \omega_2 \cos \varphi}, \\ y = \sqrt{1-A^2} + \sqrt{\omega^2 - A^2}. \end{cases} \quad (8)$$

Решая систему (8), получаем формулу для вычисления коэффициента перекрытия $K_{пер}$ по отношению к меньшему отверстию упругой пластины универсального компенсатора погрешностей направления ползуна:

$$K_{пер} = \frac{1}{\pi} \left(\arcsin A - \frac{1}{2} A \sqrt{1-A^2} \right) + \frac{\omega^2}{\pi} \left(\arcsin \frac{A}{\omega} - \frac{1}{2} \frac{A \sqrt{\omega^2 - A^2}}{\omega^2} \right). \quad (9)$$

Полученные функциональные зависимости положены в основу математической модели, позволяющей рассчитывать коэффициент перекрытия $K_{пер}$ и площадь перекрытия (F) пластин универсального двухслойного компенсатора на основе выражения:

$$F = P / [q(\varepsilon) \cdot K_{пер}], \quad (10)$$

где P – усилие технологической операции; $q(\varepsilon)$ – функция изменения давления упругого элемента при сжатии.

Выводы. Проведен теоретический анализ работы универсального двухслойного компенсатора погрешностей направления ползуна, на основе которого получено аналитическое выражение для определения коэффициента перекрытия отверстий круглых упругих пластин компенсатора. Перспективой развития исследований в данном направлении является разработка программного модуля на основе настоящей математической модели и исследование на их основе свойств и параметрических соотношений упругих компенсаторов, а также экспериментальные исследования зависимостей жесткости упругого компенсатора от значений коэффициентов перекрытия и особенностей формы упругих пластин.

Литература

1. Диамантопуло К.К. Компенсация несоосности системы «пресс-штамп» изношенного штамповочного оборудования / К.К. Диамантопуло, В.В. Кухарь, А.И. Евтеев // *Металлургические процессы и оборудование*. – № 2. – июнь 2005 г. – С.31-34.
2. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496с.
3. Кассов В.Д. Оптимизация восстановления деталей металлообрабатывающего оборудования / В.Д. Кассов // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Зб.наук.пр.* – Краматорськ: ДДМА, 2000. – № 10. – С.54-57.
4. Огородніков В.А. Відновлення деталей машин методом пластичної формозміни / В.А. Огородніков, В.Ф. Сердюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 1996. – № 3. – С. 58-62.
5. Пат. 537 А Україна, МКВ³ В 21 В 23/00. Компенсатор похибок повзуна пресу / К.К. Діамантопуло, І.О. Засоба (Україна); Приазовський державний технічний університет (Україна). – № 99120873/25-12; Заявл. 21.12.1999; Опубл. 15.09.2000, Бюл.№ 4. – 3с.: іл.
6. Диамантопуло К.К. Компенсатор погрешностей направления ползуна прессов / К.К. Диамантопуло, В.Е. Гримани // *Защита металлургических машин от поломок: Сб. научн. тр.* – Вып.3. – Мариуполь, 1998. – С.168-173.
7. Диамантопуло К.К. Полиуретановый компенсатор погрешностей направления ползуна прессов открытого типа / К.К. Диамантопуло, В.Е. Гримани, В.В. Кухарь // *Общегородская научно-практическая конф. «Университет и город»*: Тез. доклад. – Секц.1. – Мариуполь, 2000. – С.24-25.
8. Пат. 11782 Україна, МПК⁶ В21В 23/00. Компенсатор похибок напряму переміщення повзуна преса /

К.К. Діамантопуло, В.В. Кухар, Д.В. Єрмолов (Україна); Приазовський державний технічний університет (Україна). – u200505677; Заявл. 13.06.2005; Опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1. – 4с.: іл.

9. Пат. 837 А Україна, МПК⁶ В21В 23/00. Компенсатор похибок / К.К. Діамантопуло, О.В. Василевський (Україна); Приазовський державний технічний університет (Україна). – № 2001056784; Заявл. 12.05.2001; Опубл. 14.11.2001, Бюл. № 11. – 3с.: іл.

10. Висновок про видачу деклараційного патенту № 14287/1 від 07.10.08 Україна, МПК (2006) В30В 15/28; В21В 23/00. Універсальний компенсатор похибок напрямку повзуна / В.В. Кухар, О.Ю. Балалаєва, В.С. Макєєв (Україна); Приазовський державний технічний університет (Україна). – № 200806854; Заявл. 19.05.2008.

Надійшла 5.11.2008р.

УДК 628.1

Є.Ф. ЛІСЦИН, С.Й. ШАМАНСЬКИЙ, С.І. ШУЛЬГІН
Вінницький національний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ДІАМЕТРА ВАЛА ШНЕКОВОГО НАСОСА З РОТОРОМ-КОРПУСОМ

В статті на підставі розрахунків запропоновано оптимальний діаметр вала шнекового насоса нової конструкції, при якому об'єм секції між двома сусідніми лопатками шнека є максимальним. Показано, що нова конструкція насоса дозволяє не враховувати міцнісні показники вала і зменшити його діаметр до оптимального. Це забезпечує збільшення подачі насоса і тим самим збільшення його повного ККД.

Вступ

Для піднімання рідин, особливо забруднених, на невелику висоту (до 8÷10 метрів) шнекові насоси мають багато переваг у порівнянні з іншими конструкціями, наприклад з відцентровими насосами. Серед таких переваг можна відзначити наступні: робота без створення надлишкових напорів, стійка робота при перекачуванні рідин, що містять великі механічні домішки (забруднення), саморегулювання (величина подачі насоса відповідає надходженню рідини у приймальний резервуар), збереження майже постійного ККД в широкому діапазоні витрат, відсутність напірних трубопроводів, невеликі швидкості руху рідини через робочий простір насоса, що дає можливість йому працювати без виникнення кавітаційних явищ та без суттєвого абразивного зносу робочих частин при перекачуванні рідин з дрібними твердими включеннями.

Ці переваги створюють насосу гарні перспективи застосування, наприклад для перекачування стічних вод на насосних станціях каналізації та каналізаційних очисних спорудах, для перекачування зворотного активного мулу, для використання як багерних насосів, що відводять шлам від котельних установок з рідким золошлаковидаленням, які працюють на твердому паливі тощо. Разом з тим традиційна конструкція шнекового насоса має ряд недоліків, які стримують їх широке впровадження у народне господарство нашої країни. Це, перш за все, низький ККД через наявність витоків рідини, що перекачується, через зазори між шнеком та корпусом, а також необхідність дуже ретельного монтажу шнека у корпусі з жорстким дотриманням величини зазору та постійного контролю за збереженням цього зазору під час експлуатації. Ці недоліки значною мірою усунуто в новій конструкції шнекового насоса з ротором-корпусом, запропонованій у [1].

Деякі передумови оптимізації конструктивних параметрів шнекового насоса з ротором-корпусом

Особливість нової конструкції шнекового насоса полягає у тому, що замість шнека, маточина якого встановлюється на двох підшипникових опорах, і який обертається в нерухомому циліндричному корпусі, вводиться ротор-корпус. Він являє собою шнек з гелікоїдальними спіральними лопатками, який знаходиться всередині циліндричного корпусу. Лопатки з'єднані з корпусом жорстко без зазорів і утворюють з ним одне ціле. Ротор-корпус має одну осю підшипникову опору, а також одну чи кілька пар радіальних опорних катків. Така конструкція виключає багато недоліків притаманних традиційному шнековому насосу. Завдяки відсутності зазорів між шнеком та корпусом повний ККД насоса зростає у 1,4 ÷ 1,8 разів і досягає 80 % [1]. Необхідність постійного контролю за роботою традиційної конструкції шнекового насоса обумовлюється тим, що під час експлуатації в реальних умовах шнек може зміщуватись відносно корпусу чи навіть деформуватись (наприклад при попаданні у зазор твердих механічних забруднень). Ці зміщення та деформації можуть призводити до збільшення зазору чи до його зменшення та навіть повного зникнення. При збільшенні зазору падає ККД насоса через збільшення витоків. При зникненні зазору так само падає ККД через появу тертя між шнеком та корпусом. Крім того через невелику жорсткість конструкції шнек, маючи лише дві опори, може провисати. Це провисання призводить до наступного: або при забезпеченні малого зазору на краях шнека в середній його частині зазор зникає і з'являється тертя, або ж для забезпечення хоча б мінімального зазору в середній частині шнека на краях цей зазор доводиться значно збільшувати. Для боротьби з цим намагаються збільшити жорсткість шнека. Це роблять переважно двома шляхами. Збільшують число заходів шнека (на сьогодні виготовляють шнеки з числом заходів від 3 до 5), що збільшує витрати металу. Збільшують діаметр маточини шнека, що теж призводить до збільшення витрати металу, а також до зменшення ємності кожної

секції насоса, а отже до зменшення його подачі. В роботі [2] зазначається, що з точки зору подачі, оптимальне співвідношення між діаметром шнека та діаметром маточини лежить у межах $0,3 \div 0,35$. Проте з міркувань підвищення жорсткості та міцності конструкції сьогодні шнеки виготовляють зі співвідношенням діаметрів $0,5$.

Нова конструкція насоса завдяки наявності у шнека зовнішнього циліндричного корпусу має набагато більшу жорсткість. Це дозволяє не враховувати міцнісні показники і виготовляти ротор-корпус лише з врахуванням досягнення насосом максимальних робочих характеристик (максимальної подачі).

Метою цієї роботи є знаходження оптимального співвідношення між діаметром корпусу та діаметром внутрішнього вала, яке забезпечить максимальну ємність однієї секції і, як наслідок, максимальну величину подачі насоса з ротором-корпусом.

Розрахунок оптимального діаметра вала шнекового насоса

Розглянемо ротор-корпус у горизонтальному положенні (рисунок 1). Якщо немає жорстких вимог до рівномірності подачі рідини, то немає потреби виконувати шнек багатозаходним. Для економії металу його можна виконати однозаходним. Ротор-корпус, що складається з внутрішнього вала діаметром d , гелікоїдальних лопаток шнека та зовнішнього циліндричного корпусу діаметром D , захоплює рідину у простір секції між лопатками і переміщує її в осьовому напрямку.

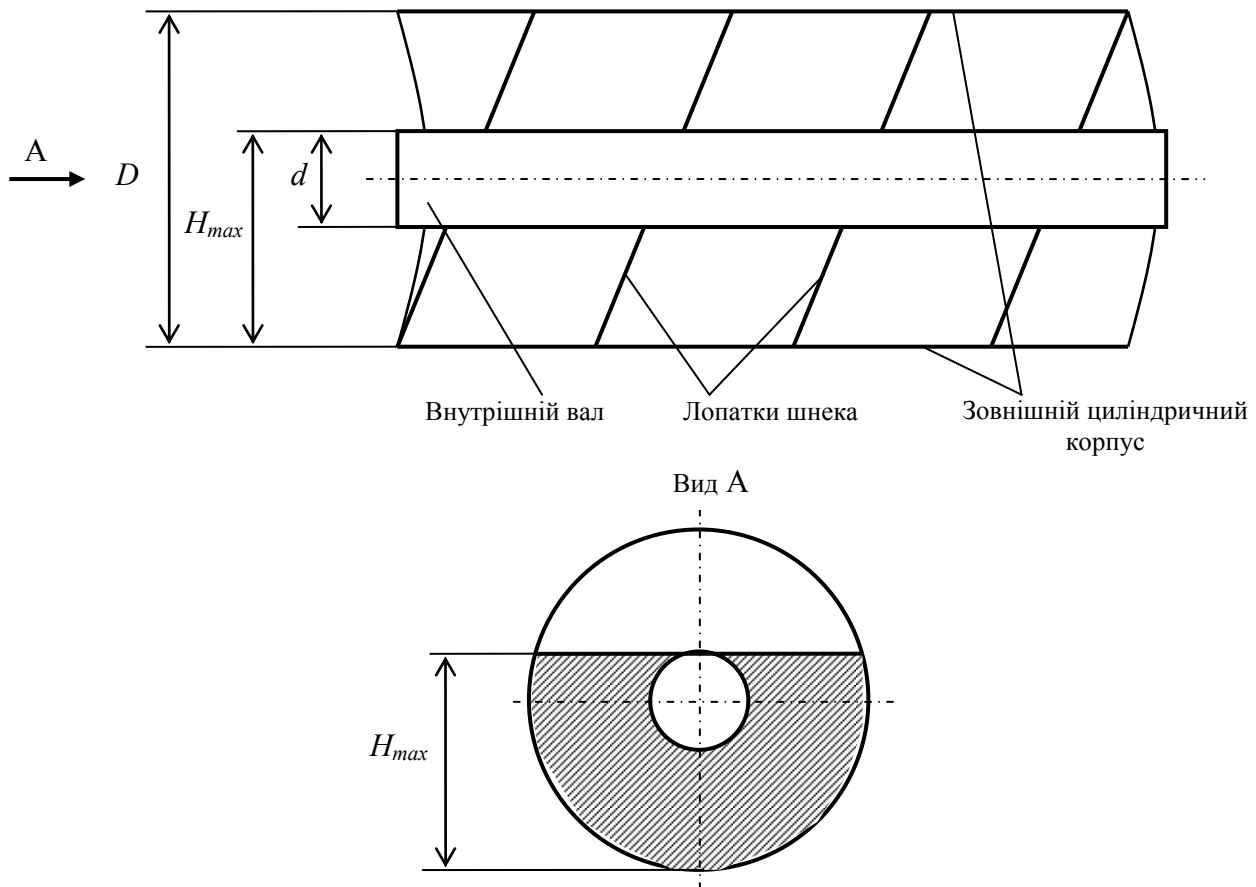


Рис. 1. Розрахункова схема ротора-корпуса

Теоретична подача $Q_{теор.}$ такого насоса при постійній частоті обертання залежить від ємності однієї секції і визначається формулою [1]

$$Q_{теор.} = W_{max} \cdot a \cdot n, \quad (1)$$

де W_{max} – максимальна ємність однієї секції, тобто її ємність при максимальному заповненні,
 a , n – число заходів шнека та частота його обертання.

Максимальна ємність секції досягається коли рівень рідини у ній доходить до верхнього краю внутрішнього вала H_{max} . При піднятті рівня вище відбувається перетікання рідини між секціями. Максимальну ємність секції при горизонтальному розташуванні ротора-корпуса можна знайти як

$$W_{max} = F_{max} \cdot C, \quad (2)$$

де F_{max} – площа змоченої поверхні лопатки секції,
 C – відстань між лопатками.

Для однозаходного шнека відстань між лопатками дорівнює кроку гвинта гелікоїди. Потрібно

відзначити, що зі збільшенням діаметра внутрішнього вала d при незмінному діаметрі корпусу D (тобто зі збільшенням співвідношення d/D) рівень рідини при максимальному заповненні H_{\max} буде зростати, завдяки чому зростатиме ємність секції. Проте при занадто великих значеннях цього співвідношення поперечний переріз внутрішнього вала витіснить занадто велику частину змоченої площі лопатки. Очевидно існує співвідношення d/D , при якому площа змоченої поверхні лопатки F_{\max} є максимальною, а отже максимальною є і ємність секції W_{\max} . Знайдемо це співвідношення.

Максимальну площу змоченої частини лопатки можна знайти за формулою [1]

$$F_{\max} = \frac{D^2}{8} \cdot \left[2\pi - 2 \arccos \left(\frac{2H_{\max}}{D} - 1 \right) \right] + \frac{D^2}{8} \sin \left[2 \arccos \left(\frac{2H_{\max}}{D} - 1 \right) \right] - \frac{\pi \cdot d^2}{4}. \quad (3)$$

З геометричних міркувань (див. рис. 1) можна записати

$$H_{\max} = \frac{D + d}{2}. \quad (4)$$

З врахуванням цього співвідношення формула (3) набуває вигляду

$$F_{\max} = \frac{D^2}{8} \cdot \left[2\pi - 2 \arccos \left(\frac{D + d}{D} - 1 \right) \right] + \frac{D^2}{8} \sin \left[2 \arccos \left(\frac{D + d}{D} - 1 \right) \right] - \frac{\pi \cdot d^2}{4}. \quad (5)$$

Після деяких спрощень отримаємо

$$F_{\max} = \frac{D^2}{8} \cdot \left[2\pi - 2 \arccos \frac{d}{D} \right] + \frac{D^2}{8} \sin \left[2 \arccos \frac{d}{D} \right] - \frac{\pi \cdot d^2}{4}. \quad (6)$$

Очевидно, що задача оптимізації співвідношення d/D полягає у знаходженні максимуму функції (6).

Рівняння (6) є функцією як співвідношення d/D , так і окремо діаметрів внутрішнього вала та зовнішнього корпусу. Для перетворення цього рівняння у функцію тільки від співвідношення d/D розділимо його праву та ліву частини на D^2 . Маємо

$$\frac{F_{\max}}{D^2} = \frac{D^2}{8 \cdot D^2} \cdot \left[2\pi - 2 \arccos \frac{d}{D} + \sin 2 \arccos \frac{d}{D} \right] - \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot D^2}. \quad (7)$$

Для подальшого розгляду введемо такі позначення

$$\Psi = \frac{F_{\max}}{D^2}, \quad x = \frac{d}{D}. \quad (8)$$

Тоді рівняння (7) можна записати у вигляді

$$\Psi = \frac{1}{8} \cdot \left[2\pi - 2 \arccos x + \sin 2 \arccos x \right] - \frac{\pi}{4} x^2. \quad (9)$$

Очевидно сформульована раніше задача оптимізації рівносильна знаходженню максимуму функції (9). Скористаємося теоремою Ферма. Для цього знайдемо похідну від функції (9)

$$\frac{d\Psi}{dx} = \frac{1 - \cos 2 \arccos x}{4\sqrt{1-x^2}} - \frac{\pi}{2} x \quad (10)$$

і прирівняємо її до нуля

$$\frac{d\Psi}{dx} = 0, \quad \text{або} \quad \frac{1 - \cos 2 \arccos x}{4\sqrt{1-x^2}} - \frac{\pi}{2} x = 0. \quad (11)$$

Для розв'язання рівняння (11) скористаємося методом простої ітерації [3]. Для цього запишемо рівняння у вигляді

$$x = \frac{2 \cdot (1 - \cos 2 \arccos x)}{4\pi \cdot \sqrt{1-x^2}}. \quad (12)$$

За початкове (нульове) наближення приймемо $x_0 = 0,5$. Перша ітерація дає

$$x_1 = \frac{2 \cdot (1 - \cos 2 \arccos 0,5)}{4\pi \cdot \sqrt{1-0,5^2}} = 0,2756.$$

Після четвертої ітерації маємо $x_4 = 0,3034$ з точністю до третього знака після коми. Третім та

подальшими знаками після коми можна у даному випадку знехтувати. Таким чином можна стверджувати, що оптимальним співвідношенням діаметра внутрішнього вала та зовнішнього корпусу у шнекового насоса з ротором-корпусом, яке забезпечує максимальну ємність однієї секції, а отже і максимальну подачу, є $d/D = 0,3$.

Висновки

В статті розглянуто головні переваги шнекового насоса з ротором-корпусом. Показано, що завдяки значному збільшенню жорсткості ротора-корпуса у порівнянні з традиційним шнеком відпадає необхідність завищувати діаметр внутрішнього вала. Зменшення його діаметра приводить не тільки до економії матеріалу виготовлення, але і до збільшення ємності однієї секції насоса, а отже і до збільшення його подачі. Однак занадто малий діаметр внутрішнього вала також зменшує ємність однієї секції насоса. Користуючись чисельними методами знайдено та рекомендовано для використання при проектуванні таких насосів оптимальне співвідношення між діаметром внутрішнього вала та зовнішнього корпусу, яке складає 0,3.

Література

1. Лісцин Є. Ф., Шаманський С. Й., Іванов А. О. Шнековий насос з високим об'ємним ККД // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 4. – С. 110-115.
2. Применение шнековых насосов для канализационных сооружений. Раздел: Основные параметры шнековых насосов на основании испытаний экспериментального образца (стенда). Научный отчет № 6171623 – М.: Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения и очистки воды, Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1970. – 35 с.
3. Лященко М. Я., Головань М. С. Чисельні методи: Підручник. – К.: Либідь, 1996. – 228 с.

Надійшла 4.11.2008 р.

УДК 504.064.4: 621.18

Д.В. СТЕПАНОВ, С.Й. ТКАЧЕНКО, Л.А. БОДНАР
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ З ВРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Дана загальна характеристика відомих вітчизняних і закордонних методів оцінки екологічної ефективності обладнання з точки зору його життєвого циклу. Виділено методи для оцінки життєвого циклу водогрійного котла малої потужності.

Теплогенерувальне обладнання малої потужності на твердому і газоподібному паливі широко застосовують для опалення квартир і будинків. Проблемаю виробництва теплової енергії як водогрійними котлами малої потужності, так і підприємствами комунальної теплоенергетики є забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами.

Під час спалювання газоподібного палива в навколишнє середовище викидаються продукти згорання: вуглекислий газ (CO_2), водяна пара (H_2O); незгоріле паливо: чадний газ (CO), водень (H_2), незгорілі вуглеводи (C_mH_n) і екологічно шкідливі нормовані забруднювачі: оксиди азоту (NO_2), поліциклічні ароматичні вуглеводи (ПАВ). Український ГОСТ [1] регламентує допустимі концентрації забруднюючих речовин в димових газах водогрійних котлів малої потужності лише для NO_x і CO .

За даними міжнародного комітету по вивченню зміни клімату (IPPC) [2] між 1970 і 2004 роками загальні викиди CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC_s , PFC , SF_6 , виражені в потенціалі глобального потепління (GWP), збільшились на 70 % (на 24 % за період від 1990 р до 2004 р.), з 28,7 до 49 Гтон еквіваленту двоокису вуглецю ($\text{GtCO}_2\text{-eq}$). Більша частина цих викидів припадає на енергопостачальний сектор. На період з 1970 до 2004 року викиди від виробництва енергії збільшились на 145 %. Зростання прямих викидів від транспорту за цей період зросло на 120 %, промисловості – 60 %, використання та зміни землі, лісів – 40 %.

Енергетичні показники теплогенерувального обладнання напряму пов'язані з екологічними, оскільки висока енергоефективність призводить до зменшення витрат палива на виробництво енергії, а звідси – до зменшення споживання кисню з атмосфери, викидання двоокису вуглецю CO_2 , NO_x та шкідливих речовин в навколишнє середовище.

На сьогоднішній день в Україні для оцінки інженерних рішень на практиці широко застосовується техніко-економічний аналіз, який полягає у визначенні мінімальних приведених затрат [3]. Згідно з цим методом перевага тому чи іншому виду обладнання надається з точки зору його найменшої вартості при однаковому енергетичному ефекті (н– д при однаковому відпуску теплової енергії). В наш час, коли проблема забруднення навколишнього середовища стоїть дуже гостро, потрібно звертати увагу не тільки на економічний ефект, а й на екологічні аспекти використання теплотехнічного обладнання. В Україні є відповідні центри сертифікації теплотехнічної продукції, де проводиться аналіз ефективності як з енергетичної, так і з екологічної

точок зору. Але не враховуються шкідливі викиди протягом життєвого циклу виробу. Тому метою даної роботи є аналіз відомих методів оцінки антропогенного навантаження на навколишнє середовище під час життєвого циклу, що можуть бути використані для оцінки ефективності теплогенерувального обладнання.

Протягом останніх 20 років за кордоном з'явилась тенденція оцінювати екологічну ефективність певної продукції чи системи на повному життєвому циклі (life cycle assessment – LCA) [4, 5]. LCA – визнаний міжнародний підхід для визначення екологічних переваг матеріалів, виробів чи процесів, викладений в системі стандартів ISO14000.

Розроблений на основі цих стандартів метод включає оцінку всіх етапів існування виробу (отримання сировини, його первинну обробку, виготовлення виробу, транспортні операції, використання за призначенням, ремонт і обслуговування, демонтаж, вторинне використання матеріалів і утилізацію) з точки зору найбільш важливих аспектів дії на навколишнє середовище (дія на організм людини, виникнення кислотних дощів, забруднення атмосфери і води, дія на озоновий шар, виснаження запасів викопних палив, затрати енергії).

В європейських країнах прийняті стандарти серії ISO регламентують оцінку антропогенного навантаження на природу на повному життєвому циклі обладнання (ISO 14040, 1997. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework; ISO 14041, 1998. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definitions and Inventory Analysis; ISO 14042, 2000. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment) [6]. В Україні система стандартів оцінки життєвого циклу продукції та послуг відсутня. Є лише декілька аналогів відповідним міжнародним стандартам [7-9]. LCA по визначенню SETAC [4, 10]: це “процес оцінки екологічного впливу, що асоціюється з продуктом, процесом чи діяльністю, шляхом встановлення і кількісного визначення енергії і матеріалів, що використовуються і відходів в навколишнє середовище, а також оцінка можливості виконання екологічного покращення певного продукту, процесу чи діяльності”. Окрім енергетичного аналізу, метод передбачає оцінку впливу різних матеріалів на навколишнє середовище. Досить важко знайти кількісні показники, тому на сьогоднішній день підраховують виділення парникових газів (CO₂), викидів токсичних речовин в атмосферу і воду, кількості твердих відходів. Інші показники оцінюються якісними методами.

Стадії оцінки впливу життєвого циклу виробу включають [4]: визначення масштабу і діапазону досліджень (опис продукту, процесу чи діяльності, визначення кордону досліджуваної системи), інвентаризація даних, за допомогою якої визначаються екологічні навантаження, пов'язані із системою (встановлення кількості енергії, води і ресурсів використаних в процесі і викидів в навколишнє середовище), аналіз впливу (оцінка впливу викидів в навколишнє середовище) і інтерпретація (оцінка результатів аналізу інвентаризації і аналізу та вибору чи надання переваги продукту, процесу чи сервісу з точки зору найменшого його впливу на навколишнє середовище). На рис. 1 представлені стадії оцінки впливу життєвого циклу котла на навколишнє середовище.



Рис. 1. Стадії життєвого циклу котла

В нашій країні немає єдиної універсальної методики по визначенню екологічної ефективності обладнання на повному життєвому циклі. Відомі окремі роботи по визначенню екологічної ефективності використання біоенергетичного палива [11, 12]. В [13] запропоновано безрозмірний термoeкономічний критерій E_{Σ}^* , який являє собою відношення сумарної вартості всіх видів продукції і ефектів за певний час (від виробництва та реалізації високоякісних органічних добрив, від економії палива за рахунок одержаного біогазу, застереження забруднень біосфери, від економії води за рахунок повторного використання її на технологічні потреби тощо) до всіх видів витрат в ексергетичних (а якщо це потрібно і в грошових) одиницях. Недоліком цього методу є те, що він не враховує викиди в навколишнє середовище протягом життєвого циклу обладнання.

На державному рівні розроблена галузева методика розрахунку шкідливих викидів, які надходять від

теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики України [14]. Методика встановлює порядок визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу від комунальних котельних побутового сектора та окремих котлів при спалюванні природного газу вхідною тепловою потужністю менше 50МВт. Недоліком даної методики є те, що вона призначена лише для котлів великої потужності, які працюють на природному газі. Крім того, викиди розраховуються лише в період експлуатації котла, а життєвий цикл не береться до уваги.

Українськими вченими розроблена також методика розрахунку еквівалентної емісії парникових газів (ПЕЕПГ) в технологічних процесах виробництва будь-якої продукції [15, 16], а також визначення для неї ПЕЕПГ на життєвому циклі. Але, як стверджують автори методики, в Україні відсутня систематизована база даних по енергоємності продукції, починаючи з видобутку сировини, по енергоємності конструкційних матеріалів даної продукції, а також по нормах еквівалентної емісії парникових газів при виробництві різної сировини, матеріалів, тому задача розрахунку ПЕЕПГ за даною методикою дещо ускладнена. За кордоном для оцінки техногенного навантаження на природу під час життєвого циклу певного продукту широко застосовують методи “Eco – indicator 95” (Ei– 95) та “Eco– ndicator 99” [17,18]. Це методи розроблені по Dutch NOH програмі сумісного проекту з Philips Consumer Electronics, NedCar, Oce Copiers, Schuurink, CML Leiden, TU – Delft, IVAM – ER [17]. В методі Ei– 95 застосовується 9 категорій впливу на навколишнє середовище: вичерпання озонового шару, важкі метали, канцерогенні речовини, літній смог, зимовий смог, пестициди, парниковий ефект, окислення, еутрифікація [18]. Даний метод знайшов застосування в [10].

Метод Ei– 99 є подальшою розробкою методу Ei– 95 з суттєвими доповненнями. Стандарти методу Ei – 99 можуть бути використані для:

- матеріалів (показчики для процесів виробництва базуються на величині 1 кг);
- процесів виробництва (обробка і виготовлення матеріалів, н– д 1м² листової сталі);
- процесів транспортування;
- процесів утворення енергії (теплової і електричної);
- процесів утилізації.

В методі Eco – indicator 99 (Ei– 99) використовується 3 категорії впливу життєвого циклу виробу:

1. Вплив на людське здоров'я (під цією категорією розуміють наслідки, що виникають від зміни клімату, виснаження озонового шару, наявності канцерогенів, іонізуючого випромінювання, дихання забрудненим повітрям).

2. Вплив на якість екосистеми (під цією категорією в методі включені ефекти: забруднення екосистеми, окислення, еутрифікація і використання земель).

3. Вичерпання запасів мінералів і викопних палив (категорія, що визначає додаткову енергію, необхідну в майбутньому для видобутку мінералів і викопних палив більш низької якості, вичерпання сільськогосподарських і основної частини таких ресурсів як каміння, гравій розглядається під терміном використання землі). Для оцінки впливу ЖЦВ в методі Ei– 99 використовується безрозмірна величина Eco–indicator point (Pt), що обчислюється шляхом поділу загального навантаження на навколишнє середовище на кількість мешканців Європи і множенням на 1000 (приведення до масштабу). Застосування методу Ei– 99 для оцінки впливу життєвого циклу водогрійних котлів на навколишнє середовище, представлено на рис. 2.

Метод є ефективним для оцінки стадій життєвого циклу водогрійного котла малої потужності, оскільки він дозволяє оцінити не лише викиди в атмосферу під час роботи котла, а й вплив на людське здоров'я, вплив на якість екосистеми, вичерпання запасів мінералів і викопних палив.

У 2003 році [19] організації SETAC і UNEP запропонували поєднати всі типи впливу життєвого циклу через 14 підкатегорій (отруєння людей, респіраторний ефект, іонізуюча радіація, вичерпання озонового шару, фотохімічне окислення, забруднення землі токсичними речовинами, окислення землі, окислення води, еутрифікація води, використання земель, глобальне потепління, невідновлювальні джерела енергії, видобуток мінералів) в 4 категорії: небезпека людському здоров'ю, загроза якості екосистеми, зміна клімату, вичерпання ресурсів. Новий метод отримав назву “ІМПАСТ 2002+”. В його основі покладені категорії впливу з методів Ei– 99, CML2000 [20] і IPCC [21]. Дані методи закладені в основу програмного забезпечення SimaPro 7 [22], яке застосовують для оцінки впливу життєвого циклу виробу більше ніж в 50 – и країнах світу. Використання цих методів для прямого розрахунку ускладнене, оскільки розробники методів в офіційних звітах не наводять розрахункових залежностей, крім того інтегрують відповідні бази даних у програмні продукти.

На сьогоднішній день відомо близько 25 програмних продуктів [4], що використовуються для оцінки і аналізу впливу життєвого циклу (або його складових) певного виробу на навколишнє середовище. Деякі програми створені у вигляді баз даних і доступні для вільного використання (н– д Gemis [23]), інші доступні у вигляді демо-версій (н– д SimaProDemo7.0). Для користування основною частиною програм необхідні ліцензійні угоди з розробниками.

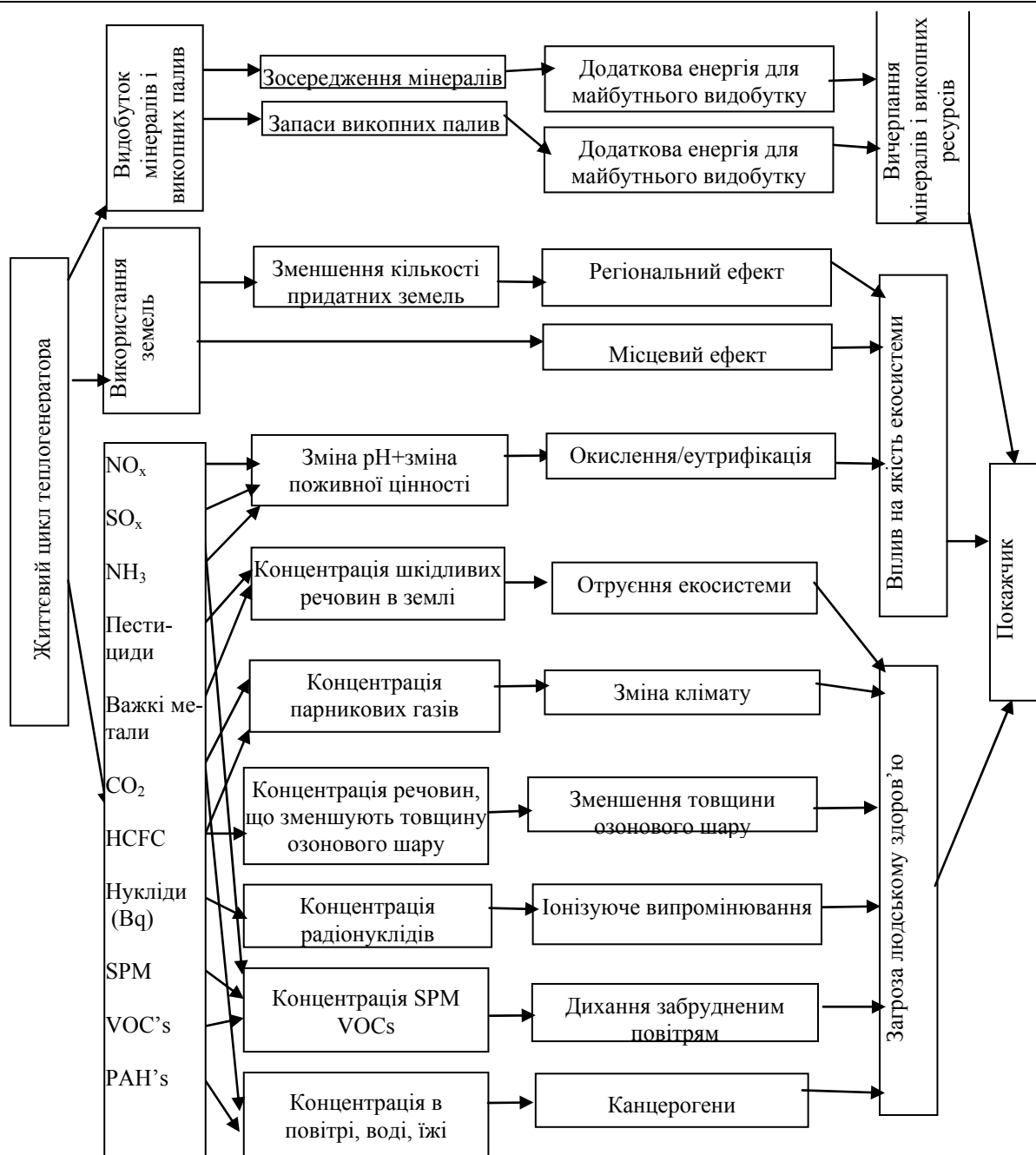


Рис. 2. Категорії впливу життєвого циклу котла згідно з методом Eco – indicator 99

Висновки

Відомі методи оцінки ефективності теплотехнічного обладнання враховують окремі аспекти роботи обладнання: екологічну, енергетичну ефективність, вартість. На сьогоднішній день, коли проблема забруднення навколишнього середовища стоїть дуже гостро, необхідно звертати увагу і на ефективність технологій стадій виробництва обладнання, тобто оцінювати певний виріб з позицій повного життєвого циклу: починаючи від видобутку корисних копалин і закінчуючи утилізацією. За кордоном існують методи для оцінки антропогенного навантаження виробу під час життєвого циклу, розроблені відповідні стандарти серії ISO 14000 та програмні продукти. В Україні немає єдиної універсальної методики по визначенню екологічної ефективності обладнання на повному життєвому циклі. Національні стандарти, що відповідають міжнародним аналогам в оцінці життєвого циклу продукції та послуг лише розробляються, а програмних продуктів в цьому напрямку, наскільки нам відомо, немає. Авторами проаналізовано відомі методи оцінки ЖЦ виробу. Виявлено, що ефективним методом для оцінки стадій життєвого циклу водогрійного котла малої потужності є Ei- 99, оскільки він дозволяє оцінити не лише викиди в атмосферу під час роботи котла, а й вплив на людське здоров'я, вплив на якість екосистеми, вичерпання запасів мінералів і викопних палив.

Література

1. ДСТУ 2326 (ГОСТ 10548 – 93). Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100кВт.

2. IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernment on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK. Режим доступу: www.ipcc.ch.
3. Мезенцев А.П. Основы расчета мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1984. – 120с.
4. Life cycle assessment: principles and practice. EPA600/R – 06/060. May 2006/ National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, Ohio, USA. <http://www.epa.gov/NRMRL/Access/pdfs/600r06060.pdf>
5. Ayat E.Osman, Robert Ries. Optimization for cogeneration systems in buildings based on life cycle assessment. ITcon Vol.11 (2006). Osman and Ries, pg.269 – 284. Режим доступу до журналу: <http://itcon.org/2006/20/>
6. <http://www.iso.org>
7. ДСТУ ISO 14040: 2004. Екологічне керування; Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040: 1997, IDT) / В. Лозанський (пер.і наук. – техн.ред.). – Офіц. вид – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – IV, 10 с. – (Національний стандарт України).
8. ДСТУ ISO 14041: 2004. Екологічне керування; Оцінювання життєвого циклу. Визначання цілі і сфери застосування та аналізування інвентаризації (ISO 14041: 1999, IDT) / В. Лозанський (пер.і наук. – техн.ред.), В. Мироненко (пер.і наук. – техн. ред.). – Офіц. вид. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – IV, 20 с. – (Національний стандарт України).
9. ДСТУ ISO/TR 14049: 2004. Екологічне керування; Оцінювання життєвого циклу приклади використання ISO 14041 для визначання мети і сфери застосування та аналізування інвентаризації (ISO/TR 14049: 2000, IDT) / В. Лозанський (пер. і наук. – техн. ред.). – Офіц. вид. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – IV, 38 с. – (Національний стандарт України).
10. Шестопалов К.А. Теплотехнические характеристики полимерных солнечных коллекторов для систем теплоснабжения: Дис. канд. техн. наук: 05.14.06/ Одес. гос. академия холода – 2005г – 212с.
11. Ю.В. Куріс., Д.В. Степанов, С.Й. Ткаченко, Р.Г. Хейфец Розробка методики визначення емісії парникових газів при отриманні та використанні біоенергетичного палива. – К.: Енергетика та електрифікація. – 2007. – № 4. – С.57 – 63.
12. Ю.В. Куріс., Д.В. Степанов., С.Й. Ткаченко, Р.Г. Хейфец. Емісія парникових газів в процесі спалювання біогазу. – К.: Енергетика та електрифікація. – 2007. – № 5. – С.33 – 38.
13. Ткаченко С.Й., Коновалов С.В., Ларюшкин Е.П. Маловитратні режими біоконверсії. – Вінниця: Вісник ВПІ. 2000. – № 2. – С.36 – 40.
14. Галузева методика розрахунку шкідливих викидів, які надходять від теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики України // Міністерство будівництва, архітектури та житлово– комунального господарства України. Наказ № 67 від 16.03.2006. Режим доступу до закону: <http://uazakon.com/document/fpart24/idxx24031.htm>.
15. Железный В.П., Быковец Н.П., Хлиева О.Я. Методика расчета эквивалентной эмиссии парниковых газов в промышленности // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 5. – С.34 – 42.
16. Биковец Н.П. Методика розрахунку еквівалентної емісії парникових газів у промисловості (нові індикатори для еколого– енергетичного аудиту та менеджменту) / Автореф. дис. ... канд. техн.наук: 05.14.06 / Одеська. держ. академія холоду. – 2006. – 20с.
17. The Eco – indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report. 22 June 2001. Third edition. Mark Goedkoop, Renilde Spriensma. Режим доступу: <http://www.pre.nl>.
18. Eco– indicator 95. Manual for designers. Режим доступу: <http://www.pre.nl>
19. IMPACT 2002+: A new Life Cycle Impact Assessment methodology. International journal of LCA 8 (6) p.324 – 330 (2003). O.Jolliet, M.Margni, R. Charles. Режим доступу до журналу: <http://www.epfl.ch/impact>.
20. <http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/projects/lca2/index.html>
21. Intergovernmental Panel on Climate Change. Режим доступу www.ipcc.ch.
22. <http://www.pre.nl/simapro.html>
23. <http://www.oeko.de/service/gemis/en/index.html>

Надійшла 7.11.2008 р.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ
ЧАСТЬ I**

Розглянуто питання застосування лазерного випромінювання для безконтактного нагрівання окремих об'єктів біотканин, розташованих як на поверхні, так і всередині організмів, керованого по рівню температури та координаті знаходження її максимуму відносно опромінюваної поверхні. Наведені результати розв'язку двохвимірної рівняння теплопровідності, що описує взаємодію випромінювання YAG: Nd лазера з біосередовищем, з використанням адаптивного алгоритму, який дозволяє в процесі розв'язання задачі аналізувати поведінку шуканої функції та будувати змінну нерівномірну різнищеву сітку.

Локальний нагрів серед органічного походження як їх поверхневих шарів, так і об'ємів різної форми, розташованих всередині організмів, регульований по рівню температури та розташуванню її максимуму відносно поверхні, представляє значущий інтерес для різних областей медицини. Лазерне випромінювання, маючи можливість строго дозованого безконтактного введення енергії в локальні області об'єктів, принципово дозволяє вирішити вищеприведену задачу. Для цього необхідно знання закономірностей процесу взаємодії лазерного випромінювання з органічними середовищами, в тому числі і об'єктами живої природи, біологічними тканинами.

Предметом даного дослідження є теплові процеси, що протікають при лазерній гіпертермії біологічних тканин в діапазоні температур 37-60°C, їх математичне моделювання, оцінка можливостей управління рівнем температур та законом їх розподілу.

Процес лазерного нагріву біологічних тканин є багаточинним і визначається параметрами лазерного випромінювання (довжина хвилі, потужність або енергія), відповідно для неперервного та імпульсного режиму роботи лазера, часом експозиції, розподілом інтенсивності випромінювання по об'єкту поверхні та її площаді, властивостями біологічної тканини (коефіцієнтами поглинання та розсіювання, будовою тканини та її оптичною анізотропією, теплофізичними властивостями), умовами випромінювання (температурою примусового охолодження об'єкту поверхні, наявністю кровотоку та його витратою).

Ефективним способом встановлення зв'язків між основними параметрами процесу нагріву біосеред (визначення та розподілом температур в часі та просторі, швидкостями нагріву, охолодження) та вищеприведеними факторами є математичне моделювання. Точність моделювання в значущій мірі визначається вибраною моделлю, точністю визначення початкових даних, способом розв'язання теплової задачі.

Найбільш проблемним та важливим є питання визначення оптичних характеристик біосеред, оскільки вони визначають характер та просторовий розподіл теплового джерела. Дослідженню оптичних характеристик біологічних серед присвячено достатньо багато робіт [1, 2]. Тем не менше, в літературі наводяться їх значення, сильно розбігаючіся по величині для однотипних тканин [2, 3]. Очевидно, що така ситуація пов'язана з неідеальністю методик вимірювання оптичних характеристик тканин. Однозначно фіксується тільки той факт, що лазерне випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм найбільш ефективно проникає в біологічні тканини.

Повищенню точності математичного моделювання теплових процесів при лазерній гіпертермії біотканин присвячене нинішнє дослідження. В даній роботі розглядається удосконалена методика розв'язання теплової задачі з використанням адаптивних алгоритмів. Во II частині – оригінальний спосіб вимірювання оптичних характеристик біосеред та результати його застосування.

При лікуванні багатьох захворювань, пов'язаних, наприклад, з патологічними змінами передстатевої залози, виникає необхідність в регульованому нагріву певних внутрішніх об'ємів біотканин, близьких по формі до кругового циліндра з параметрами: зовнішній діаметр 40 мм, внутрішній діаметр 4 мм, довжина -20-25 мм. Діапазон потрібних температур нагріву лежить в межах 37- 43 °С. При цьому, температура внутрішньої об'єкту поверхні циліндра (слизистої оболонки) не повинна перевищувати нижню межу – 37 °С, а температура інших областей, що лежать глибше, – 43 °С. Для досягнення цієї мети застосовується випромінювання YAG: Nd лазера з довжиною хвилі 1,064 мкм, яке з допомогою гнучкого кварцевого світловода та спеціальних сменних аплікаторів, формують потрібне розподілення його інтенсивності, доставлялось і фокусувалось на об'єкту поверхні біотканин. Зсув піку температури вглиб здійснювалось шляхом охолодження поверхні рідиною постійної температури [1].

Для моделювання процесу розповсюдження тепла в біологічній тканині, що має форму полого циліндра (рис. 1, а), при дії лазерного випромінювання на його внутрішню поверхню можна використовувати, ввиду симетрії по координаті φ , двовимірне нестационарне рівняння теплопровідності, записане в циліндричній системі координат rOz відносно шуканої температури $U=U(r, z, t)$:

$$c\rho \frac{\partial U}{\partial t} = \lambda \left(\frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right) + W, \quad (1)$$

где c, ρ, λ – соответственно коэффициент теплоемкости ткани, ее плотность и коэффициент теплопроводности.

В модели учитываются такие факторы, как поглощение и рассеивание излучения в ткани, форма распределения интенсивности излучения, потери тепла за счёт переизлучения и конвективного динамического охлаждения. Распределение интенсивности излучения в плоскости rOz (рис. 1, б) симметрично относительно центра излучения, поэтому целесообразно поместить начало координат в эту точку и решать задачу только для $z \geq 0$.

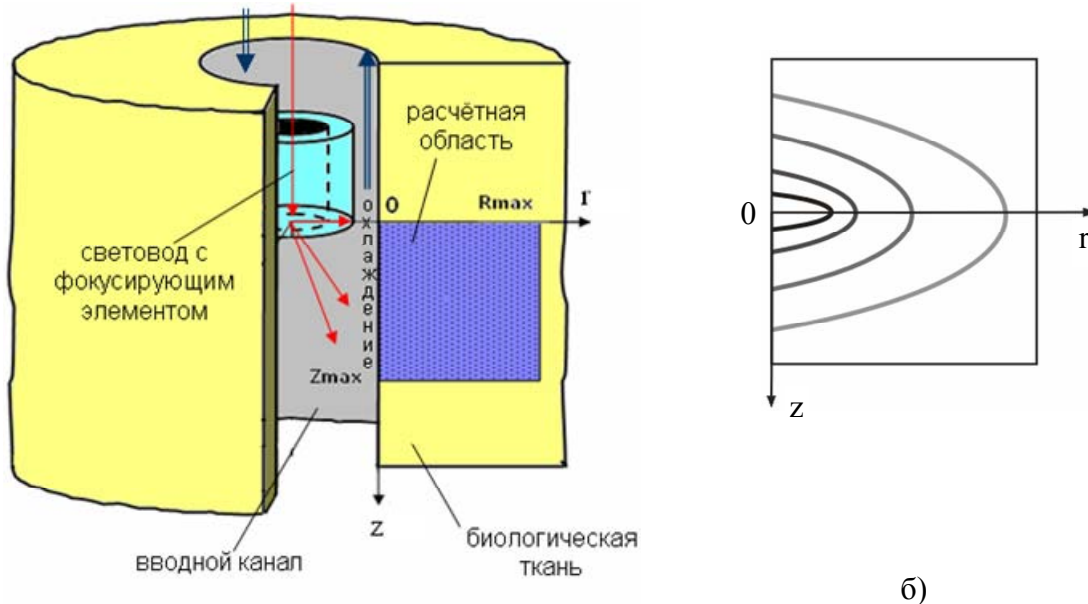


Рис. 1. Моделируемый процесс (а) и распределение интенсивности излучения внутри мышечной ткани (б)

Переменная W в (1) представляет собой суммарный объемный тепловой источник:

$$W = q_r + q_l.$$

Слагаемое q_r определяет потери энергии на поверхности за счёт переизлучения

$$q_r = \begin{cases} 0 & \text{при } r \in (0, r_{\max}], \\ \varepsilon \cdot \delta (U^4 - U_{cp}^4) & \text{при } r = 0, \end{cases}$$

где ε – излучательная способность биоткани, δ – коэффициент Стефана-Больцмана, U_{cp} – температура охлаждения.

Слагаемое q_l определяет энергию лазера, поглощенную биотканью:

$$q_l = \left(1 - \left(\frac{1-n}{1+n} \right)^2 \right) \cdot I_0 \cdot e^{-(\mu_a + \mu_s) \cdot r} \cdot e^{-(\mu_a + \mu_s) \cdot z},$$

где n – коэффициент преломления, μ_a – коэффициент поглощения излучения и μ_s – коэффициент рассеивания излучения в биоткани, I_0 – максимум интенсивности излучения.

Начальные и граничные условия (с учётом одностороннего охлаждения) для уравнения (1) имеют вид

$$\lambda \frac{\partial U}{\partial r} \Big|_{r=0} = H(U \Big|_{r=0} - U_{cp}), \quad U \Big|_{r_{\max}} = U_{нач}, \quad \frac{\partial U}{\partial z} \Big|_{z=0, z=z_{\max}} = 0, \quad U(r, z, 0) = U_{нач} \quad (2)$$

где $U_{нач}$ – начальная температура биоткани до момента облучения, H – коэффициент конвекции.

В случае нагревания в небольшом диапазоне температур тепловые (c, λ) и оптические (n, μ_a, μ_s) характеристики ткани можно принимать как постоянные величины, что существенно упрощает рассматриваемую модель. Решением задачи является функция распределения температуры внутри объема ткани в произвольный момент времени.

Метод решения. В расчётной области введём неравномерную сетку с узлами r_i ($i=0, 1, \dots, n_1$) и

шагами $h_{1,i} = r_i - r_{i-1}$ ($i=1, 2, \dots, n_1$) по координате r ; узлами z_j ($j=0, 1, \dots, n_2$) и шагами $h_{2,j} = z_j - z_{j-1}$ ($j=1, 2, \dots, n_2$) по координате z ; узлами t_k ($k=0, 1, \dots$) и переменными шагами τ по времени. Среднее арифметическое двух соседних шагов для узла (r_i, z_j) в каждом из координатных направлений обозначим через $h_{1,c}, h_{2,c}$. Применим неявную разностную схему с расщеплением по координатам r и z , при которой частные производные по пространственным переменным аппроксимируются на неизвестном временном слое с номером $(k+1)$. Пусть $u_{i,j}^{k+1}$ является приближённым значением, а $U_{i,j}^{k+1}$ – точным значением решения в точке (r_i, z_j, t_{k+1}) .

Каждый шаг метода расщепления [4], имеющего второй порядок точности по времени и пространственным переменным, реализует переход с $(k-1)$ -го временного слоя на $(k+1)$ -й и состоит из четырёх этапов:

$$\frac{u^{k-\frac{1}{2}} - u^{k-1}}{\tau} = \Lambda_2 \frac{u^{k-\frac{1}{2}} + u^{k-1}}{2} + W, \quad (3)$$

$$\frac{u^k - u^{k-\frac{1}{2}}}{\tau} = \Lambda_1 \frac{u^k + u^{k-\frac{1}{2}}}{2}, \quad (4)$$

$$\frac{u^{k+\frac{1}{2}} - u^k}{\tau} = \Lambda_1 \frac{u^{k+\frac{1}{2}} + u^k}{2}, \quad (5)$$

$$\frac{u^{k+1} - u^{k+\frac{1}{2}}}{\tau} = \Lambda_2 \frac{u^{k+1} + u^{k+\frac{1}{2}}}{2} + W, \quad (6)$$

где Λ_1, Λ_2 – разностные операторы:

$$\Lambda_1 u_{ij}^k = a \left(\frac{1}{r_i} \cdot \frac{u_{i+1,j}^k - u_{i-1,j}^k}{2h_{1,c}} + \frac{h_{1,i+1}u_{i-1,j}^k - 2h_{1,c}u_{i,j}^k + h_{1,i}u_{i+1,j}^k}{h_{1,c}h_{1,i}h_{1,i+1}} \right), \quad (7)$$

$$\Lambda_2 u_{ij}^k = a \frac{h_{2,j+1}u_{i,j-1}^k - 2h_{2,c}u_{i,j}^k + h_{2,j}u_{i,j+1}^k}{h_{2,c}h_{2,j}h_{2,j+1}}, \quad (8)$$

$a = \frac{\lambda}{c\rho}$ – коэффициент теплопроводности.

На каждом из этапов необходимо решить серию систем линейных алгебраических уравнений с трёхдиагональными матрицами относительно неизвестных u_{ij}^{k+1} .

Вначале рассмотрим более детально типы СЛАУ, порождаемые уравнениями (3-8), и методику их решения, а затем алгоритм построения адаптивной разностной сетки.

Уравнения первого этапа в индексных обозначениях имеют вид:

$$\frac{u_{i,j}^{k-\frac{1}{2}} - u_{i,j}^{k-1}}{\tau} = \frac{a}{2} \left(\frac{h_{2,j+1}u_{i,j-1}^{k-\frac{1}{2}} - 2h_{2,c}u_{i,j}^{k-\frac{1}{2}} + h_{2,j}u_{i,j+1}^{k-\frac{1}{2}}}{h_{2,c}h_{2,j}h_{2,j+1}} + \frac{h_{2,j+1}u_{i,j-1}^{k-1} - 2h_{2,c}u_{i,j}^{k-1} + h_{2,j}u_{i,j+1}^{k-1}}{h_{2,c}h_{2,j}h_{2,j+1}} \right) + W, \quad i=0, \dots, n_1, j=1, \dots, n_2-1. \quad (9)$$

Обозначим $\sigma_j = \frac{a\tau}{2h_{2,c}h_{2,j}h_{2,j+1}}$, тогда уравнения (9) приобретают вид:

$$h_{2,j+1}\sigma_j u_{i,j-1}^{k-\frac{1}{2}} + (1 + 2h_{2,c}\sigma_j) u_{i,j}^{k-\frac{1}{2}} - h_{2,j}\sigma_j u_{i,j+1}^{k-\frac{1}{2}} = (1 - 2h_{2,c}\sigma_j) u_{i,j}^{k-1} + \sigma_j (h_{2,j+1}u_{i,j-1}^{k-1} + h_{2,j}u_{i,j+1}^{k-1}) + \tau \cdot W.$$

Эти соотношения определяют систему линейных алгебраических уравнений размерностью $(n_1 + 1) \cdot (n_2 - 1)$ относительно неизвестных значений сеточной функции на временном слое $(k - \frac{1}{2})$. В каждом из уравнений фигурируют три соседних точки в направлении OZ, поэтому матрица системы имеет клеточную структуру. Каждая клетка соответствует ряду точек z_j для фиксированного i , и для неё может быть построена отдельная трёхдиагональная система из $(n_2 - 1)$ уравнений с $(n_2 + 1)$ неизвестными. Каждую из систем необходимо дополнить еще двумя уравнениями, которые соответствуют крайним условиям (2) при $z = 0$ и $z = z_{\max}$.

$$u_{i,1}^{k-\frac{1}{2}} - u_{i,0}^{k-\frac{1}{2}} = 0, \quad u_{i,n_2}^{k-\frac{1}{2}} - u_{i,n_2-1}^{k-\frac{1}{2}} = 0$$

На втором этапе схемы расщепления формируются такие разностные уравнения:

$$\frac{u_{i,j}^k - u_{i,j}^{k-\frac{1}{2}}}{\tau} = \frac{a}{2} \left(\frac{1}{r_i} \cdot \frac{u_{i+1,j}^k - u_{i-1,j}^k}{2h_{1,c}} + \frac{h_{1,i+1}u_{i-1,j}^k - 2h_{1,c}u_{i,j}^k + h_{1,i}u_{i+1,j}^k}{h_{1,c}h_{1,i}h_{1,i+1}} + \right. \\ \left. + \frac{1}{r_i} \cdot \frac{u_{i+1,j}^{k-\frac{1}{2}} - u_{i-1,j}^{k-\frac{1}{2}}}{2h_{1,c}} + \frac{h_{1,i+1}u_{i-1,j}^{k-\frac{1}{2}} - 2h_{1,c}u_{i,j}^{k-\frac{1}{2}} + h_{1,i}u_{i+1,j}^{k-\frac{1}{2}}}{h_{1,c}h_{1,i}h_{1,i+1}} \right), i=1, \dots, n_1 - 1, j=0, \dots, n_2.$$

Обозначив $\sigma_i = \frac{a\tau}{2h_{1,c}h_{1,i}h_{1,i+1}}$ и $\theta_i = \frac{a\tau}{4r_ih_{1,c}}$, уравнение можно переписать в виде:

$$(\theta_i - h_{1,i+1}\sigma_i)u_{i-1,j}^k + (1+2h_{1,c}\sigma_i)u_{i,j}^k + (-\theta_i - h_{1,i}\sigma_i)u_{i+1,j}^k = \\ = (h_{1,i+1}\sigma_i - \theta_i)u_{i-1,j}^{k-\frac{1}{2}} + (1-2h_{1,c}\sigma_i)u_{i,j}^{k-\frac{1}{2}} + (h_{1,i}\sigma_i + \theta_i)u_{i+1,j}^{k-\frac{1}{2}}.$$

Эти соотношения также образуют систему линейных алгебраических уравнений размерностью $(n_1 - 1) \cdot (n_2 + 1)$ относительно неизвестных значений сеточной функции на k -м временном слое, имеющую клеточную структуру. Каждая клетка соответствует ряду точек r_i для фиксированного j , и для неё может быть построена отдельная трёхдиагональная система с $(n_1 - 1)$ уравнениями и $(n_1 + 1)$ неизвестными. Дополним ее двумя уравнениями, соответствующими крайним условиям (2) для $r = 0$ и $r = r_{\max}$:

$$\lambda u_{i,1}^k - u_{i,0}^k (\lambda + h_{1,0}H) = U_{cp} h_{1,0}H, \quad u_{n_1,j}^k = U_{нач}$$

Системы уравнений, которые формируются на третьем и четвертом шагах схемы расщепления, отличаются от предыдущих систем только верхними индексами при переменных u и имеют вид соответственно для 3-го этапа:

$$(\theta_i - h_{1,i+1}\sigma_i)u_{i-1,j}^{k+\frac{1}{2}} + (1+2h_{1,c}\sigma_i)u_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} + (-\theta_i - h_{1,i}\sigma_i)u_{i+1,j}^{k+\frac{1}{2}} = \\ = (h_{1,i+1}\sigma_i - \theta_i)u_{i-1,j}^k + (1-2h_{1,c}\sigma_i)u_{i,j}^k + (h_{1,i}\sigma_i + \theta_i)u_{i+1,j}^k$$

с крайними условиями

$$\lambda u_{i,1}^{k+\frac{1}{2}} - u_{i,0}^{k+\frac{1}{2}} (\lambda + h_{1,0}H) = U_{cp} h_{1,0}H, \quad u_{n_1,j}^{k+\frac{1}{2}} = U_{нач}$$

и для 4-го этапа:

$$-h_{2,j+1}\sigma_j u_{i,j-1}^{k+1} + (1+2h_{2,c}\sigma_j)u_{i,j}^{k+1} - h_{2,j}\sigma_j u_{i,j+1}^{k+1} = \\ = (1-2h_{2,c}\sigma_j)u_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} + \sigma_j (h_{2,j+1}u_{i,j-1}^{k+\frac{1}{2}} + h_{2,j}u_{i,j+1}^{k+\frac{1}{2}}) + \tau \cdot W$$

с крайними условиями

$$u_{i,1}^{k+1} - u_{i,0}^{k+1} = 0, \quad u_{i,n_2}^{k+1} - u_{i,n_2-1}^{k+1} = 0$$

Для экономии машинного времени и памяти каждая из трёх диагональных систем решается

модифицированным методом Гаусса, который учитывает лишь ненулевые элементы матриц.

Методика построения адаптивной разностной сетки. Равномерная разностная сетка с мелким шагом повышает точность решения, особенно в зонах с большими градиентами искомой функции, но вместе с тем резко увеличивает размерность систем алгебраических уравнений, что приводит к чрезмерным затратам машинного времени и памяти, а также к накоплению погрешности округления. Из этого следует, что количество узлов должно удовлетворять двум основным критериям: достижению заданной точности решения и минимальным затратам системных ресурсов. Кроме того, расчётная сетка также должна реагировать на изменение положения «проблемных» зон в пространстве с течением времени.

Для данной цели самым оптимальным является использование адаптивных алгоритмов, позволяющих анализировать поведение искомой функции в процессе решения задачи, контролировать погрешность и строить переменные по времени и неравномерные по пространству разностные сетки, сгущая их в зонах с большими градиентами и разрежая в зонах с малыми.

Кратко приведём основные положения адаптивного алгоритма, использованного для решения данной задачи [5]. На каждом временном шаге для каждой точки (r_i, z_j) необходимо оценить точность полученного решения путём сравнения реальной погрешности $e_{i,j}$ с допустимой e_{don} , и на основании этого принять решение о новых значениях пространственных шагов $h_{1,i}, h_{2,j}$ в окрестности этой точки и временного шага τ . Реальную погрешность можно найти по формуле методом двойного пересчёта решения на $(k+1)$ -м ($k=1,3,\dots$) временном слое с исходными (h_1, h_2, τ) и уменьшенными вдвое шагами $(\frac{h_1}{2}, \frac{h_2}{2}, \frac{\tau}{2})$:

$$e_{i,j} = \frac{4}{3} \left| u_{\frac{h_1}{2}, \frac{h_2}{2}, \frac{\tau}{2}}^{k+1} - u_{h_1, h_2, \tau}^{k+1} \right|.$$

Если хотя бы для одного узла $e_{i,j} > e_{don}$ и текущие шаги не являются минимальными, то результаты расчёта на последнем временном шаге аннулируются, временной шаг τ уменьшается в два раза, строится новая опорная пространственная сетка, учитывающие узлы отказа. Если точность удовлетворительная (т.е. $e_{i,j} \leq e_{don}$ для любого узла), то результаты принимаются и уточняются по формуле

$$u_{i,j}^{k+1} = \frac{4}{3} u_{\frac{h_1}{2}, \frac{h_2}{2}, \frac{\tau}{2}}^{k+1} - \frac{1}{3} u_{h_1, h_2, \tau}^{k+1}.$$

После этого на основании значений реальной погрешности строится разностная сетка, учитывающая особенности искомой функции и выбирается оптимальный временной шаг τ . При этом предполагается, что вклады погрешностей по пространственным координатам и времени одинаковы.

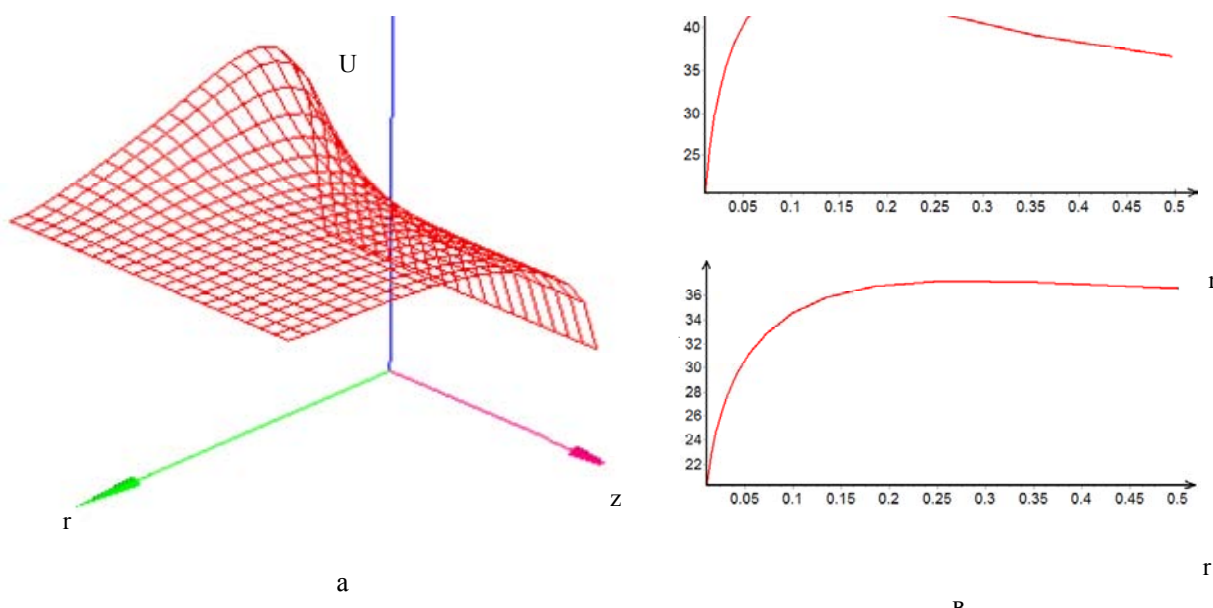


Рис. 2. График решения (а) и его срезы $z=0$ (б), $z=0,3$ (в) в момент времени $t=6с$

Результаты моделирования. На основании разработанной модели на компьютере Pentium 4, 2.8 GHz были проведены расчёты, позволившие определить значения температуры внутри исследуемого объема ткани и динамику изменения температурного поля со временем (рис. 2). Расчёты были проведены для

$\varepsilon \cdot \delta = 0,539 \cdot 10^{-7}$, $U_{cp} = 20$, $I_0 = 50$, $\mu_a + \mu_s = 9,99$, $n = 1,46$, $H = 20$, $\lambda = 0,00628$, $\rho = 0,0015$, $c = 1170$ при длительности процесса $t = 6$ с.

Увеличение температуры в начале координат r и z объясняется специфическим для биоткани распределением интенсивности лазерного излучения (рис. 1, б), зависящим от коэффициентов поглощения μ_a и рассеивания μ_s .

Было установлено, что температурный пик смещается вглубь ткани по мере снижения температуры охлаждения (рис. 3), при этом его значение в большей мере зависит от интенсивности источника излучения.

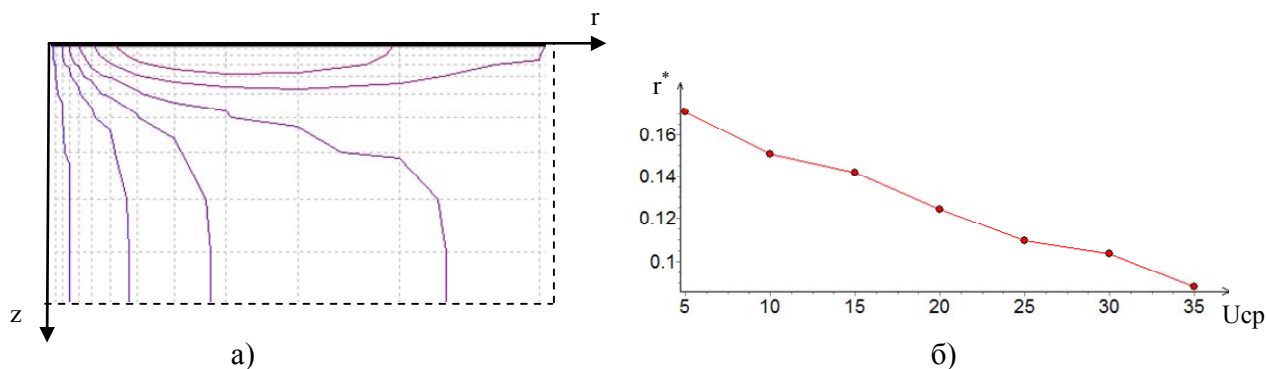


Рис. 3. Изолинии температуры (а) и зависимость глубины температурного пика от температуры охлаждения (б)

В ходе решения задачи была проведена серия расчётов с фиксированными равномерными сетками для различных значений пространственных и временных шагов (табл. 1). В качестве показателей эффективности использовалось время решения и абсолютная погрешность расчёта. Ввиду отсутствия точного аналитического решения задачи, в качестве такового было принято решение, полученное при фиксированной равномерной сетке с минимальными шагами по координатам $h_r = 0,005$, $h_z = 0,01$ и $\tau = 0,002$. Из таблицы видно, что точность решения в большей мере зависит от значений пространственных шагов и в меньшей от шага по времени.

Таблица 1

Результаты расчётов задачи с использованием фиксированных равномерных сеток

№	Временной шаг τ , с	Шаг по r , см	Узлов по r	Шаг по z , см	Узлов по z	Время расчёта, с	Абсолютная погрешность, $^{\circ}\text{C}$
1	0,002	0,005	100	0,01	100	85,6	-
2	0,002	0,01	50	0,02	50	42,5	0,8
3	0,002	0,02	25	0,04	25	33,7	2,43
4	0,005	0,005	100	0,01	100	33,8	0,09
5	0,005	0,01	50	0,02	50	18,5	0,82
6	0,005	0,02	25	0,04	25	13,9	2,54
7	0,01	0,005	100	0,01	100	18,7	0,21
8	0,01	0,01	50	0,02	50	9,7	0,85
9	0,01	0,02	25	0,04	25	6,8	2,57

Анализируя результаты расчётов и принимая во внимание гладкость и непрерывность функции распределения интенсивности излучения внутри объема ткани, можно сделать вывод, что на разницу между точным и приближённым решением больше всего влияют значительные градиенты искомой функции в узлах, близких к поверхности охлаждения. Значения абсолютной и относительной погрешности со временем возрастают (рис. 4), что может быть объяснено накоплением локальной погрешности, поскольку решение на предыдущем временном слое используется как исходное для расчётов на следующем. Убывание скорости роста функции погрешности может быть следствием наступления стационарного состояния системы, при котором температурное поле и положение температурных максимумов уже не изменяются со временем.

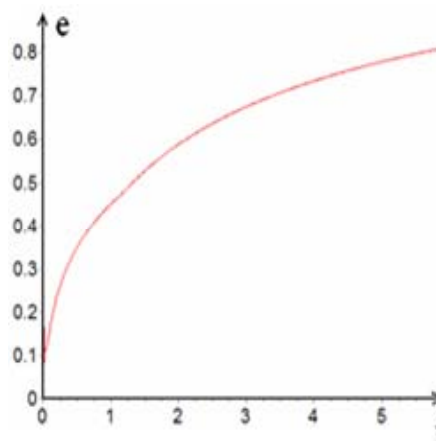


Рис. 4. Зависимость максимальной абсолютной погрешности от времени для фиксированной сетки

Также были произведены расчёты с переменными неравномерными сетками при различных значениях допустимой (контролируемой) погрешности с вышеописанными физическими параметрами модели (табл. 2). Начальное количество пространственных узлов $n_1 = n_2 = 50$, начальный временной шаг $\tau = 0.004$ с.

Таблица 2

Результаты расчётов задачи с использованием переменных неравномерных сеток

№	$\varepsilon_{доп}$	Время расчёта, с	Число временных шагов	Абсолютная погрешность, °С
1	0,07	2,5	35	0,98
2	0,05	3,3	51	0,7
3	0,03	4,2	72	0,59
4	0,02	6,9	114	0,48
5	0,01	9,9	175	0,4

Заметно, что для поддержания заданной точности расчётная сетка постепенно сгущается в области с максимальной интенсивностью излучения и охлаждения, в которой функция температуры имеет максимальные значения градиентов (рис. 5) и разрежается за её пределами.

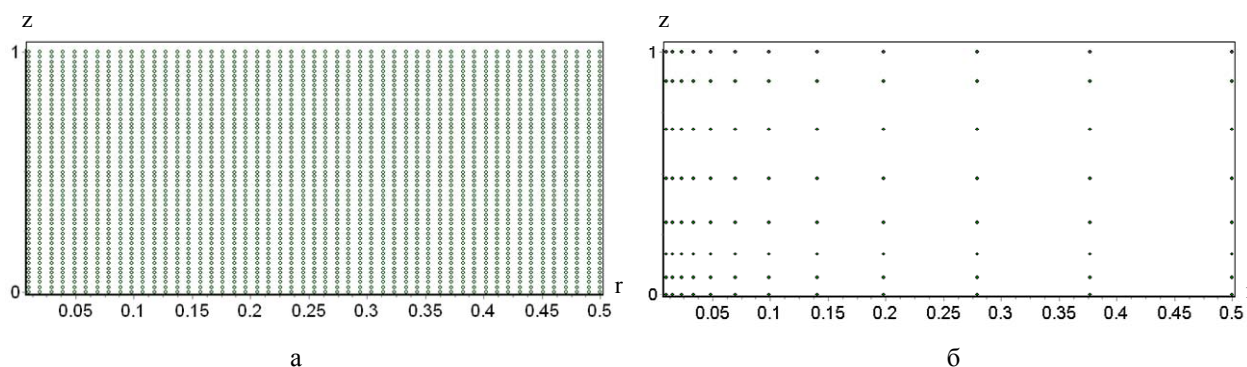


Рис. 5. Узлы фиксированной (а) и переменной неравномерной (б) сетки в момент времени $t=3$ с

Временной шаг τ сначала резко увеличивается, после чего изменяется незначительно, что характерно для установившегося процесса расчёта (рис. 6).

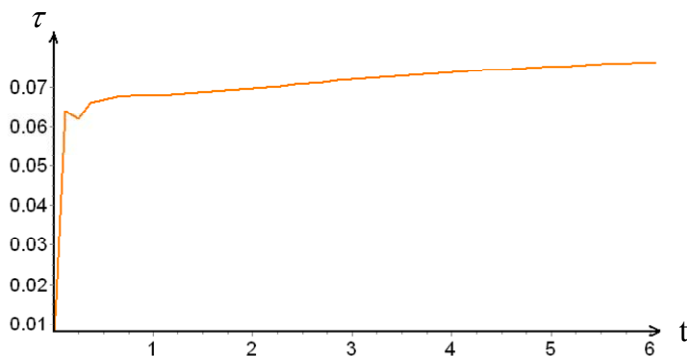


Рис. 6. Зависимость временного шага от времени

Сравнив результаты расчёта задачи с использованием алгоритмов с фиксированной равномерной и переменной неравномерной разностными сетками (табл. 3), можно сделать вывод о преимуществах последнего.

Таблица 3

Сравнение алгоритмов с фиксированной и переменной сетками

Абсолютная погрешность решения	Время расчета (сек)		Коэффициент сокращения времени расчета
	С фиксированной сеткой	С переменной сеткой	
0,8	10,1 ($n_1=n_2=55, \tau=0,01$)	2,8 ($\varepsilon_{доп}=0,05, n_1=n_2=50$)	3,6
0,6	23,2 ($n_1=n_2=60, \tau=0,005$)	4,3 ($\varepsilon_{доп}=0,03, n_1=n_2=50$)	5,4
0,4	28,5 ($n_1=n_2=80, \tau=0,005$)	9,9 ($\varepsilon_{доп}=0,01, n_1=n_2=50$)	2,9

Выводы.

1. Теоретически доказана возможность использования лазерного излучения для контролируемого глубинного прогрева биотканей. При этом глубина температурного пика в большей степени зависит от температуры охлаждения, а его значение – от интенсивности излучения лазера.

2. Сформулированы достоинства и недостатки адаптивных методов относительно рассматриваемой задачи.

К основным недостаткам адаптивных методов, которые особенно проявили себя при решении данной задачи, следует отнести:

- уменьшение точности аппроксимации производных при использовании неравномерной разностной сетки, что негативно влияет на точность результата в целом;
- многократный пересчёт на каждом временном шаге, необходимый для контроля точности, уточнения результата и построения неравномерной сетки, что значительно замедляет расчёт;
- использование двухмерной интерполяции на каждом временном шаге для нахождения опорных значений функции температуры требует увеличения затрат машинного времени и памяти;
- адаптивные алгоритмы значительно усложняют программу.

К существенным преимуществам адаптивных алгоритмов перед алгоритмами с фиксированными равномерными сетками относятся:

- при одинаковой точности результата количество пространственных узлов на каждом временном шаге в несколько раз меньше, чем для фиксированной сетки, что обеспечивает общее сокращение времени расчета в 2-5 раз;
- возможность получить результат с заранее заданной точностью;
- благодаря преимуществу в скорости, позволяют проводить вычисления в режиме «реального времени»;
- благодаря сгущению сетки в зонах с большими градиентами, обеспечивают значительно большую точность, чем алгоритмы с фиксированными сетками.

3. Адаптивные методы целесообразно применять для решения тепловых задач, связанных с нагревом биотканей.

Литература

1. Kovalenko V.S., Golovko L.F., Kalso Z. Oportunities to Control Local Laser Heating of Organic Media. International Conference on Laser Technologies in Welding and Materials Processing. Crimea, . Katsiveli, May 19-23, 2003.

2. Sagi, A. Shitzer, A. Katzir, Heating of biological tissue by laser irradiation: theoretical model, Opt. Eng. (1992), 31 (7),1417-1424

3. Баллюзек Ф.В., Баллюзек М.Ф., Виленский В.И. и др. Контролируемая лечебная гипертермия. – Издательство Росток, 2004. – 245 с.

4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – Г.: Наука. Гл. ред. физ. – мат. лит., 1977. – 736с.

5. Лук'яненко С.О. Адаптивні обчислювальні методи моделювання об'єктів з розподіленими параметрами. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2004. – 236 с.

Надійшла 3.11.2008 р.

УДК 677.024.001.5

Е.В. ЧЕПЕЛЮК, И.А. ПРОХОРОВА
Херсонский национальный технический университет

**АРМИРОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНЫМИ ПОЛОТНАМИ
С РЕЛЬЕФНЫМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ПОЛОСАМИ**

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований прочности связи между слоями композитных материалов, армированных тканями усиливающими каркасами различных переплетений с гладкой и рельефной поверхностями. Анализ результатов исследований показал, что прочность связи при использовании тканей с поперечными рельефными полосами выше прочности связи при использовании ткани с гладкой поверхностью.

Постановка проблемы. Текстильные композиты широко применяются в различных отраслях промышленности [1, 2], т.к. дают возможность создавать изделия разнообразной формы и с разнообразными свойствами (гибкие, эластичные, твердые, стойкие к высокой температуре, химическим веществам, ...).

Гибкие композитные материалы, содержащие усиливающие каркасы в виде нескольких слоев текстильных материалов, при эластичном связующем химическом материале, например, резине, в процессе

эксплуатации в ряде случаев подвергаются знакопеременному изгибу. В качестве примера можно назвать ленточный транспортер. На предприятиях резиновые изделия армируют несколькими слоями ткани плотной структуры с равномерной поверхностью. При этом резина приклеивается к поверхности ткани, но не пропитывает в достаточной степени армирующий слой. Кроме того, гладкие слои скрепляются между собой только слоем резины и не имеют дополнительного сцепления. При огибании направляющих шкивов происходит сжатие внутренних слоев и растяжение наружных. После огибания лента транспортера приобретает прямолинейную форму и движется прямолинейно. При многократных знакопеременных нагрузках в результате многократных циклов деформации растяжения-сжатия нарушается связь между внутренними усиливающими текстильными слоями. Действие перечисленных факторов приводит к быстрому расслоению композитного материала при знакопеременных изгибающих нагрузках и снижению срока его эксплуатации, т.о. поиск путей увеличения срока службы гибких композитных материалов является актуальной проблемой.

На практике был найден способ усиления связи между связующим веществом (резиной) и х/б нитью даже при самом гладком переплетении – полотняном. Для этого увеличили поверхность контакта нити с резиной за счет увеличения толщины нити до 93,5×4 Текс. Практическую и научную ценность представляет исследование тканей полотняного переплетения с гладкой лицевой поверхностью при сравнительно малой толщине нитей, которые образуют меньшую поверхность сцепления резины с армирующим слоем. Результаты этих предварительных исследований целесообразно сравнить с прочностью связи между слоями композитного материала, армированного тканями с рельефной поверхностью и большей поверхностью контакта слоев из нитей той же малой толщины.

Анализ публикаций по теме исследований. Для усиления тканого каркаса композитных материалов был разработан способ [3] прошивания трикотажным способом слоев нитей, сложенных под различными углами (90° , $+45^{\circ}$, -45°). Недостатком данного способа является сложность его реализации.

Текстильный каркас можно создать из сложных объемных по структуре тканей 3D, вязанных и плетеных конструкций [4]. Однако такие сложные объемные конструкции вырабатываются при малой производительности оборудования и имеют большую стоимость. Главным недостатком таких объемных структур является сопротивление проникновению внутрь связующей субстанции, что приводит к отслоению связующего вещества от армирующего каркаса с процессе его эксплуатации. В работах [5, 6] рекомендуют использовать для тканого сэндвича ворсовую ткань, в которой ворс увеличивает способность проникновения связующей субстанции между волокнами, что повышает качество пропитки композитного материала.

В работах [7, 8] предложен способ увеличения прочности сцепления слоев композитного материала. В соответствии с данным способом предлагается армировать резиновые изделия слоями тканых полотен с **поперечными рельефными полосами**. При сложении данных слоев в композитном изделии путем расположения рельефных полос одного слоя между впадинами другого (рис. 1), образуется «зубчатое зацепление» («Gering»). При использовании данного способа увеличивается сопротивление продольному смещению слоев каркаса. Кроме того, при сложении таких тканых полотен увеличивается площадь контакта армирующих слоев. Экспериментальные данные показывают, что сопротивление продольному смещению слоев каркаса, например, для хлопчатобумажной ткани, увеличивается до 40 % по сравнению с тканью с равномерной поверхностью из тех же нитей.

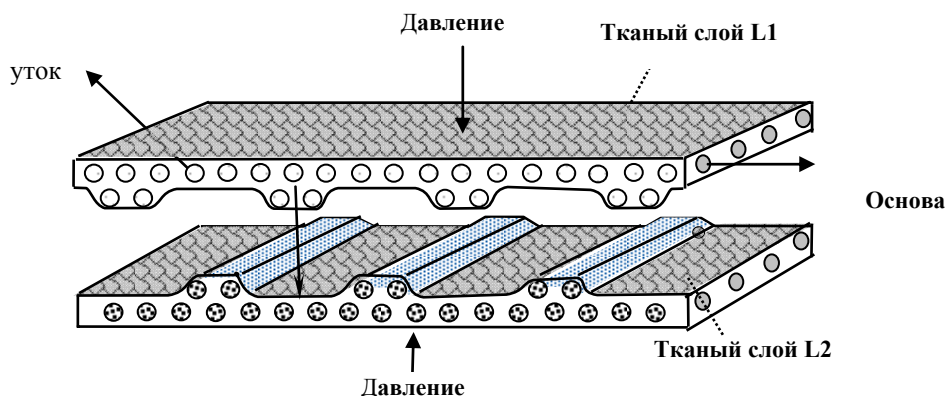


Рис. 1. Увеличение прочности сцепления слоев усиливающего каркаса композитного материала путем сложения тканых слоев L1 и L2 с сочетанием однослойных и полутораслойных участков

Рельефные полосы на практике получают путем использования нитей различной толщины. Для армирования предлагается использовать сложение тканых полотен с переменной внутренней слойностью, спроектированных по авторской технологии [9] и выработанных с помощью уточных нитей одной линейной плотности, что существенно облегчает условия формирования ткани на ткацком станке. Кроме того, образование рельефности данным образом имеет ряд дополнительных преимуществ:

- сочетание рельефности только с одной стороны ткани и гладкой поверхности с другой обеспечивает образование эффекта «зубчатого зацепления» внутри двухслойного композита и внешних гладких поверхностей ленты;

- использование комбинации одно- и полутораслойных участков ткани приводит к повышению гибкости композита в области однослойных участков и повышению прочности на разрыв за счет полутораслойных участков;

- возможность использования уточин полутораслойного участка из материала, обладающего свойствами изменять электрическое сопротивление при деформации (полимер, металл), позволяет использовать данный композитный материал, например, для регистрации и измерения усилий, возникающих в готовом композитном изделии.

Дополнительным преимуществом предлагаемого материала является то, что более рыхлая структура по сравнению с исходной равномерной со свободным воздушным ходом между нитями обеспечивает образование прочной связи между слоями резины. Армирующая ткань как бы «пронизывается» и «прошивается» резиновыми «нитями».

Целью исследований является сравнительный анализ прочности связи между слоями композитных материалов при армировании их тканью с рельефными поперечными полосами и с гладкой поверхностью.

Экспериментальные исследования прочности связи между слоями резиновых изделий, армированных двумя слоями тканей с различной рельефностью лицевых поверхностей, проведены в условиях технической лаборатории ООО «Корпорация «Гуматекс», Лисичанский филиал. Исследовано 7 образцов тканых полотен. В качестве ориентировочного (образец № 1) использована ткань полотняного переплетения, арт. EP-200, вырабатываемая на ООО «Корпорация «Гуматекс». В качестве контрольных для сравнения использованы образцы № 2-4 полотняного переплетения. Образцы № 5-7 тканей с поперечными рельефными полосами различной величины, образованными переменной внутренней слоистостью, спроектированы по технологии авторов [9]. Характеристики использованных тканей приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ образца		Вид переплетения		Наименование показателя					
				Волокнистый состав		Линейная плотность, Текс		Плотность ткани, нит/10 см	
				основа	уток	основа	уток	по основе	по утку
1	Полотняное, EP-200	Полиэфир	Полиэфир	93,5×4	93,5×4	120	39		
2	Полотняное	вискоза	х/б	30×2	12,5×2	176	224		
3	Полотняное	вискоза	х/б	30×2	50×2	176	140		
4	Полотняное	вискоза	вискоза	30×2	30×2	176	174		
5	Комбинированное переплетение «Марико»	вискоза	х/б	30×2	12,5×2	176	310		
6	Комбинированное переплетение «Алиса»	вискоза	х/б	30×2	50×2	176	208		
7	Комбинированное переплетение «Алиса»	вискоза	вискоза	30×2	30×2	176	182		

Исследования проводились согласно ГОСТ 6768-75 «Резина и прорезиненная ткань. Метод определения прочности связи при расслоении». Результаты испытаний получили на специальной разрывной машине в графической форме в системе координат OPL, где P – прочность связи слоев, L – перемещение активного захвата. Перед проклеиванием тканых слоев резиной для увеличения адгезионных свойств ткань пропитывалась составом на основе резорцин-формальдегидной смолы СФ-282. При проведении исследований использована резиновая смесь 51-1504.

На *первом этапе* определен характер изменения прочности связи при расслоении образцов № 1 полотняного переплетения, арт. EP-200, выработанных из хлопчатобумажных нитей 93,5×4 текса (рис. 2).

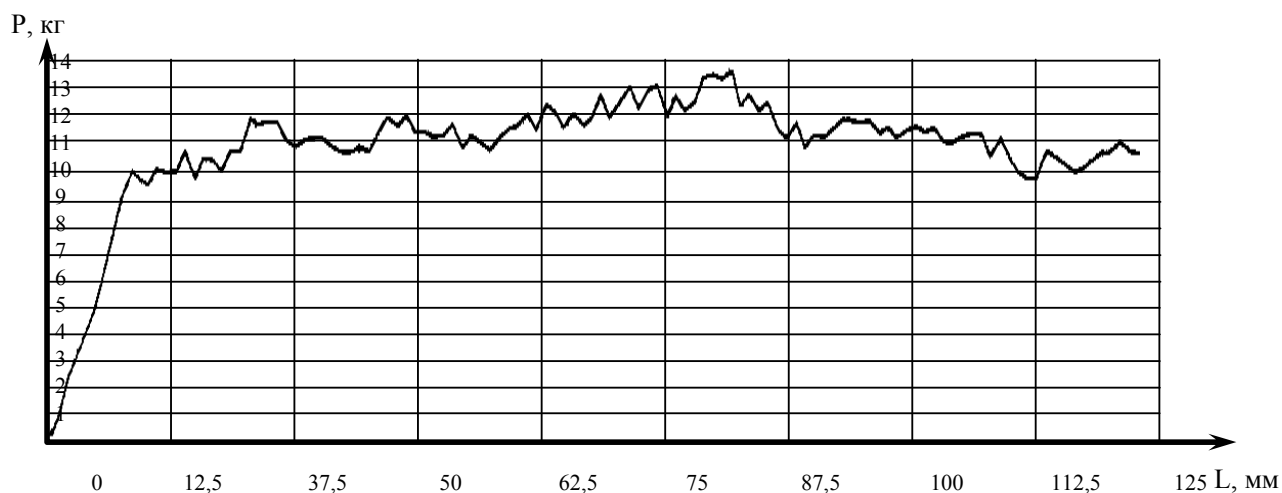


Рис. 2. Прочность P связи слоев при расслоении резиновых композитных материалов, армированных тканью арт. EP-200

На *втором этапе* определена прочность связи при расслоении образцов № 2-4 полотняного переплетения, выработанных из нитей различного волокнистого состава и линейной плотности (рис. 3).

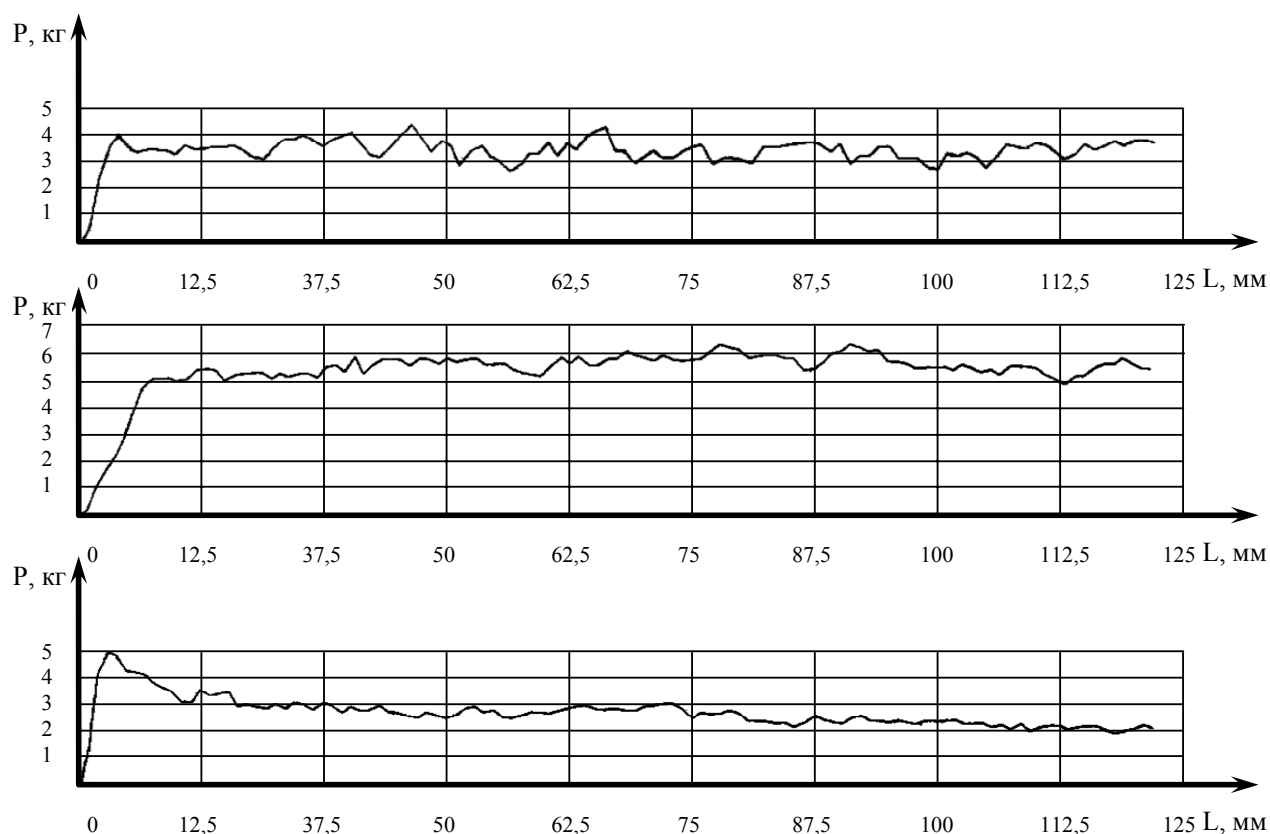


Рис. 3. Прочность P связи слоев при расслоении резиновых композитных материалов, армированных тканями полотняного переплетения, образцы № 2-4

Как видно из графиков, представленных на рис. 3, характер разрушения образцов одинаков, однако величина разрывного усилия контрольного образца № 1 в 2-3 раза выше по сравнению с образцами № 2-4. Это объясняется большей поверхностью нитей линейной плотности $93,5 \times 4$ по сравнению с нитями линейной плотности 30×2 и, следовательно, большей площадью контакта поверхности ткани с резиной. Тождественность форм кривых, описывающих процессы разрушения образцов, армированных тканями полотнами различной толщины (образцы № 1 и № 2-4), позволяет использовать образцы № 2-4 из нитей сравнительно малой толщины в качестве моделей для проведения дальнейших экспериментальных исследований влияния рельефности ткани на прочность связи слоев прорезиненного текстильного композита.

На *третьем этапе* экспериментальных исследований получены графические данные прочности связи при расслоении образцов № 5-7, армированных тканями слоями с поперечными рельефными полосами из нитей той же линейной плотности, что и образцы № 2-4 (рис. 4).

Следует отметить равномерный характер изменения усилия разделения слоев резиновых композитных материалов, армированных тканями полотняного переплетения (рис. 3). При разрыве слоев резиновых композитных материалов, армированных тканями комбинированных переплетений (рис. 4), кривая приобретает дополнительные пики, причем максимальные пики повышения прочности связи слоев увеличиваются с возрастанием рельефности ткани. Наличие дополнительных пиков изменения прочности на разрыв слоев армированного материала на рис. 4 объясняется рельефной структурой армирующей ткани, вследствие чего упругие свойства прорезиненной ткани проявляются следующим образом: ткань растягивается, в ней накапливаются внутренние более высокие напряжения и только затем происходит отрыв данного участка композита.

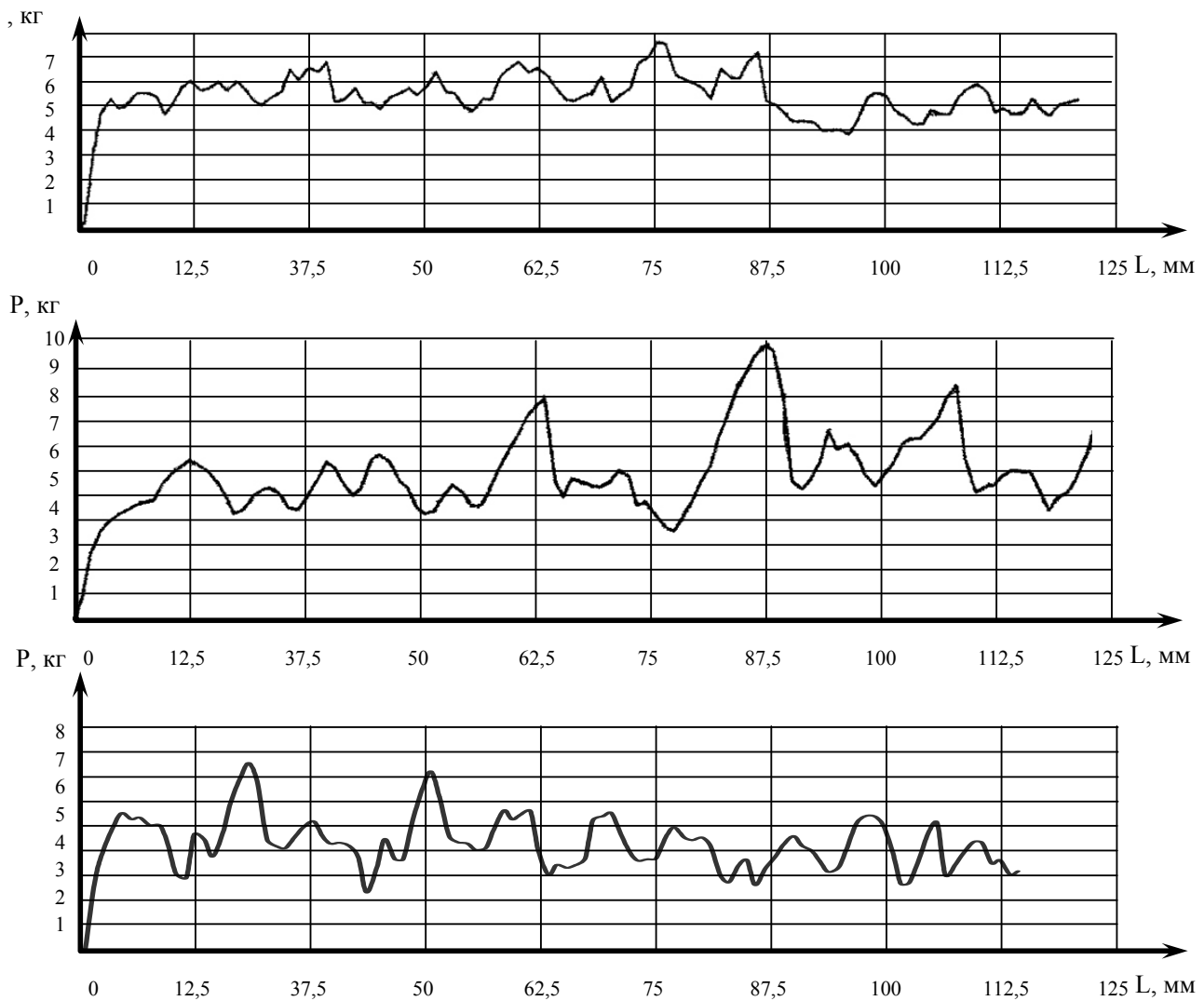


Рис. 4. Прочность связи слоев при расслоении резиновых композитных материалов, армированных тканями полотняными, выработанными комбинированными переплетениями с рельефной поверхностью, образцы № № 5-7

Показатели прочности связи слоев композитных материалов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели прочности связи слоев композитных материалов

№ образц а	Вид переплетения	Прочность связи слоев, кгс
1	Плотняное	13,1
2	Плотняное	3,5
3	Плотняное	5,6
4	Плотняное	2,7
5	Комбинированное переплетение «Марико»	5,9
6	Комбинированное переплетение «Алиса»	6,7
7	Комбинированное переплетение «Алиса»	4,9

Для наглядности сравнения на рис. 5 представлены гистограммы прочности связи слоев резиновых изделий, армированных тканями полотняными с гладкой и рельефной поверхностями.

Сравнительный анализ гистограмм прочности связи слоев композитных материалов, армированных тканями полотняного и комбинированного переплетений, выработанными из одинаковых нитей показывает, что увеличение прочности связи слоев возрастает:

- 1) в 1,7 раз при сравнении образцов № 2 полотняного переплетения (нити основы 30×2 текса и утка 12,5×2 текса) и образцов № 5 комбинированного переплетения из нитей той же линейной плотности;
- 2) в 1,2 раза при сравнении образцов № 3 полотняного переплетения (нити основы 30×2 текса и утка 50×2 текса) и образцов № 6 комбинированного переплетения из нитей той же линейной плотности;
- 3) в 1,8 раз при сравнении образцов № 4 полотняного переплетения (нити основы 30×2 текса и утка 30×2 текса) и образцов № 7 комбинированного переплетения из нитей той же линейной плотности;

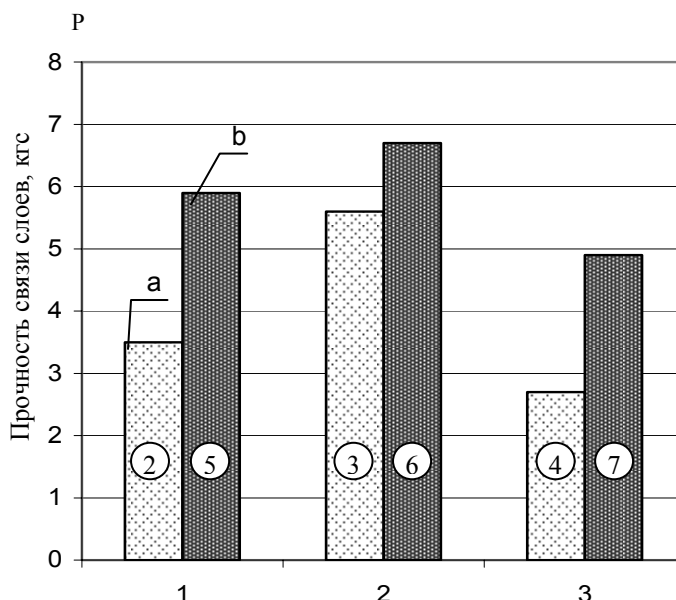


Рис. 5. Гистограммы прочности связи слоев резиновых изделий, армированных тканями полотнами: а – с гладкой поверхностью; б – с рельефной поверхностью

Вывод. Использование для армирования композитных материалов тканей с рельефными поперечными полосами позволяет увеличить прочность связи слоев более, чем на 20 %. Рельефные полосы рекомендуется получать путем сочетания одно- и полутора-слойных участков ткани.

Литература

1. Ko F.K. Three-Dimensional Fabrics for Composites, Textile Structural Composites, Ed. T.W.Chou, F.K. Ko, Ch.5, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokio, 1989,p.142.
2. Scardino F. An Introduction to Textile Structures and Their Behavior, Textile Structural Composites, Ed. T.W. Chou, F.K. Ko, Ch.1, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokio, 1989, p 9-11.
3. Askeland D. R. The Science and Engineering of Materials. PWS Publ. Co., Boston, 1994, p 554.
4. Kamiya R., Cheeseman B. A., Popper P., Chou T. W. Some recent advances in the fabrication and design of three-dimensional textile preforms: a review, Composites Science and Technology. 60, Elsevier, 2000, p.35.
5. van Vuure W., Ivens J. A. and Verpoest I. Mechanical properties of composite panels based on woven sandwich-fabric preforms. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 31, Issue 7, July 2000, p 671-680.
6. van Vuure W., Pflug J., Ivens J. A. and Verpoest I. Modeling the core properties of composite panels based on woven sandwich-fabric preforms. Composites Science and Technology, Vol. 60, Issue 8, June 2000, p 1263-1276.
7. Пат. 35900 Украина, МПК (2006) Д06М 17/00. Спосіб збільшення міцності зчеплення шарів композитного матеріалу / Чепелюк О.В.; Власник Херсонський національний технічний університет. – № u 2008 05385; заявл. 24.04.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.
8. Chepelyuk.E.V. Multilayer reinforcement of woven fabric for composite materials / E.V Chepelyuk, V.V. Choogin, David Hui, Y.M. Strzhemechny // Multidiscipline Modeling in Materials and Structures. – V.4. – Number 1. – 2008. – P75-88
9. Чугин В.В. Прогнозирование технологичности структуры ткани: Мон [для спец. в обл. технол. ткани] / В.В. Чугин, Е.В. Чепелюк. – Херсон; изд-во ХГТУ, 2003. – 180 с.

Надійшла 3.11.2008 р.

ПОБУДОВА ОНТОЛОГІЇ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ "ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ" НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ФОРМАЛЬНИХ ПОНЯТЬ

Для організації системи знань предметної області "інтелектуальне діагностування комп'ютерних систем" та забезпечення можливості повторного використання знань розроблено метод формування таксономії класів та метод побудови структури узагальнюючих понять. Запропоновані методи у сукупності є основою для побудови онтології цієї предметної області.

Вступ. Одним із засобів організації системи знань предметної області "інтелектуальне діагностування комп'ютерних систем (КС)" та забезпечення можливості їх повторного використання є побудова онтології цієї предметної області. На сьогодні єдине визначення терміну "онтологія" відсутнє. Його трактування залежить від контексту, областей та цілей використання [1].

Прийемо трактування цього терміну, що подано у [2]: *онтологія* – це база знань спеціального типу, яка може "читатися", осмислюватися, відчуватися від розробника і (або) фізично розділятися користувачами.

Постановка задачі. Для побудови онтології предметної області "інтелектуальне діагностування КС" на основі експертних представлень та оцінок необхідно:

- розробити таксономію класів понять предметної області;
- сформувати структури понять і відношень цієї предметної області;
- сформувати множину аксіом для обмеження інтерпретації понять предметної області [3].

Розглянемо перші дві підзадачі. Вважатимемо, що розроблювана онтологія має містити перелік понять як з предметної області "діагностування КС" так і з предметної області "штучний інтелект".

Метод формування таксономії класів. Одним із базових компонентів онтології є таксономія понять, яка передбачає класифікацію понять предметної області та побудову ієрархічної структури класів. Таксономію понять здійснимо для кожної з вищевказаних предметних областей окремо. Для розроблення таксономії:

- створимо повний список термінів (понять) предметної області, безвідносно до їх властивостей і відношень, врахувавши синонімію та переклади на різні мови;
- визначимо класи і типи відношень та розробимо ієрархію класів (конкретизуємо поняття за принципом клас – підклас);
- визначимо властивості понять.

Розглянемо два рівні діагностичної інформації, що є основою для виділення базових понять та їх властивостей для вказаних предметних областей:

1) рівень *явної* діагностичної інформації – це діагностична інформація, що представлена у формі повідомлень, листів, довідників, патентів, алгоритмів, і т.і.;

2) рівень *прихованої* (персональної) діагностичної інформації – це індивідуальний досвід діагностів, представлений у вигляді словесних описів.

У якості вихідного матеріалу для побудови онтології використаємо таблиці з діагностичною інформацією виду "об'єкт – властивість": (D, R) , $D \neq \emptyset, R \neq \emptyset$, де D - множина об'єктів, R - множина властивостей цих об'єктів. Результатом побудови таблиці є встановлення бінарних відношень між об'єктами та властивостями. Рядки таблиці відповідають об'єктам предметної області, а стовпці відображають множину властивостей цих об'єктів (таблиця 1).

Таблиця 1

Приклад табличного представлення діагностичної інформації про об'єкти та їх властивості

	R_1	R_2	...	R_q
D_1	1	0		1
D_2	1	0		0
D_3	0	1		1
...				
D_p	0	0		1

Для побудови структури класів необхідно вирішити задачі:

- формування вихідних даних про предметну область;

- аналізу відношень між об'єктами та властивостями.

Перша задача вирішується експертами-діагностами, які заповнюють таблиці. Для розв'язання другої задачі пропонується *метод автоматизованого формування таксономії класів понять*.

Базовою інформацією для виділення класів є констатація факту наявності тих чи інших властивостей у окремих об'єктів чи груп об'єктів.

Метод формування таксономії класів предметної області полягає у наступному. Спочатку формуємо абстрактну структуру класів:

1) видалимо з таблиці усі "0" стовпці, оскільки це означає відсутність такої властивості у об'єктів предметної області. Причиною може бути помилка експерта, неможливість виявити властивість, наприклад відсутність приладів, що можуть виявити властивість, і т.і.;

2) якщо є "0" рядки – введи новий стовпець з "абстрактною властивістю" та присвоїти йому значення "1" для цього рядка (поки що відсутня діагностична інформація, що характеризує об'єкт);

3) кількість отриманих стовпців-властивостей визначає кількість рівнів ієрархії у таксономії класів;

4) формуємо надклас з об'єктів, для яких значення усіх стовпців рівні "1";

5) поки є стовпці, для цього класу формуємо підкласи з об'єктів, які мають на один нульовий стовпець більше. Кількість підкласів класу рівна кількості ненульових стовпців.

У отриманій абстрактній структурі фіксуємо реальні (ті, для яких визначені об'єкти та властивості) та абстрактні класи (для опису яких поки-що недостатньо діагностичної інформації).

Процедура формування структури класів ітераційна і дозволяє виявити неповноту опису предметної області. Якщо кількість абстрактних класів відносно велика (у відсотковому відношенні), то: або предметна область має багато виключень, або множина властивостей об'єктів визначена неефективно.

У результаті опрацювання таблиці з діагностичною інформацією на основі запропонованого методу здійснюються:

- *класифікація* об'єктів предметної області "інтелектуальне діагностування МПП",

- *агрегування* об'єктів (шляхом об'єднання їх у класи) та

- *асоціювання* об'єктів (на основі відстані між класами, що визначається кількістю різних для двох класів властивостей).

Розроблену базову таксономію класів об'єктів предметної області "інтелектуальне діагностування КС" можна доповнювати при появі нової діагностичної інформації.

На основі запропонованого методу розроблено алгоритм автоматичної генерації таксономії класів.

Для реалізації процедур управління знаннями предметної області базової таксономії класів недостатньо, оскільки вона не дає можливості отримати нові декларативні та процедурні інтерпретації знань предметної області.

Для побудови структури узагальнюючих понять "над" одержаною таксономією класів використаємо метод аналізу формальних понять (АФП).

Метод побудови структури узагальнюючих понять на основі аналізу формальних понять. Аналіз формальних понять (FCA – formal concept analysis) є одним із напрямків теорії решіток, котрий базується на аналізі відповідності Галуа для відношення між підмножинами множин об'єктів та їх властивостей (атрибутів) [4, 5].

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 об'єкти $G = \{g_i\}_{i=1}^p$, а стовпцями – атрибути $M = \{m_j\}_{j=1}^q$.

Якщо об'єкт має властивість, що представлена атрибутом, то на перетині стовпця і рядка стоїть "1", тобто визначено відображення $I \subseteq G \times M : (g, m) \in I$. Таке представлення відповідає описаній вище таблиці з діагностичною інформацією виду "об'єкт – властивість".

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 об'єкти, яким відповідають усі атрибути з Y .

Пару (X, Y) називають формальним поняттям контексту K , якщо $X = Y'$ і $Y = X'$.

При цьому 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 області "інтелектуальне діагностування КС" визначає структуру узагальнюючих понять "над" одержаною таксономією класів.

Клас об'єктів визначається трійкою (X, Y, D) , де X - об'єкт класу, Y - наслідуючі та відмінні ознаки класу, D - відмінні ознаки класу. Візуалізація решіток понять здійснюється з допомогою ациклічних розмічених орграфів, котрі називають *діаграмами Хассе*.

Відповідно до [6] діаграма Хассе відповідає ієрархії класів-понять з механізмом наслідування ознак-атрибутів, а ієрархія класів-понять відображає множинне наслідування атрибутів (рис. 1).

Ієрархія класів, побудована на основі діаграми Хассе має властивості:

- $(X, Y) \in B(K)$;
- клас (X_2, Y_2, D_2) є надкласом класу (X_1, Y_1, D_1) якщо $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2)$;
- множини відмінних ознак двох любых класів диз'юнктивні: $D_1 \cap D_2 = \emptyset$.

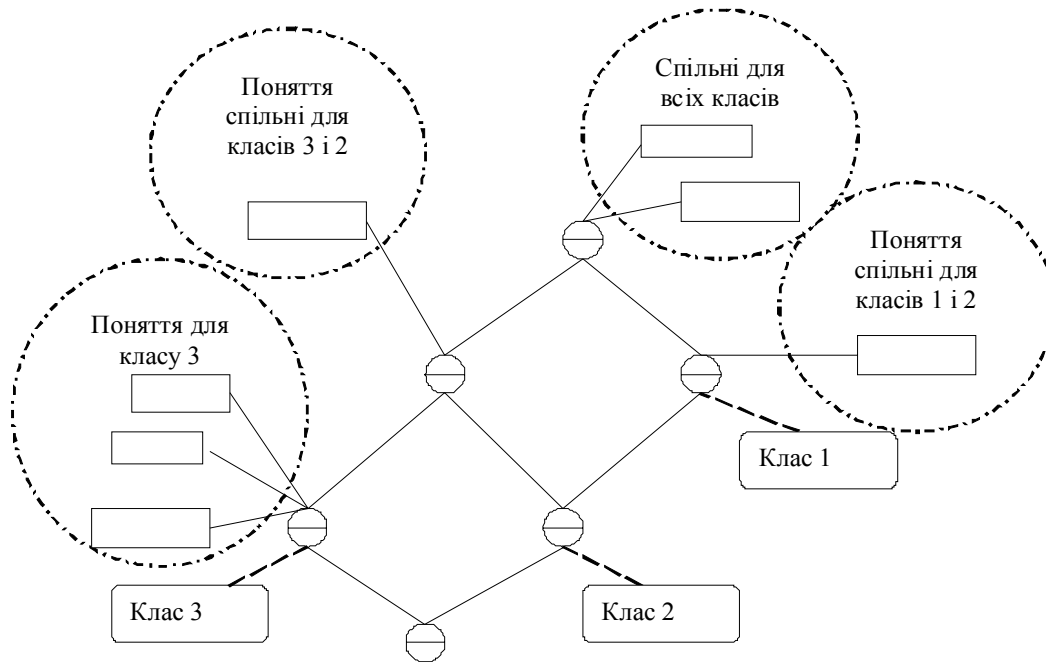


Рис. 1. Діаграма Хассе для відображення ієрархії класів понять

Діаграма Хассе дає можливість виявити правила залежностей (зал.) між підмножинами атрибутів шляхом задавання правил-відношень.

Наприклад:

Правило зал.1. Атрибути, що стоять у нижчих вузлах базуються на атрибутах, що знаходяться вище: $M1 \rightarrow M2$, де $M1, M2 \subseteq M$.

Наприклад:

- { модель ОД \rightarrow функційна модель ОД },
- { модель ОД \rightarrow поведінкова модель ОД }, і. т. і.

Правило зал.2. Атрибути, що знаходяться у одному вузлі, є співатрибутами (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 виявлені класи і залежності їх понять, а також ієрархію відношень класів.

Метод побудови структури узагальнюючих понять полягає у наступному.

Для виявлення узагальнюючих понять у таксономії класів предметної області "інтелектуальне діагностування КС" доповнимо формальний контекст деяким цільовим атрибутом $w \notin M$, відносно якого множина об'єктів G розділиться на три підмножини:

- 1) підмножина об'єктів, яким відповідає цей цільовий атрибут $G^1 \subseteq G$ (на перетині стовпця і стрічки стоїть "1");
- 2) підмножина об'єктів, яким не відповідає цей цільовий атрибут $G^0 \subseteq G$ (на перетині стовпця і стрічки стоїть "0");
- 3) недовизначені об'єкти $G^? \subseteq G$, для яких недостатньо діагностичної інформації, щоб віднести їх до однієї з вищевказаних підмножин.

У результаті отримаємо множину з трьох підконтекстів: $K^\tau = (G^\tau, M, I^\tau)$, $\tau \in \{1, 0, ?\}$.

Визначення 1. Формальний вміст поняття $M' \subseteq M$ контексту K^1 вважатимемо позитивною гіпотезою з заборорою на контрприклад, якщо M' не є підмножиною вмісту ні одного негативного прикладу $g \in G^0$.

Правила одержання узагальнюючих понять (уз.п.):

Правило уз.п.1. Якщо недовизначений приклад $g^?$ містить у якості підмножини позитивну гіпотезу і не містить ні однієї негативної гіпотези, то він класифікується позитивно, тобто вважається, що приклад має ознаку w .

Правило уз.п.2. Якщо недовизначений приклад $g^?$ містить у якості підмножини негативну гіпотезу і не містить ні однієї позитивної гіпотези, то він класифікується негативно, тобто вважається, що приклад не має ознаки w .

Правило уз.п.3. Якщо недовизначений приклад $g^?$ містить у якості підмножини позитивну і негативну гіпотези, або не містить ні позитивної, ні негативної гіпотези, то його класифікація або містить протиріччя (помилка у експертних знаннях), або є недовизначеною (у формальному контексті недостатньо атрибутів класифікації, його необхідно доповнити експертними знаннями).

З огляду на особливості об'єктів діагностування множина правил може доповнюватись, або коригуватись шляхом внесення умов різної логічної сили для позитивних та негативних гіпотез чи відношення узагальнення для опису об'єктів.

Висновки. На сьогодні одним із ефективних засобів організації системи знань та забезпечення їх повторного використання є онтології предметних областей.

Знання предметної області "інтелектуальне діагностування КС" частково формуються на основі узагальнення індивідуального досвіду діагностів, тому побудова таксономії класів на основі таких знань вимагає спеціальних методів їх опрацювання.

Розроблений метод формування таксономії класів враховує цю особливість шляхом формування абстрактних (порожніх) класів та можливістю їх уточнення у майбутньому при появі нової діагностичної інформації. Метод також дозволяє автоматизувати генерацію ієрархії класів.

Використання аналізу формальних понять для побудови структури узагальнюючих понять "над" таксономією класів дає можливість одержати правила-продукції, що описують усі виявлені класи та залежності їх понять на основі діаграми Хассе.

Метод побудови структури узагальнюючих понять, що базується на доповненні формального контексту цільовими атрибутами, забезпечує генерування множини правил одержання узагальнюючих понять, яка може доповнюватись та коригуватись.

Результатом побудови структури узагальнюючих понять предметної області "інтелектуальне діагностування КС" є онтологія цієї предметної області.

Подальшим напрямком досліджень є розроблення методів автоматизованого розширення поля знань шляхом генерації нових декларативних та процедурних інтерпретацій знань на основі онтології предметної області "інтелектуальне діагностування КС".

Література

1. Gruber T. R. A translation approach to portable ontologies // Knowledge acquisition. No.5 (2), 1993, P.199-220.
2. Гаврилова Т., Хорошевский В. Базы знаний интеллектуальных систем – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход (Artificial Intelligence: A Modern Approach). 2-е издание, – Вильямс, 2006. – 1424 с.
4. Rudolf Wille Restructuring lattice theory: an approach based on hierarchies of concepts. Rival, I., (ed), Ordered sets, 1982.
5. 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.
6. Смирнов С.В. Онтологический анализ: определения и алгоритмы // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды III международной конф. Самара: СНЦ РАН. – 2001. – 386 с.

Надійшла 3.11.2008 р.

МОДИФІКОВАНИЙ НЕЙРОМЕРЕЖНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ

В роботі запропоновано адаптований нейромережний метод прогнозування працездатності накопичувачів на жорстких магнітних дисках, який дозволяє використати апіорну діагностичну інформацію про об'єкт прогнозування. Розглянуто можливі варіанти внесення та використання апіорної діагностичної інформації. Наведено приклад формування матриць загальних та конкретних параметрів.

Вступ

Накопичувачі на жорстких магнітних дисках (НЖМД) є водночас найважливішими, з огляду на високу цінність інформації, та найменш надійними компонентами сучасних комп'ютерних систем (КС). Низька надійність НЖМД обумовлена використанням високоточної механіки і підтверджується найбільшим відсотком звертань (до 30 %) користувачів до сервісних центрів саме з проблемами жорстких дисків [1]. Тому, на нашу думку, забезпечення відповідного рівня надійності саме НЖМД серед решти компонентів КС є найбільш актуальною задачею.

Надійність НЖМД забезпечується багатьма методами та підходами. Більшість з них потребують додаткових витрат коштів, часу та інше. В таких методах, як правило, використовується один із типів резервування (інформаційне або структурне). Найбільш ефективним з точки зору надійності є структурне резервування (RAID-масиви та ін.). Однак такі методи є сенс використовувати лише у випадку високої цінності інформації та у системах з підвищеними вимогами до надійності та живучості. В решті випадків ці методи є недоцільними. Тому необхідно відшукувати інші, більш оптимальні підходи, що дозволять уникнути втрати цінної інформації, запобігти виходу з ладу КС та водночас забезпечують прийнятне співвідношення надійність/вартість. Одним з таких підходів є прогнозування працездатності НЖМД.

Метою прогнозування технічного стану може бути визначення з заданою імовірністю інтервалу часу (ресурсу), протягом якого збережеться працездатний (справний) стан об'єкта або імовірність збереження працездатного стану об'єкта на заданому інтервалі часу [2]. Застосування методів прогнозування стану складних технічних об'єктів [3,4] щодо КС в цілому так і до НЖМД 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. В роботах [4, 5, 6] запропонований новий нейромережний метод прогнозування працездатності мікропроцесорних пристроїв та систем, який враховує їх особливості 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.

Постановка задачі

У [7] 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 технічного стану КС та їх компонентів є актуальною задачею, розв'язання якої дозволить підвищити якість прогнозування, а від так і надійність та ефективність функціонування КС та їх компонентів.

В нейромережному методі прогнозування працездатності КС [4, 5, 6] інформаційне середовище обмежене даними про об'єкт прогнозування які є доступними на етапі експлуатації. Зокрема не враховується інформація про надійнісні аспекти об'єктів прогнозування та інша апіорна діагностична інформація, що формується на решті етапах життєвого циклу. Крім того, узагальнення, які властиві нейромережному методу прогнозування працездатності КС, дещо обмежують врахування особливостей окремих компонентів при індивідуальному прогнозування їх працездатності.

Тому метою даної роботи є адаптація нейромережного методу прогнозування працездатності КС щодо врахування апіорної діагностичної інформації та особливостей жорстких дисків при прогнозуванні їх працездатності.

Інформаційні особливості нейромережного методу прогнозування працездатності КС

Нейромережний метод прогнозування працездатності мікропроцесорних засобів обумовлює узагальнену модель об'єкта прогнозування (ОП):

$$M_{OP} = \langle O_G, O_D \rangle, \quad (1)$$

де M_{OP} – модель об'єкта прогнозування; O_G – множина його головних ознак; O_D – множина допоміжних ознак.

В свою чергу, множина головних ознак визначається набором:

$$O_{\Gamma} = \langle M_{B\Phi}, M_{UE}, M_K \rangle, \quad (2)$$

де $M_{B\Phi}$ – множина виконуваних функцій; M_{UE} – множина показників умов експлуатації; M_K – множина компонентів, з яких складається ОП. А 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 [4, 5, 6, 7].

Множина головних ознак формує опис класу, саме значення складових множини O_{Γ} визначає чи належить об'єкт класу. Множина допоміжних ознак визначає поточний технічний стан ОП і надає вихідні дані для побудови прогнозу. При чому матриця загальних та системних характеристик визначає місце ОП у своєму класі, а матриця конкретних характеристик та значень параметрів визначає поточні значення. Таким чином значення комірок матриці P_{konkr} є залежними від часу, тому при заповненні матриці значеннями доцільно вказувати її індекс, наприклад, P_{konkr}^j – матриця зі значеннями знятими в момент t_j .

Розроблення системи прогнозування, що базується на нейромережному методі вимагає виконання обов'язкових етапів серед яких початковими є визначення вигляду моделі для конкретного класу ОП. Найбільш складним є визначення вигляду матриць P_{zag} та P_{konkr} , оскільки надалі за цими даними відбувається формування структури штучної нейронної мережі прогнозування працездатності та проводиться накопичення навчальної вибірки [4, 5], що є визначальним для успішної реалізації нейромережного методу та отримання мінімальної похибки прогнозування [6, 7].

Особливістю нейромережного методу прогнозування працездатності мікропроцесорних засобів 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 данні 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 $X_i = (X_{zag i}, X_{konkr i}^j, T_{np i})$ – вектор «причин», який складається з $X_{zag i}$ – значення загальних параметрів, $X_{konkr i}^j$ – значення конкретних параметрів в момент часу t_j , $T_{np i}$ – інтервал часу на який робиться прогноз, а Y_i – ймовірність знаходження відповідного ОП в працездатному стані через час – $T_{np i}$. 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'єкту. Тому необхідно провести адаптацію методу для врахування накопичуваної апіорної діагностичної інформації.

Використання апіорної діагностичної інформації при прогнозуванні працездатності КС

Під апіорною діагностичною інформацією будемо розуміти всю ту діагностичну інформацію про ОП, процес та метод прогнозування, яка є доступною ще до початку проведення прогнозування, а від так може бути використаною для підвищення його ефективності.

При розгляді прогнозування працездатності КС та їх компонентів апіорну 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.

Зупинимось на кожному з виділених класів. Інформація про мету прогнозування. Хоча загальною метою прогнозування є отримання прогнозу про майбутній стан об'єкта, в кожній предметній галузі, 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.

Другий клас апріорної інформації – 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.

Інформація про попередні прогнози є достатньо корисною та утворює третій клас апріорної 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.

Четвертий клас містить інформацію про безпосередній метод проведення прогнозування. В ньому висувуються вимоги до штучних нейронних мереж, даних, якості навчальної вибірки, класу використовуваних параметрів і таке інше.

Модифікований нейромережний метод прогнозування працездатності жорстких дисків

Запропонований та описаний у [4, 5, 6, 7] нейромережний метод прогнозування працездатності КС містить положення, що частково дозволили врахувати апріорну діагностичну інформацію, зокрема, першого та другого класів. Мета прогнозування визначає сенс значень на виході штучної нейронної мережі. Будемо вважати, що на виході мережі, яка використовується у модифікованому нейромережному методі прогнозування працездатності жорстких дисків – ймовірність знаходження пристрою у працездатному стані на заданому інтервалі часу.

Другий клас, а саме апріорна діагностична інформація про предметну область, враховується при формуванні вигляду та значень матриці $P_{заг}$, яка містить значення загальних параметрів, що визначають місце конкретного пристрою у класі пристроїв. В нашому прикладі, класом ОП є жорсткі диски з інтерфейсом SATA, які використовуються у настільних персональних комп'ютерах загального використання. З врахуванням можливої переважності загальних параметрів статичними даними, що «приглушують» чутливість штучної нейронної мережі до зміни їх значень, матриця $P_{заг}$ буде містити значення наступних параметрів [8]:

Таблиця 1

Загальні параметри для НЖМД

№	Параметр	логічний/фізичний
1.	Час переходу від однієї доріжки до іншої (мс)	фізичний
2.	Середній час встановлення чи пошуку (мс)	фізичний
3.	Внутрішня швидкість передавання даних (Мбіт/с)	фізичний
4.	Об'єм кеш – буфера контролера (Мб)	фізичний
5.	Середня затримка розкручування (мс)	фізичний
6.	Неформатована ємність (Мб)	фізичний
7.	Кількість секторів LBA	логічний
8.	Примусове охолодження	фізичний
9.	Файлова система	логічний
10.	Кількість логічних дисків	логічний
11.	Активний розділ (0.1 чи 0.9)	логічний

Більшість значень параметрів при формуванні матриці $P_{заг}$ конкретних НЖМД вноситься без зміни (тобто визначене числове значення параметра в явному вигляді вноситься до матриці). Виключення становлять параметри, які не мають числового значення (примусове охолодження, інтерфейс, файлова система) їх числові значення визначаються за спеціальними таблицями.

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:

$$P_{конкр}^j = \begin{array}{c|ccccccc} & 1 & 2 & \dots & i & i+1 & \dots & n \\ \hline name_1 & p_{11}^j & p_{12}^j & \dots & p_{1i}^j & p_{1(i+1)}^j & \dots & p_{1n}^j \\ \hline name_2 & \dots & \dots & \dots & p_{2i}^j & \dots & \dots & - \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline name_k & p_{k1}^j & p_{k2}^j & \dots & p_{ki}^j & - & - & - \end{array}$$

Оскільки кожен рядок позначений як $name_i$, відповідає складовому компоненту КС, то при розгляді НЖМД як ОП, матриця модифікується у вектор, який для врахування взаємовпливу на стан жорсткого диску інших компонентів системи доповниться трьома параметрами (Таблиця 2).

Таблиця 2

Конкретні параметри для НЖМД

№	Параметр	SMART атрибут	Параметр зносу	Техніч. стану	Інтенс. викорис.	Параметр взаємовп.
1	Частота виникнення помилок при читанні з диску (Raw Read Error Rate)	+	-	+	-	-
2	Час розкрутки шпинделя (Spin Up Time)	+	+	+	-	-
3	Кількість циклів запуску/зупинки шпинделя (Start/Stop Count)	+	+	+	+	-
4	Кількість секторів, що були перевизначені (Reallocated Sector Count)	+	-	+	-	-
5	Частота появи помилок позиціонування магнітних голівок (Seek Error Rate)	+	+	+	-	-
6	Середня продуктивність операцій позиціонування БМГ (Seek Time Performance)	+	-	+	-	-
7	Час який пропрацював пристрій (Power-On Hours Count)	+	+	-	+	-
8	Кількість повторних спроб старту шпинделя диску (Spin Up Retry Count)	+	-	+	-	-
9	Кількість повторних спроб recalібрування накопичувача (Recalibration Retries)	+	-	+	-	-
10	Кількість під'єднань до живлення (Device Power Cycle Count)	+	+	-	+	-
11	Температура (Temperature)	+	-	+	-	+
12	Поточна кількість нестабільних секторів (Current Pending Sector Count)	+	+	+	-	-
13	Кількість не скорегованих секторів (Uncorrectable Sector Count)	+	-	+	-	-
14	Кількість помилок CRC в режимі UltraDMA (UltraDMA CRC Error Rate)	+	-	+	-	-
15	Частота появи помилок при записі даних (Write Error Rate)	+	-	+	-	-
16	Рівень дефрагментованості	-	-	-	+	-
17	Відсоток вільного місця на диску	-	-	-	+	-
18	Наявність збійних секторів	-	+	+	-	-
19	Температура всередині системного блока	-	-	-	-	+
20	Відхилення від норми частоти шини PCI	-	-	-	-	+
21	Відхилення від норми напруги живлення	-	-	-	-	+

Для врахування результатів попередніх прогнозів, матрицю конкретних параметрів пропонується для жорстких дисків пропонується модифікувати наступним чином:

$$P_{\text{конкр}}^j = \begin{array}{c|ccccccc} & 1 & 2 & \dots & i & i+1 & \dots & n \\ \hline \text{value} & p_{11}^j & p_{12}^j & \dots & p_{1i}^j & p_{1(i+1)}^j & \dots & p_{1n}^j \\ \hline \text{worst} & p_{11}^w & p_{12}^w & \dots & p_{1i}^w & p_{1(i+1)}^w & \dots & p_{1n}^w \\ \hline \text{reliab} & r_{11}^w & r_{12}^w & \dots & r_{1i}^w & r_{1(i+1)}^w & \dots & r_{1n}^w \end{array}$$

В такому випадку, рядок позначений як *value* містить поточні значення параметрів технічного стану жорсткого диску, рядок *worst* містить найгірші з зафіксованих значень відповідних параметрів під час проведення попередніх прогнозів, рядок *reliab* значення імовірності знаходження даного жорсткого диску в працездатному стані на інтервалі, що відповідає поточному часу, 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.

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.

Проведені дослідження (моделювання роботи прогнозуючої штучної нейронної мережі) щодо порівняння

використання звичайного та модифікованого вигляду матриці конкретних параметрів показали підвищення точності та достовірності прогнозування на одній і тій же навчальній вибірці.

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.

Зокрема описаний модифікований нейромережний метод прогнозування працездатності жорстких дисків дозволив врахувати інформацію про динаміку зміни значень прогностичних параметрів та інформацію про попередні прогнози, що дозволило підвищити точність та достовірність прогнозування.

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. Горбунцов С., Поздняков В. Когда закончилась гарантия / Компьютерное обозрение № 8. – 2005. С.23-25.
2. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – Чинний від 01.01.95. – К.: Держстандарт України, 1994. – 24 с.
3. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалевский А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Сов. Радио, 1974. – 224 с.
4. Медзатий Д.М. Прогнозування технічного стану мікропроцесорних пристроїв та систем // Вісник національного технічного університету «Львівська політехніка». – 2005. № 555. – С. 158-165.
5. 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.
6. Медзатий Д. М. Мікропроцесорні пристрої та системи як об'єкти прогнозування // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – № 2 (10). – 2005. – С.119-123.
7. Локазюк В.М., Медзатий Д.М. Використання апіорної діагностичної інформації в процесі прогнозування технічного стану комп'ютерних пристроїв та систем // Вісник Хмельницького національного університету – 2008. – № 4. – С.115-120.
8. Медзатий Д.М. Визначення класу об'єктів та множини параметрів в нейромережному методі прогнозування роботоздатності мікропроцесорних засобів // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 2. – Т.2 – С.126-129.

Надійшла 4.11.2008 р.

УДК 621.785: 620.178

Н.С. СВИРНЕВСКИЙ, Т.К. СКРИПНИК
Хмельницкий национальный университет

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМИТАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТА МЕТОДАМИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Проведена оценка уровня возможностей имитации интеллектуальной деятельности при помощи методов объектно-ориентированного стиля проектирования программ. Отмечены направления дальнейших исследований.

Постановка проблемы

Современные программные системы служат для моделирования различных аспектов реального мира, в том числе и интеллектуальной деятельности. Для обнаружения эффективных методов проектирования программных систем, с одной стороны, осуществляется **поиск порядка в хаосе реального мира; с другой- учитывается предшествующий опыт** по созданию более естественных для человека средств программирования.

Анализ последних исследований и публикаций

В публикации [1] была осуществлена оценка возможности имитации интеллектуальной деятельности программными средствами, была предложена концептуальная схема механизма интеллектуальной деятельности (рис. 1) и исследована возможность ее алгоритмической реализации на простейшей тестовой задаче.



Рис. 1 Концептуальная схема функционирования мозга человека

В публикации [2] описывается объектно-ориентированная методология проектирования больших программных систем, но не рассматриваются вопросы связанные с моделированием интеллектуальной деятельности.

Формулирование цели статьи

Согласно схемы (см. рис. 1) в результате абстрактного мышления и логического мышления в мозгу человека отображается внешний мир в виде представлений понятий, суждений и установления взаимосвязей между ними. Переработанная соответствующим образом информация используется для дальнейшего взаимодействия с реальным миром. Схема представляет обобщенную картину отображения и использования информации в мозгу, однако остается загадкой проблема моделирования этого процесса в деталях.

В настоящее время, учитывая возросшие возможности компьютерной техники, новые методологии программирования ориентированы на человеческое восприятие мира. Это значительно облегчает программистам создание сложных программных систем. Кроме этого, такая ориентация все больше систематизирует знания о человеческом мышлении и, соответственно, расширяет возможности по интеллектуализации программных систем.

Целью статьи является оценка перспектив имитации интеллектуальной деятельности при помощи методов **объектно-ориентированного стиля проектирования программ [2]**.

Изложение основного материала

Анализируя сложные системы реального мира, можно обнаружить ряд основополагающих признаков [2]:

- Иерархичность.
- Произвольность выбора компонент.
- Различие внутрикомпонентных и межкомпонентных взаимодействий.
- Одинаковые структурные части.
- Тенденция к развитию.

Сложные системы являются иерархическими и состоят из взаимозависимых подсистем, которые в свою очередь, также могут быть разделены на подсистемы вплоть до самого низкого уровня." Основными видами иерархических структур применительно к сложным системам являются иерархия "is-a", например, одномерная фигура (линия)-это фигура, а дуга есть линей, и иерархия "part of", например, системный блок часть рабочей станции, а вентилятор-часть системного блока).

Выбор о том, какие компоненты в данной системе считаются элементарными, относительно произволен и в большой степени остается на усмотрение исследователя. Одной из проблем, которую приходится решать на этом пути, является классификация объектов по тем или иным признакам. Здесь следует отметить две разновидности классификации, первая-когда классификация производится по заданному

признаку; вторая – когда признак для классификации явно не определен. Второй случай рассмотрим на следующем примере. Детям для проверки их интеллекта ставят следующую задачу. В комнате находятся диван, кресло, чемодан, шкаф. Что-то одно нужно убрать. Здравомыслящий человек обычно отвечает, что это чемодан. При этом руководствуется критерием-понятием “мебель”. А почему не шкаф или диван, руководствуясь критерием “самый большой”? Очевидно, при взгляде на эти вещи из каких-либо соображений определяется наиболее существенный признак.

Умение классифицировать образы с самостоятельным выбором существенных признаков является одним из важнейших факторов в формировании у человека реального восприятия окружающей действительности. Приведем пример, демонстрирующий это. После своего рождения у ребенка в течении 3-х месяцев ограничены возможности видеть, т.е. он лишь видит мир красок (растровое изображение) и способен фиксировать элементарные признаки (белое, черное, разноцветное, яркое и др.). В процессе созидательного наблюдения он выделяет, что некоторые признаки регулярно присутствуют в различных сочетаниях. Например, из всех углов наиболее часто выделяются прямые углы. Эти сочетания он фиксирует в памяти как существенные признаки. Из некоторых сочетаний признаков формируются конкретные образы и обобщающие понятия. Согласно этой схеме изучая, например, слона человек, создаёт в мозгу модель его образа из признаков-характеристик: четвероногость, серость, огромность и др. Затем сохраняет этот образ в памяти.

Внутрикомпонентная связь обычно сильнее, чем связь между компонентами. Это обстоятельство позволяет отделять “высокочастотные” взаимодействия внутри компонентов от “низкочастотной” динамики взаимодействия между компонентами. Это различие внутрикомпонентных и межкомпонентных взаимодействий обуславливает разделение функций между частями системы и дает возможность относительно изолированно изучать каждую часть.

Иерархические системы обычно состоят из немногих типов подсистем, по-разному скомбинированных и организованных. Как мы уже говорили, многие сложные системы организованы достаточно экономными средствами. Иными словам разные сложные системы содержат одинаковые структурные части. Эти части могут использовать общие более мелкие компоненты, такие как клетки, или более крупные структуры, типа сосудистых систем, имеющиеся и у растений, и у животных.

Сложная система является результатом развития работавшей более простой системы. В процессе ее усложнения и развития выделяются устойчивые промежуточные формы. Сложные системы будут развиваться из простых гораздо быстрее. Невозможно сразу правильно создать элементарные объекты: с ними надо сначала повозиться, чтобы больше узнать о реальном поведении системы, и затем уже совершенствовать их. Как пример, структура общественных институтов. Люди объединяются в группы для решения задач, которые не могут быть решены индивидуально. Одни организации быстро распадаются, другие функционируют на протяжении нескольких поколений. Чем больше организация, тем отчетливее проявляется в ней иерархическая структура. Транснациональные корпорации, состоят из компаний, которые в свою очередь состоят из отделений, содержащих различные филиалы. Последним принадлежат уже отдельные офисы и т.д. Границы между частями организации могут изменяться, и с течением времени может возникнуть новая, более стабильная иерархия. Отношения между разными частями большой организации подобны отношениям между компонентами компьютера, растения или галактики.

Отметим основные аспекты объектно-ориентированного программирования по сравнению с предыдущими методологиями программирования. Ранее имело место четкое различие между двумя базовыми компонентами: программами и данными. Дальнейшее развитие структуризации программ получило воплощение в объектно-ориентированном программировании (ООП), при котором создается своя структура (класс), которая позволяет из нее создавать множество программных компонент (объектов). Созданные объекты характеризуются одними и теми же свойствами (данными), методами (управляющими процедурами) и событиями (внешними воздействиями), на которые они могут реагировать. По своей сути ООП-это всего лишь способ группировки функций и данных. Оно является дальнейшим развитием понятия структуры (массивы, записи и их комбинации). Группирование родственных данных и функций в класс позволяет создать упрощающую программирование абстракцию. Классы и объекты-это отдельные, но тесно связанные понятия. В частности, каждый объект является экземпляром какого-либо класса; класс может порождать любое число объектов. В большинстве практических случаев классы статичны, то есть все их особенности и содержание определены в процессе компиляции программы. Из этого следует, что любой созданный объект относится к строго фиксированному классу. Сами объекты, напротив, в процессе выполнения программы создаются и уничтожаются. Концептуальная база объектно-ориентированного стиля проектирования имеет четыре главных элемента: **абстрагирование; инкапсуляция; модульность; иерархия.**

При абстрагировании в объектно-ориентированном подходе на этапе анализа и ранних стадиях проектирования решаются две задачи:

- Выявление классов и объектов, составляющих словарь предметной области.
- Построение структур, обеспечивающих взаимодействие объектов, при котором выполняются требования задачи.

В первом случае говорят о ключевых абстракциях задачи (совокупность классов и объектов), во втором – о механизмах реализации (совокупность структур).

Абстракция объекта всегда предшествует его реализации. А после того, как решение о реализации принято, оно должно трактоваться как секрет абстракции, скрытый от большинства клиентов. Никакая часть

сложной системы не должна зависеть от внутреннего устройства какой-либо другой части. Абстракция и инкапсуляция дополняют друг друга: абстрагирование направлено на наблюдаемое поведение объекта, а инкапсуляция занимается внутренним устройством. Чаще всего инкапсуляция выполняется посредством скрытия информации, то есть маскировкой всех внутренних деталей, не влияющих на внешнее поведение. Обычно скрываются внутренняя структура объекта и реализация его методов. Инкапсуляция, таким образом, определяет четкие границы между различными абстракциями. Возьмем для примера структуру растения: чтобы понять на верхнем уровне действие фотосинтеза, вполне допустимо игнорировать такие подробности, как функции корней растения или химию клеточных стенок. Аналогичным образом при проектировании базы данных принято писать программы так, чтобы они не зависели от физического представления данных; вместо этого сосредотачиваются на схеме, отражающей логическое строение данных. В обоих случаях объекты защищены от деталей реализации объектов более низкого уровня. Интерфейс отражает внешнее поведение объекта, описывая абстракцию поведения всех объектов данного класса. Внутренняя реализация описывает представление этой абстракции и механизмы достижения желаемого поведения объекта.

Классы и объекты составляют логическую структуру системы, они помещаются в модули, образующие физическую структуру системы. Это свойство становится особенно полезным, когда система состоит из многих сотен классов. Логика электронного оборудования может быть построена на основе элементарных схем типа НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, но можно объединить такие схемы в стандартные интегральные схемы (модули), например, серий 7400, 7402 или 7404. Модульность-это разделение программы на фрагменты, которые компилируются по отдельности, но могут устанавливать связи с другими модулями. Конечной целью декомпозиции программы на модули является снижение затрат на программирование за счет независимой разработки и тестирования. Для небольших задач допустимо описание всех классов и объектов в одном модуле. Однако для большинства программ (кроме самых тривиальных) лучшим решением будет сгруппировать в отдельный модуль логически связанные классы и объекты, оставив открытыми те элементы, которые совершенно необходимо видеть другим модулям.

В традиционном структурном проектировании модульность-это искусство раскладывать подпрограммы по кучкам так, чтобы в одну кучку попадали подпрограммы, использующие друг друга или изменяемые вместе. В объектно-ориентированном программировании ситуация несколько иная: необходимо физически разделить классы и объекты, составляющие логическую структуру проекта.

Принципы абстрагирования, инкапсуляции и модульности являются взаимодополняющими. Объект логически определяет границы определенной абстракции, а инкапсуляция и модульность делают их физически незбылемыми.

Выше были указаны два возможных вида иерархии сложных систем в реальном мире. В объектно-ориентированном программировании основным видом иерархии "is-a" является концепция наследования. Наследование означает такое отношение между классами (отношение родитель/потомок), когда один класс заимствует структурную или функциональную часть одного или нескольких других классов (соответственно, одиночное и множественное наследование). Иными словами, наследование создает такую иерархию абстракций, в которой подклассы наследуют строение от одного или нескольких суперклассов. Принципы инкапсуляции и наследования находятся между собой в некоем здоровом конфликте. Инкапсуляция данных создает барьер, скрывающий состояние и функции объекта; принцип наследования требует открыть доступ и к состоянию, и к функциям объекта для производных объектов. Компромисс между наследованием и инкапсуляцией; наиболее гибким в этом отношении является C++. В нем интерфейс класса может быть разделен на три части: закрытую (private), видимую только для самого класса; защищенную (protected), видимую также и для подклассов; и открытую (public), видимую для всех.

Если иерархия "is a" определяет отношение "обобщение/специализация", то отношение "part of" (часть) вводит иерархию агрегации. Например, имеются много различных типов объектов в AutoCAD ActiveX интерфейсе. Каждый описанный объект представляет определенную часть AutoCAD. Например, графические объекты типа линий, дуг, текста, и размеров -объекты; организационные структуры типа уровней, групп, и блоков тоже объекты, даже рисунок и AutoCAD прикладная программа – объекты. Объекты структурированы иерархическим способом в так называемой объектной модели. Агрегация есть во всех языках, использующих структуры или записи, состоящие из разнотипных данных. Но в объектно-ориентированном программировании она обретает новую мощь: агрегация позволяет физически сгруппировать логически связанные структуры, а наследование с легкостью копирует эти общие группы в различные абстракции.

Мы рассмотрели систему с двух точек зрения, как иерархию первого и второго типа. Назовем эти иерархии соответственно структура объектов и структура классов. Объектов в сложной системе обычно гораздо больше, чем классов. Если бы мы не знали структуру классов нашей системы, нам пришлось бы повторять одни и те же сведения для каждого экземпляра класса. С введением структуры классов мы размещаем в ней общие свойства экземпляров. Объектная структура важна, так как она иллюстрирует схему взаимодействия объектов друг с другом, которое осуществляется с помощью механизмов взаимодействия. Структура классов не менее важна: она определяет общность структур и поведения внутри системы. Зачем, например, изучать фотосинтез каждой клетки отдельного листа растения, когда достаточно изучить одну такую клетку, поскольку мы ожидаем, что все остальные ведут себя подобным же образом. И хотя мы рассматриваем каждый объект определенного типа как отдельный, можно предположить, что его поведение будет похоже на поведение других объектов того же типа. Классифицируя объекты по группам родственных абстракций (например, типы клеток

растений в противовес клеткам животных), мы четко разделяем общие и уникальные свойства разных объектов, что помогает нам затем справиться со свойственной им сложностью.

Перспективы дальнейших исследований

В настоящее время объектно-ориентированное проектирование -единственная методология, позволяющая справиться со сложностью, присущей очень большим системам прежде всего потому, что объектная модель ориентирована на человеческое восприятие мира. Однако, создание, развитие и совершенствование программных систем по-прежнему невозможно без участия человека. Достаточно перечислить проблемы самостоятельного выделения сущностей (классов), определения иерархий обоих видов, развития системы по мере усложнения и т.п. Интересным в этом направлении является проблема хранения информации и доступа к ней. Все эти проблемы ждут своего решения.

Литература

1. Свирневский Н.С. Оценка возможности имитации интеллекта на компьютере // Вісник ТУП. Технічні науки. – 2004. – № 1, Ч.1. – С. 166-168.
2. Гради Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. – 3-е изд. – М.: Диалектика-Вильямс, 2008.

Надійшла 6.11.2008 р.

УДК 004.33: 681.7

С.М. ЦИРУЛЬНИК, В.П. КОЖЕМ'ЯКО, В.І. РОПТАНОВ
Вінницький національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЛОГІКО-ЧАСОВОГО ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ПРОЦЕСОРА

Запропоновано практичні аспекти застосування логіко-часового оптоелектронного процесора у сучасних мультимедійних системах, кіноіндустрії, відеосистемах індивідуального користування, дорожній відеолабораторії, геодезії.

Вступ

Задача обробки зображень для різних галузей науки і техніки є актуальною. При цьому необхідно обробляти масиви великих розмірів за малі проміжки часу. Традиційні засоби обробки не дозволяють розв'язувати поставлену задачу в повному обсязі. Це пов'язано з проблемою послідовного введення – виведення інформації в ЕОМ та послідовними алгоритмами обробки точок зображення. Алгоритми обробки орієнтовані на конвеєрні, матричні, систолічні структури, які при послідовному чи послідовно-паралельному введенні вхідної інформації не можуть забезпечити необхідну швидкість в реальному часі.

Оптичні нейрокомп'ютери можуть використовуватись на таких напрямках, як: розпізнавання образів, нейронні мережі для розв'язання завдань адаптивного управління системами в динамічно змінній обстановці; обробка сигналів: адаптивне керування фазованими антенними ґратами, супровід та паралельне відстеження в режимі реального часу траєкторії багатьох цілей, оперативний спектральний аналіз оптичних або інфрачервоних сигналів, стиснення зображень, виділення контурів, фільтрація фону, завад; спеціалізовані оптоелектронні процесори для швидкого розв'язку стандартних задач великої розмірності.

Аналіз публікацій

Перспективним напрямком є розвиток оптоелектронних засобів, а особливо введення-виведення та перетворення інформації, побудованих на матричній обробці зображення.

Перераховані операції найбільш ефективно можуть бути реалізовані в оптоелектронному багатофункціональному мікропроцесорі, який є базовим у процесорному елементі матричних структур [1].

У роботах [2 – 4] розглядаються архітектурні особливості побудови оптоелектронного багатофункціонального мікропроцесора логіко-часового типу.

Постановка задачі

Метою статті є розгляд практичних аспектів застосування логіко-часового оптоелектронного процесора, що надасть можливість впроваджувати прикладні око-процесорні системи, проблемно-орієнтовані оптичні інформаційно-обчислювальні системи у різні галузі науки та техніки. Для досягнення мети поставлена задача зробити аналіз можливого застосування логіко-часового оптоелектронного процесора у сучасних мультимедійних системах, кіноіндустрії, відеосистемах індивідуального користування, геодезії.

Застосування логіко-часового оптоелектронного процесора

При створенні автоматизованих систем обробки зображень необхідно розв'язувати задачі, які пов'язані з використанням базових обчислювальних функцій. Базовими обчислювальними функціями є: геометричні перетворення (поворот, масштабування, зсув), перетворення сітки дискретизації, проектування зображень на

координатну вісь. Перераховані операції найбільш ефективно можуть бути реалізовані у багатофункціональному логіко-часовому оптоелектронному процесорі [2].

Оптоелектронний процесор одночасно використовує переваги оптики й електроніки з обробки зображень, може широко використовуватись у радіолокаційних, радіонавігаційних, обчислювальних, медичних системах.

Спроби розробників створили систему проектування зображень із телевізійного на вторинний екран, що дають ефект "переглядового залу" [5]. Система має набір проєкційних лінз та об'єктів розміром з телеекран. Зображення з екрану проєктується за допомогою лінз на оглядовий екран. Тракт передачі має високий коефіцієнт корисної дії (ККД), але від вторинного екрана світло дифузно розсіюється, й ККД знижується. Покращити дану систему можливо за допомогою оптоелектронного процесора-перетворювача, який безпосередньо перетворює зображення з екрану телеприймача [5]. Перетворювач містить оптичний комплект, який монтується на площині екрану телеприймача.

Система Visionary Space фірми «3D Inc» [6] повністю занурює глядача у віртуальний 3-вимірний простір. Зображення 3-вимірного простору створюються комп'ютером, який відстежує в реальному масштабі часу рух голови глядача з допомогою закріпленого на ній датчика. Зображення проєктується чотирма проєкторами на чотири екрана навколо глядача: попереду, ліворуч, праворуч та під глядачем. Якщо він пересувається або повертає голову, його рух відстежується й зображення, що проєктується, також зсувається. Завдяки проєкції навколо глядача й відстеженні його в реальному часі у глядача створюється уявлення повного занурення у віртуальний простір. Об'ємне зображення може спостерігати група глядачів.

Надзвичайно важливою проблемою сучасного кіновідеовиробництва й процесу створення спецефектів є проблема генерованих комп'ютером об'ємних елементів (Computer Generated Imagery (CGI)) у реальні сцени. Оцифровані елементи заднього плану повинні бути точно суміщені з CGI – елементами. Таку інтеграцію ускладнює відсутність трьохмірної моделі місцевості або об'єктів, відзнятих для заднього плану сцени. Таким чином виробникам кіно-і телепродукції гостро потрібна недорога система, яка може ефективно запам'ятовувати 3-мірну конфігурацію місцевості й будь-яких об'єктів з реального світу. Трьохмірну інформацію [7] про природні об'єкти отримують або за допомогою топографічних інструментальних досліджень, або за допомогою топографічного аерофотоапарата. Процес інструментальної топографії має високу точність, але досить повільний. Топографічний аерофотоапарат створює більш повну модель, але він надто дорогий. Реалізувати потреби кіноіндустрії можливо на базі оптоелектронного процесора. Система PANASCAN [8] виконує такі задачі й дозволяє робити 3D – сцени за допомогою радіолокатора, створеного на базі лазера. Результуючі дані містять вимірювання за координатами X, Y, Z.

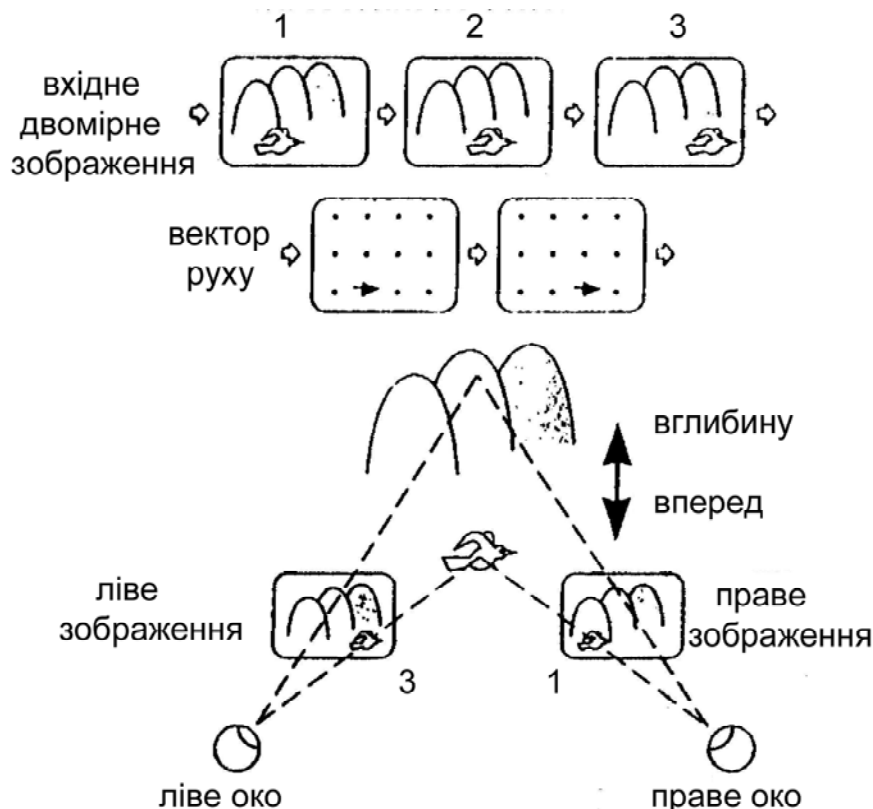


Рис. 1. Перетворення плоских телевізійних зображень у об'ємні методом Modified Time Difference (MTD)

Оптоелектронний процесор можливо використати для перетворення плоских телевізійних зображень в об'ємні методом Modified Time Difference (MTD) [6]. Ідею способу MTD легко зрозуміти з рис. 1, на якому об'єкт зйомки (птах) рухається зліва направо на фоні розташованих гір. Якщо правому оку показувати

зображення з деякою затримкою по відношенні до лівого ока, то ліве й праве око побачать птаха з зміщенням по горизонталі й виникає паралакс. Завдяки паралаксу між лівим й правим зображенням буде уявлятися, що птах вилітає з гір вперед до глядача. Якщо об'єкт зйомки рухається в зворотному напрямку затримані зображення показують лівому оку.

Спосіб MTD дозволяє перетворювати в об'ємні тільки плоскі зображення, які містять рух у горизонтальному напрямку. Він не здатний забезпечувати ефективне перетворення нерухомих зображень. Для таких зображень придатний спосіб Computer Image Depth (CID).

За способом CID перетворення двомірних зображень у змірні здійснюється шляхом оцінки глибини на різних ділянках 2D – зображення й утворення паралаксу, що відповідає глибині. Двомірне зображення розкладається на $m \times n$ зон, й за кожною зоною оцінюється глибина. Зони групуються за об'єктами зображень. Із зображення, що необхідне для оцінки глибини кожної зони, виділяється високочастотна складова й контраст. Застосовуючи MTD та CID в оптоелектронному процесорі, можливо побудувати великі інтегральні схеми для перетворення плоских зображень в об'ємні.

Під час дистанційного контролю аварійних об'єктів, наприклад, за допомогою інфрачервоної ТВ – системи [9], захоплений кадр для аналізу може мати невисоку якість (малий контраст та низька розрізняюча здібність). Обробка одиночного кадру не призводить до покращення параметрів зображення. Аналізу підлягає послідовність суміжних кадрів. Рух об'єкта розділяється на 2 фази: обертання (параметри оцінюються методами морфології) й зсув (використовується фільтр Калмана). Після знаходження параметрів переміщення перетворенню піддають усі точки, що належать об'єкту. За етапом стабілізації виконується етап обробки, на якому використовуються дані всіх кадрів послідовності.

Система відображення даних на базі оптоелектронного процесора [2] дозволяє створювати лазерні термінали, телевізори, відеомагнітофони без екрану для індивідуального користування. Його доцільно застосовувати там, де потрібна мінітюаризація. Наприклад, лікар на операції повинен бачити збільшене зображення судин. Поставити великий монітор біля операційного столу недоцільно, так як монітор займає багато місця і лікар не бачить під час операції своїх рук. А у такій системі, зображення від "терміналу" поступає безпосередньо на сітчатку ока за допомогою лазерного променя. При використанні 2-х передавальних мінікамер можливо отримати об'ємне зображення [10]. Така система корисна для корекції зору. Оптичний блок переміщається вздовж документу будь-якого розміру, збільшене в 25 раз зображення з'являється на "віртуальному" екрані перед очима людини.

Оптоелектронний процесор можливо застосувати в дорожній відеолабораторії [11]. Лабораторія дозволяє визначати: лінійні розміри дороги та її елементів, висоту вертикально орієнтованих елементів дороги, адресну прив'язку елементів дороги, площину дорожнього покриття й окремих його частин, оцінку стану дорожніх об'єктів.

Для дистанційного зондування землі з космосу [12, 13] використовується програмне забезпечення Orthospace. Orthospace виконує геометричні виправлення вихідних знімків шляхом їх трансформації на горизонтальну площину, ортотрансформування знімків. Функції геодезичного калькулятора (перехід з однієї проекції в іншу, з однієї системи координат до іншої, взаємне перетворення картографічних проекцій). Аналогічні задачі можливо виконувати на базі оптоелектронного процесора, де досить ефективно можливо виконувати різні геометричні перетворення, перетворення сітки дискретизації та інші.

Висновки

Оптоелектронний процесор найбільше ефективний при виконанні спеціалізованої задачі, при жорстких алгоритмах функціонування. При цьому його структура визначається характером задачі, що розв'язується.

Література

1. Морозов В. Н. Оптоелектронные матричные процессоры. – М.: Радио и связь, 1986. – 112 с.
2. Кожем'яко В. П., Лисенко Г. Л., Цирульник С. М. Архітектура логіко-часового оптоелектронного процесора обробки зображень // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2004. – № 1 (7). – С. 103–110.
3. Kojemiako V., Lysenko G., Tsirulnik S. Architecture of the logic-hour optoelectronic processor // International Conference on Optoelectronic Information Technologies "PHOTONICS-ODS 2000". – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2000. – С. 60.
4. Кожем'яко В. П., Лисенко Г.Л., Цирульник С. М. Організація багатofункціонального паралельного процесора з оперативною пам'яттю // Матеріали III International Conference on Optoelectronic Information Technologies "PHOTONICS-ODS 2005". – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 2005. – С. 56-57.
5. Техника виртуальной реальности в Японии. Мультимедиа // ТКТ. – 1999. – № 7. – С. 62-63.
6. Преобразование плоских телевизионных изображений в объемные. Новости техники и технологии // ТКТ. – 1999. – № 6. – С. 9-11.
7. Быков В.В. Виртуальные студии для телевизионного производства. Новости техники и технологии // ТКТ. – 1999. – № 5. – С.10-11.
8. Система Panascan. Коротко о новом // ТКТ. – 2000. – № 6. – С.34.
9. О повышении качества изображения. AV – обозрение // ТКТ. – 2000. – № 1. – С. 57.
10. Медтехника 99. AV обозрение // ТКТ. – 1999. – № 9. – С. 65.

11. Дорожная видеолaborатория. AV – обозрение // ТКТ. – 2000. – № 1. – С. 62.
12. Чекалкин В.Ф., Головый Ю. В., Некрасов В.В. Программное обеспечение Orthospace: назначение и возможности // Материалы конференции по проблемам ввода и обновления пространства и информации. – М., 29-3 марта 2000.
13. Чекалкин В. Ф. Ортоотраформирование фотоснимков. – М.: Недра, 1986. – 168 с.

Надійшла 8.11.2008 р.

УДК 621.317

В.С. ОСАДЧУК, О.В. ОСАДЧУК, Ю.А. ЮЩЕНКО, О.О. ЯРОСЛАВЦЕВ
Вінницький національний технічний університет

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ВИТРАТОМІР З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ

У даній роботі представлені дослідження мікроелектронного витратоміра з частотним виходом. Показана можливість перетворення витрат газового середовища на основі автогенераторного пристрою, що складається з двох біполярних і польового транзисторів, а також електричного моста, в плечах якого включені чутливі елементи на основі напівпровідникових діодів. Отримані аналітичні залежності функції перетворення і рівняння чутливості. Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що чутливість розробленого витратоміра з частотним виходом складає 500 -1300 Гц/л/год.

Вступ

Частотні перетворювачі мають ряд переваг перед аналоговими, які полягають у значному підвищенні завадостійкості, що дозволяє збільшити точність вимірювання, а також у можливості одержання великих вихідних сигналів. Це дозволяє відмовитись від підсилювальних пристроїв у наступній обробці сигналів. Використання частотного сигналу в якості інформативного дозволяє відмовитись від аналого-цифрових перетворювачів, що підвищує економічність вимірювальної апаратури [1].

В даний час ведуться інтенсивні дослідження з вивчення властивостей аналогових витратомірів [2-4], хоча дослідження характеристик витратомірів з частотним виходом на основі реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором знаходяться на початковій стадії. Тому дана робота присвячена дослідженню основних параметрів витратомірів газу на основі вищезгаданих структур.

Експериментальні та теоретичні дослідження

Електрична схема мікроелектронного витратоміра надана на рис. 1. Вона являє собою гібридну інтегральну схему, що складається з двох біполярних VT2, VT3 і польового транзисторів VT1, опорів R3-R8, а також моста, який містить опори R1-R2 та термочутливі діоди VD1 і VD2. Діоди VD1 і VD2 розташовані у вимірювальній теплоізолюваній трубці 1,0x0,1, яка виготовлена зі сталі марки X18H01T, довжина якої дорівнює 80 мм. Вимірювальна трубка захищена кожухом. Нагрівач виконаний з проводу ПЭВММ Ø 0,05 мм, довжина обмотки 8 мм. Діоди виготовлені на основі безкорпусних транзисторів КТ307, що дозволяє отримати високу точність перетворювача в порівнянні з приладами, що вимірюють температуру на основі диференціальних термобатарей [2]. Дана схема дозволяє реалізувати автогенераторний пристрій, в якому коливальний контур складається з еквівалентної ємності повного опору на електродах стоку польового транзистора VT1 і колектор біполярного транзистора VT2 та активного індуктивного елемента на основі транзистора VT3 з фазозсуваючим колом R9C1 [5]. При проходженні потоку повітря через вимірювальну трубку відбувається зміна температури термочутливих діодів VD1 і VD2, яка пропорційна кількості втрат повітря, що пройшло через вимірювальну трубку. Зміна температури діодів викликає зміну вихідної напруги моста, що призводить до зміни еквівалентної ємності коливального контуру, а це викликає зміну резонансної частоти автогенератора. Втрати енергії в коливальному контурі компенсуються від'ємним опором [6]. Оскільки у роботі пристрою використано активний індуктивний елемент, то розглянемо фізичний механізм роботи такого елемента на основі біполярного транзистора VT3 з фазозсуваючим колом R9C1, що дозволяє регулювати величину індуктивності і добротності елемента.

Виникнення індуктивних властивостей у біполярних структурах пов'язане з кінцевою швидкістю руху носіїв заряду в базовій області. Сигнал, прикладений до емітера, не може з'явитися на колекторному переході поки носії заряду проходять базу, в результаті чого виникає затримка в часі, яка отримала назву часу прольоту. Таким чином, струм колектора відстає в часі від напруги на емітері, яка викликала цей струм, що відповідає індуктивній реакції на електродах емітер-колектор біполярного транзистора. Величина індуктивності і добротності визначається на основі нелінійної моделі індуктивного транзистора, заснованої на моделі Еберса-Молла, яка отримана із загальної математичної моделі транзистора. Вихідними даними для даної моделі є система основних рівнянь, які описують поведінку носіїв заряду в напівпровідниковому матеріалі, а також математичні співвідношення, які характеризують поведінку р-п переходів. Індуктивність теоретичної моделі залежить від електрофізичних параметрів напівпровідникового матеріалу бази, режиму живлення транзистора за постійною і змінною напруг, а також від геометричних розмірів транзистора, що дозволяє керувати її

величиною як електричним, так і технологічним шляхами. Зовнішні параметри транзистора, які безпосередньо не пов'язані із процесами переносу носіїв заряду, такі як бар'єрні ємності емітерного і колекторного переходів, омичний опір базової області, індуктивності виводів істотно впливають на величину індуктивності, що виникає в процесі переносу носіїв заряду в базовій області. Включення зовнішнього R9C1-кола до транзистора VT3 дозволяє збільшити як індуктивність, так і добротність активного елемента з одного боку, а з іншого боку – повністю реалізувати як активний індуктивний елемент, так і весь пристрій за інтегральною технологією.

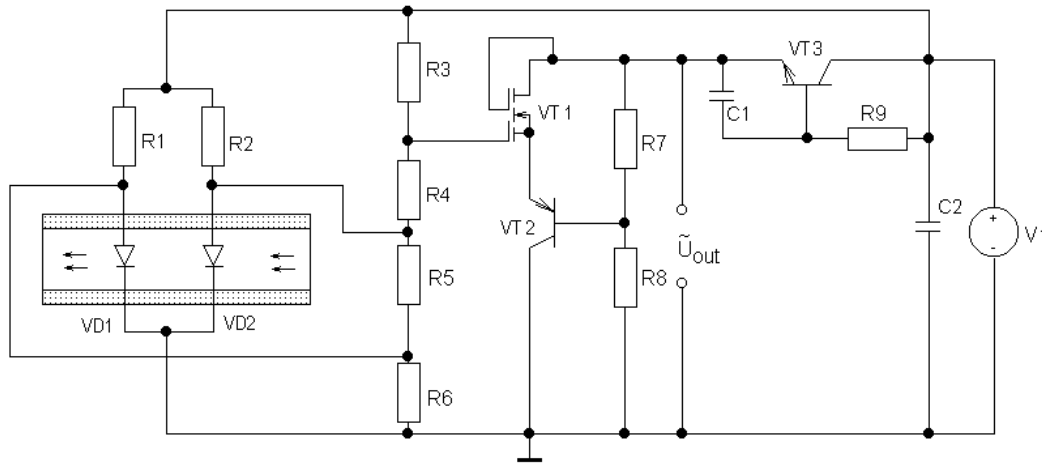


Рис. 1. Схема мікроелектронного витратоміра з частотним виходом

Величина еквівалентної індуктивності активного елемента визначається виразом [5]

$$L_{ekv} = \frac{1}{\omega} \frac{A_4 A_1 - A_3 A_2}{A_1^2 + A_2^2}, \quad (1)$$

де

$$A_1 = \omega C_1 \left[(r_B + r_E - R_9 \alpha_1)^2 - (R_9 \alpha_2)^2 + \frac{1}{(\omega C_1)^2} \right],$$

$$A_2 = \omega C_1 [2R_9 \alpha_2 + (r_B + r_E - R_9 \alpha_1)],$$

$$A_3 = \left[R_9 \alpha_1 (r_B + r_E - R_9) + (r_B + r_E) \frac{R_9^2}{r_K} - 2 \frac{R_9^3}{r_K} \alpha_1 + \frac{R_9^2 \alpha_2^2}{(\omega C_1)^2} \right],$$

$$A_4 = \left[2R_9^2 \alpha_1 \alpha_2 - (r_B + r_E) R_9 \alpha_2 - \frac{2R_9^3}{r_K} \alpha_2 \right],$$

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1 + (f/f_\alpha)^2} \text{ – дійсна складова коефіцієнта передачі струму в схемі із загальною базою,}$$

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_0 f / f_\alpha}{1 + (f/f_\alpha)^2} \text{ – уявна складова коефіцієнта передачі струму в схемі із загальною базою,}$$

де r_B, r_K – відповідно опір бази і колектора транзистора VT3, f_α – гранична частота біполярного транзистора в схемі із загальною базою, f – робоча частота, $\omega = 2\pi f$ – кругова частота.

Добротність активного індуктивного елемента визначається за формулою

$$Q = \frac{(A_4 A_1 - A_3 A_2) \omega C_1}{\omega C_1 (A_3 A_1 + A_4 A_2) - (A_1^2 + A_2^2)}. \quad (2)$$

Розглянемо залежність опору і ємності термочутливих діодів від температури. Згідно з теорією напівпровідникових приладів можна записати [7]

$$R_E = \frac{kT}{qI_E}, \quad (3)$$

$$C_D = I_E \frac{q}{kT} \tau_n, \quad (4)$$

де q – заряд електрона, k – стала Больцмана, T – температура, τ_n – час життя електронів, I_E – струм емітера. У свою чергу, витрати повітря Q залежать від зміни температури таким чином [8]:

$$Q = \left[\frac{1}{K_2} \left(\frac{UI}{T - T_0} - K_1 \right) \right]^n, \quad (5)$$

де K_1 і K_2 – константи приладу, U, I – напруга і струм на діодах, T – температура діодів, T_0 – температура навколишнього середовища, $n \approx 0,5$.

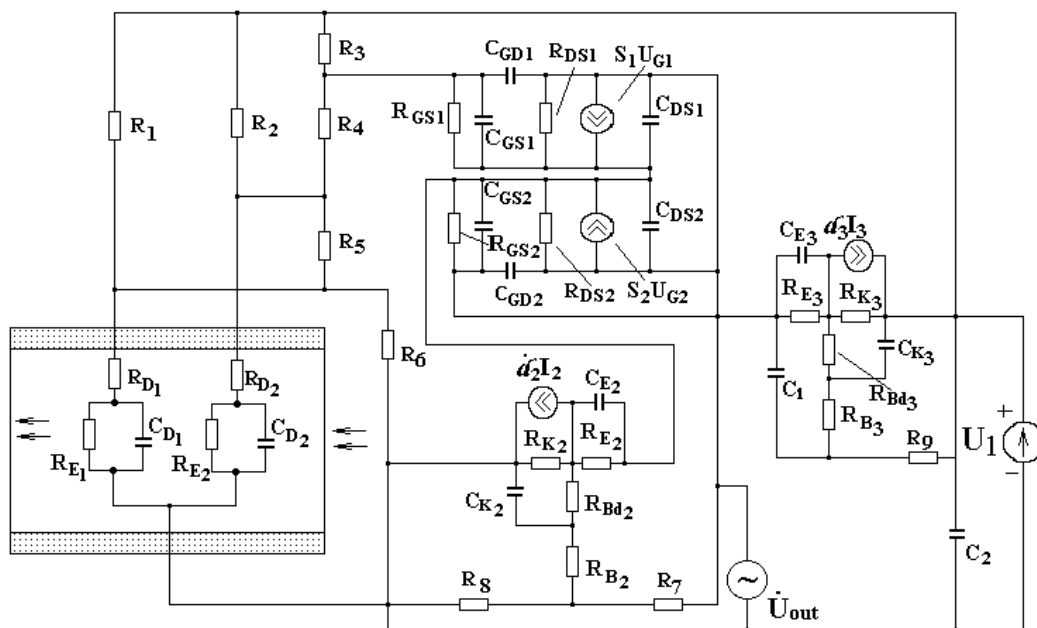


Рис. 2. Еквівалентна схема мікроелектронного витратоміра з частотним виходом

Аналітичну залежність функції перетворення можна визначити на основі еквівалентної схеми пристрою, яка надана на рис. 2, виходячи з теорії стійкості Ляпунова [9]. Функція перетворення має вигляд

$$F_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{B_1 + \sqrt{B_1 + 4L_{ekv}C_{GD}(C_D(Q)R_E(Q))^2}}{2L_{ekv}C_{GD}(R_E(Q)C_D(Q))^2}}, \quad (6)$$

де $B_1 = L_{ekv}C_{GD} - (C_D(Q)R_E(Q))^2 - C_{GD}C_D(Q)R_E^2(Q)$,

L_{ekv} – еквівалентна індуктивність активного елемента, C_D, R_E – дифузійна ємність та опір термочутливих діодів VD1 і VD2, C_{GD} – ємність затвор-стік польового транзистора VT1. Графічна залежність функції перетворення надана на рис. 3.

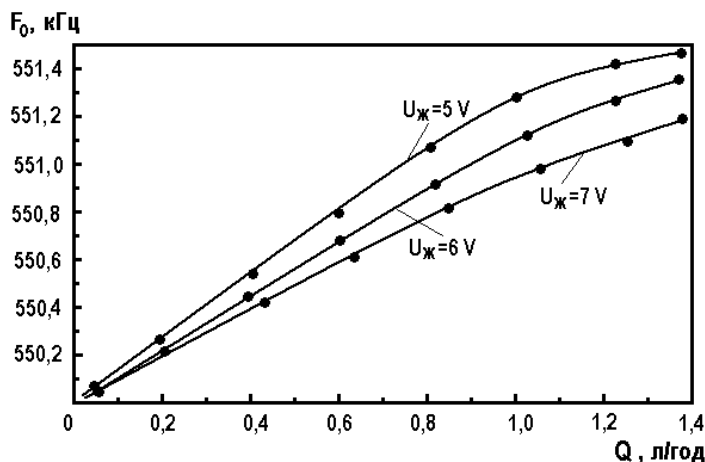


Рис. 3. Залежність частоти генерації від витрат газу

Чутливість витратоміра визначається на основі виразу (6) і описується рівнянням

$$S_Q^{F_0} = -0.0198 \left(-2C_D(Q)R_E^3(Q)C_{GD} \left(\frac{\partial C_D(Q)}{\partial Q} \right) \sqrt{B_1 + 2B_2} - 2C_D^2(Q)R_E^3(Q) \left(\frac{\partial C_D(Q)}{\partial Q} \right) \right) \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
& -2C_D^3(Q)R_E^2(Q)\left(\frac{\partial R_E(Q)}{\partial Q}\right) - 3C_D(Q)R_E^3(Q)C_{GD}\left(\frac{\partial C_D(Q)}{\partial Q}\right) - 2C_{GD}C_D^2(Q)R_E^2(Q) \times \\
& \times \left(\frac{\partial R_E(Q)}{\partial Q}\right) + 8C_D^2(Q)R_E^3(Q)L_{ekv}C_{GD}\left(\frac{\partial C_D(Q)}{\partial Q}\right) + 8L_{ekv}C_{GD}C_D^2(Q)R_E^2(Q)\left(\frac{\partial R_E(Q)}{\partial Q}\right) + \\
& + L_{ekv}C_{GD}R_E(Q)\left(\frac{\partial C_D(Q)}{\partial Q}\right)\sqrt{B_1+2B_2} + 4R_E(Q)\left(\frac{\partial C_D(Q)}{\partial Q}\right)L_{ekv}C_{GD} + 4C_D(Q)L_{ekv}C_{GD} \times \\
& \times \left(\frac{\partial R_E(Q)}{\partial Q}\right)\sqrt{B_1+2B_2} + 4L_{ekv}C_{GD}C_D(Q)\left(\frac{\partial R_E(Q)}{\partial Q}\right) \Big/ \left(\left(2\sqrt{B_1} + \sqrt{B_1+2B_2} / B_2 \right) \times \right. \\
& \left. \times L_{ekv}C_{GD}C_D^3(Q)R_E^3(Q)\sqrt{B_1+2B_2} \right)
\end{aligned}$$

де $B_2 = 2L_{ekv}C_{GD}(C_D(Q)R_E(Q))^2$.

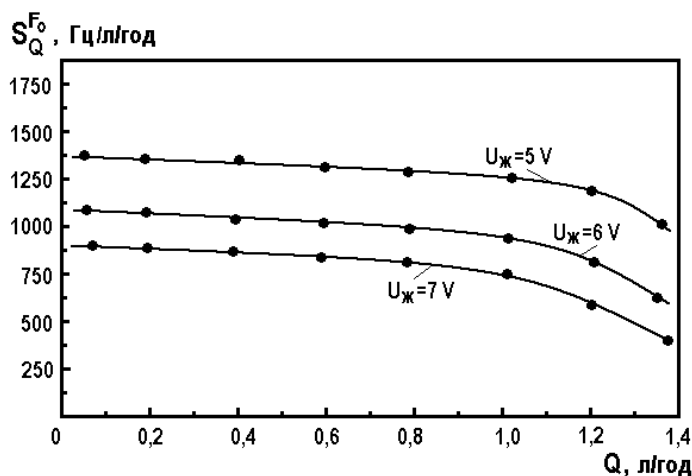


Рис. 4. Залежності чутливості витратоміра від витрат газового середовища

Графік залежності чутливості витратоміра з частотним виходом подано на рис. 4. Як видно із графіка, чутливість пристрою складає 500 -1300 Гц/л/год.

Висновки

Показана можливість перетворення витрат газового середовища на основі автогенераторного пристрою, що складається з двох біполярних і польового транзисторів, а також електричного моста, в плечах якого включені чутливі елементи на основі напівпровідникових діодів. Отримані аналітичні залежності функції перетворення і рівняння чутливості. Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що чутливість розробленого витратоміра з частотним виходом складає 500 -1300 Гц/л/год.

Література

1. Новицкий П.В., Кноринг В.Г., Гутников В.С. Цифровые приборы с частотными датчиками. – Ленинград: Энергия, 1970. – 424 с.
2. Кремлевский П.П. Расчет и конструирование расходомеров. – Ленинград: Машиностроение, 1978. – 223 с.
3. Пістун Е., Лесовой Л. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. – Львів: ЗАТ "Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв", 2006. – 570 с.
4. Измерение электрических и неэлектрических величин / Евтихийев Н.Н., Купершмидт Я.А., Папуловский В.Ф., Скугоров В.Н. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 349 с.
5. Осадчук В.С., Осадчук О.В. Реактивні властивості транзисторів і транзисторних схем. – Вінниця: «Універсум-Вінниця», 1999. – 275с.
6. Осадчук О.В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором. – Вінниця: «Універсум-Вінниця», 2000. – 303 с.
7. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Радио и связь, 1990. – 264 с.
8. Виглеб Т. Датчики. – М.: Мир, 1989. – 196 с.
9. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1968. – 720 с.

Надійшла 7.11.2008 р.

ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАСТОТНОГО ОПТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Отримано аналітичний вираз вольт-амперної характеристики оптичного частотного перетворювача для контролю плазмохімічних процесів на основі системи рівнянь Кірхгофа, складеної для еквівалентної схеми перетворювача по постійному струму. Проведені експериментальні дослідження показали, що похибка розрахунку становить 5 %.

Вступ

Для вибору робочої точки автогенератора частотного оптичного перетворювача необхідним є визначення його вольт-амперної характеристики. Одним із способів розрахунку вольт-амперних характеристик напівпровідникових структур з від'ємним опором є метод поєднання вольт-амперних характеристик транзисторів, що входять до складу схеми [1, 2]. Однак такий метод спричиняє певні неточності, оскільки вимагає накладання певних умов однакового падіння напруги на електродах стік-витік та однакового значення порогових напруг транзисторів, що не застосовується на практиці. Для того, щоб позбутися цих обмежень для побудови вольт-амперної характеристики використано еквівалентну схему, для якої складено систему рівнянь Кірхгофа, застосувавши метод вузлових потенціалів, який є найбільш пристосований для виконання обчислень за допомогою ЕОМ [3]. Оптичний частотний перетворювач призначено для використання в системах контролю плазмохімічних процесів для підвищення ефективності контролю [4, 5].

Метою даної роботи є визначення вольт-амперної характеристики перетворювача для вибору робочої точки на основі еквівалентної схеми та складених для неї рівнянь Кірхгофа.

Визначення вольт-амперної характеристики

На рис. 1 представлена схема оптичного частотного перетворювача з чутливим елементом – фоторезистором [4]. Максимальна спектральна чутливість фоторезистора відповідає довжині хвилі пропускання інтерференційного світлофільтру, що використовується для виділення контрольної смуги із загального спектру випромінювання плазми.

Для визначення вольт-амперної характеристики складемо еквівалентну схему по постійному струму (рис. 2).

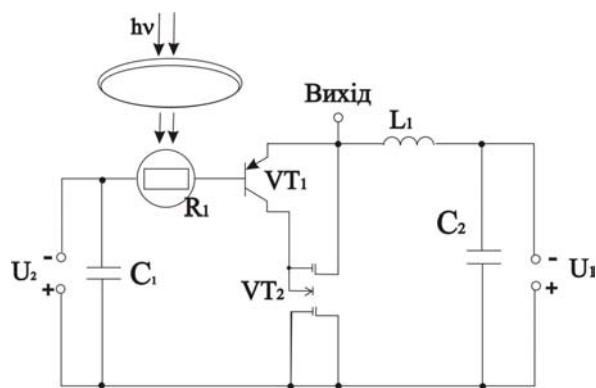


Рис. 1. Схема частотного оптичного перетворювача на основі біполярного та МДН-транзистора

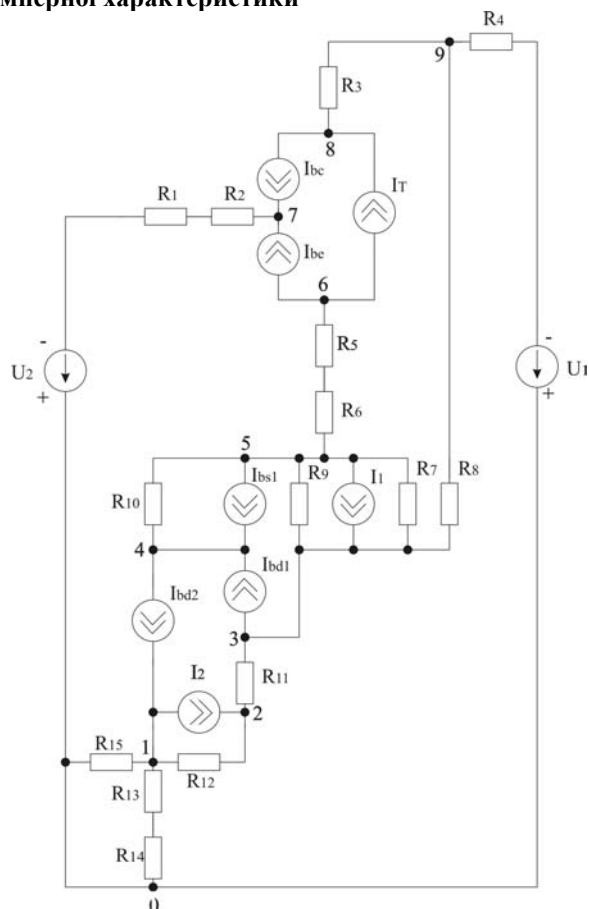


Рис. 2. Еквівалентна схема оптичного перетворювача по постійному струму

В еквівалентній схемі використано такі умовні позначення: R_1 – опір фоторезистора; R_2 – опір бази транзистора VT_1 ; R_3 – опір колектора транзистора VT_1 ; R_4 – опір індуктивності коливального контуру; R_5 – опір емітера транзистора VT_1 ; R_6 – опір стоку транзистора VT_2 ; R_7 – опір стік-затвор двозатворного

транзистора VT2; $R8$ – опір затвору транзистора VT2; $R9$, $R11$ та $R12$ – опори витоку-стоку двозатворного транзистора VT2; $R10$ – опір підкладки; $R13$ – опір стік-другий затвор двозатворного транзистора VT2; $R14$ – омичний опір другого затвора двозатворного транзистора VT2; $R15$ – опір p-n переходу витоку. Струми біполярного транзистора $I3$, $I4$, $I5$ визначаються за формулами [6]:

$$I3 = (I_{be1} - I_{bc1}) / Q_b, \quad I4 = I_{bc1} / BR, \quad I5 = I_{be1} / BF,$$

де BR – максимальний коефіцієнт підсилення струму в інверсному режимі;
 BF – максимальний коефіцієнт підсилення струму в нормальному режимі;
 Q_b – заряд в базі;

I_{be1} та I_{bc1} – струми база-емітер та база-колектор, які визначаються за формулами [6]:

$$I_{be1} = I_s (\exp(U_{be} / (NF * U_T)) - 1),$$

$$I_{bc1} = I_s (\exp(U_{bc} / (NR * U_T)) - 1),$$

де I_s – струм насичення при температурі 270 °C;

$$U_T = kT / q;$$

U_{be} та U_{bc} – напруги на переходах база-емітер та база-колектор;

NF – коефіцієнт не ідеальності в нормальному режимі;

NR – коефіцієнт не ідеальності в інверсному режимі.

Заряд в базі визначається за формулою [6]:

$$Q_b = Q_1 (1 + (1 + 4Q_2)^{NK}) / 2,$$

де $Q_1 = 1 / (1 - U_{bc} / U_{AF} - U_{be} / U_{AR});$

$$Q_2 = I_{be} / I_{KF} + I_{bc} / I_{KR};$$

U_{AF} та U_{AR} – напруга Ерлі в нормальному та інверсному режимах; I_{KF} – точка початку спаду залежності BF від струму колектора в нормальному режимі; I_{KR} – точка початку спаду залежності BR від струму емітера в інверсному режимі; NK – коефіцієнт, який визначає множник Q_b .

Об'ємний опір бази описується виразом:

$$R_b = \begin{cases} R_{bm} + (R_{bx} - R_{bm}) / Q_b \text{ при } I_{Rb} = \infty, \\ R_{bm} + 3(R_{bx} - R_{bm}) \frac{\operatorname{tg} x - x}{x * \operatorname{tg}^2 x} \text{ при } I_{Rb} > 0, \end{cases}$$

де $x = \frac{\sqrt{1 + 14,59025 I_b / I_{Rb}} - 1}{2,4317 \sqrt{I_b / I_{Rb}}};$

R_{bx} – максимальний об'ємний опір бази при нульовому зміщенні; R_{bm} – максимальний опір бази при великих струмах; I_{Rb} – струм бази, при якому опір бази зменшується на 50 % від повного перепаду між R_b та R_{bm} .

Струми стік-витік $I1 = I2$ МДН-транзистора в лінійному режимі ($U_{DS} < (U_{gs} - U_T)$) визначаються за формулою [7]:

$$I1 = \frac{\mu C_0 W}{L} \left((U_{GS} - U_T) U_{DS} - \frac{U_{DS}^2}{2} \right),$$

де W – ширина каналу, L – довжина каналу.

Порогова напруга МДН-транзистора визначається за формулою [7]:

$$U_T = \varphi_{SiO_2} + 2\varphi_B - \frac{Q_S}{C_0} + \frac{1}{C_0} \sqrt{4\epsilon_S q N_A \varphi_B},$$

де Q_S – питомий поверхневий заряд, Ф/м²; ϵ_S – відносна електрична проникність напівпровідника; N_A – концентрація домішок; C_0 – питома ємність оксиду.

Потенціал Фермі описується за формулою:

$$\varphi_B = \pm kT / q \ln(N_A / n_i).$$

В режимі насичення при $U_{DS} \geq (U_{GS} - U_T)$ струм стік-витік визначається як [6]:

$$I1 = \frac{\mu C_0 W}{6L} \left((U_{GSat} + 2\varphi_B)^2 + U_{GS} (U_{DSat} + 2\varphi_B) - 12\varphi_B (U_{GS} - \varphi_B - \frac{4}{3} K \varphi_B^{1/2}) \right),$$

$$\text{де } U_{DSat} = U_{GS} - 2\varphi_B + K^2(1 - (1 + 2U_{GS}/K^2)^{1/2}),$$

$$K = (\varepsilon_S q N_A / C_0)^{1/2}.$$

Опір стік-витік R_{DS} в лінійній області визначається виразом [6]:

$$R_{DS} = \frac{L}{W\mu C_0}(U_{GS} - U_T),$$

а в області насичення

$$R_{DS} = \frac{12 \left[L(U_D - U_{DSat})^{1/2} - 2(\varepsilon_S / q N_A)^{1/2} (U_D - U_{DSat}) \right]}{W\mu C_0 (2\varepsilon_S / q N_A)^{1/2}} \times$$

$$\times \frac{1}{(U_{DSat} + 2\varphi_B)^2 + U_{GS}(U_{DSat} + 2\varphi_B) - 12\varphi_B(U_{GS} - \varphi_B - 4/3K\varphi_B^{1/2})}$$

Для даної схеми по першому закону Кірхгофа, прийнявши вузол 0 в якості базису, складено систему рівнянь:

$$\begin{cases} I2 + I8 = -\varphi1(Y9 + Y10) + \varphi2Y9; \\ I2 = \varphi1Y9 - \varphi2(Y8 + Y9) + \varphi3Y8; \\ I8 - I1 = -\varphi2Y8 + \varphi5Y6 + \varphi9Y2; \\ I8 + I6 + I7 = -\varphi4Y7 + \varphi5Y7; \\ I6 + I1 = \varphi3Y6 + \varphi4Y7 - \varphi5(Y7 + Y6 + Y5) + \varphi6Y5; \\ I5 + I3 = \varphi5Y5 - \varphi6Y6; \\ I5 + I4 = \varphi7Y4 - E2Y4; \\ I4 - I3 = -\varphi8Y3 + \varphi9Y3; \\ E1Y1 = \varphi3Y2 - \varphi8Y3 + \varphi9(Y3 - Y2 - Y1). \end{cases} \quad (1)$$

Провідності гілок еквівалентної схеми визначаються як:

$$\begin{aligned} Y1 &= 1/R4; \\ Y2 &= 1/R8; \\ Y3 &= 1/R3; \\ Y4 &= 1/(R1 + R2); \\ Y5 &= 1/(R5 + R6); \\ Y6 &= (R9 + R7)/(R9 * R7); \\ Y7 &= 1/R10; \\ Y8 &= 1/R11; \\ Y9 &= 1/R12. \end{aligned}$$

Для спрощення системи рівнянь (2) введемо позначення:

$$\begin{aligned} A1 &= I2 + I8; A2 = I2; A3 = I8 - I1; A4 = I8 + I6 + I7; A5 = I6 + I1; \\ A6 &= I5 + I3; A7 = I5 + I4; A8 = I4 - I3; A9 = E1Y1; G1 = Y9 + Y10; \\ G2 &= Y8 + Y9; G3 = Y7 + Y6 + Y5; G4 = Y3 - Y2 - Y1. \end{aligned}$$

Використавши позначення, система рівнянь (1) буде мати вигляд:

$$\begin{cases} A1 = -\varphi1G1 + \varphi2Y9; \\ A2 = \varphi1Y9 - \varphi2G2 + \varphi3Y8; \\ A3 = -\varphi2Y8 + \varphi5Y6 + \varphi9Y2; \\ A4 = -\varphi4Y7 + \varphi5Y7; \\ A5 = \varphi3Y6 + \varphi4Y7 - \varphi5G3 + \varphi6Y5; \\ A6 = \varphi5Y5 - \varphi6Y6; \\ A7 = \varphi7Y4 - E2Y4; \\ A8 = -\varphi8Y3 + \varphi9Y3; \\ A9 = \varphi3Y2 - \varphi8Y3 + \varphi9G4. \end{cases} \quad (2)$$

З восьмого рівняння системи рівнянь (2) знайдемо $\varphi 8$:

$$\varphi 8 = A8 / Y3 - \varphi 9. \quad (3)$$

З урахуванням р. (3) з дев'ятого рівняння системи рівнянь (2) визначимо $\varphi 3$:

$$\varphi 3 = A9 / Y2 + (A8 / Y3 - \varphi 9) Y3 / Y2 - \varphi 9 G4 / Y2 \quad (4)$$

З четвертого рівняння системи рівнянь (2) знайдемо $\varphi 4$:

$$\varphi 4 = \varphi 5 - A4 / Y7. \quad (5)$$

З шостого рівняння системи рівнянь (2) знайдемо $\varphi 6$:

$$\varphi 6 = (\varphi 5 Y5 - A6) / Y6. \quad (6)$$

Підставивши (4), (5) та (6) в п'яте рівняння системи рівнянь (2) знайдемо $\varphi 5$:

$$\varphi 5 = B3 / B1 - \varphi 9 B2 Y6 / B1, \quad (7)$$

де $B1 = G3 - Y5^2 / Y6 - Y7;$

$$B2 = (Y3 + G4) / Y2;$$

$$B3 = -A5 - A4 - A6 Y5 / Y6.$$

З першого рівняння системи рівнянь (2) знайдемо $\varphi 1$:

$$\varphi 1 = (\varphi 2 Y9 - A1) / G1. \quad (8)$$

З урахуванням (4) та (8) з другого рівняння системи рівнянь (2) знайдемо $\varphi 2$:

$$\varphi 2 = C2 / C1 - \varphi 9 B2 Y8 / C1, \quad (9)$$

де $C1 = Y9^2 / G1 - G2;$

$$C2 = -A2 - A1 Y9 / G1 + (A9 + A8) Y8 / Y2.$$

Підставимо (7) та (9) в третє рівняння системи рівнянь (2) та знайдемо $\varphi 9$:

$$\varphi 9 = (A3 + C2 Y6 / C1 - B3 Y6 / B2) / D1, \quad (10)$$

де $D1 = B2 Y8^2 / C1 - B2 Y^2 6 / B1 + Y2.$

Струм, який протікає у вихідному колі еквівалентної схеми, визначається як

$$i_{\text{вих}} = i1 = (-U1 - \varphi 9) Y1.$$

Підставивши в останнє рівняння значення $\varphi 9$ з р. (10), отримаємо аналітичний вираз для вольт-амперної характеристики оптичного перетворювача:

$$i1 = -U1 Y1 - Y1 (A3 + C2 Y6 / C1 - B3 Y6 / B2) / D1. \quad (11)$$

Експериментальні дослідження

При проведенні експерименту використовувались схема перетворювача на основі біполярного транзистора КТ 363 та МДН-транзистора КП 327 з конденсаторами $C1$ та $C2$, ємність яких 470 нФ, та котушкою індуктивності 50 мкГн. Експериментальна та розрахована з виразу (11) вольт-амперна характеристика перетворювача на основі біполярного та МДН-транзисторів представлена на рис. 3

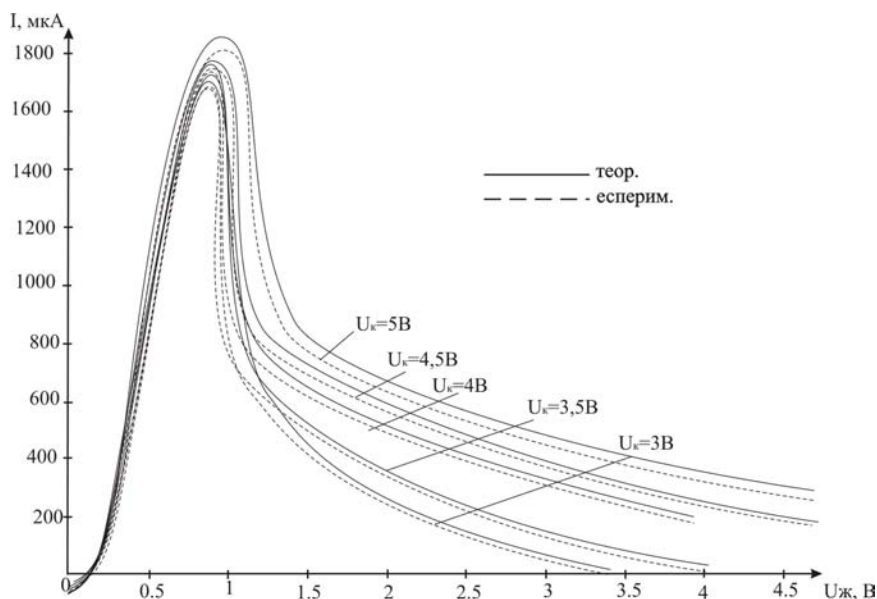


Рис. 3 Експериментальні та теоретичні вольт-амперні характеристики частотного оптичного перетворювача на основі транзисторів КТ 363 та КП 327.

З рис. 3 видно, що ділянка від'ємного опору лежить області від 1В до 1,5 В, що дає можливість регулювати величиною від'ємного опору за рахунок зміни джерела напруги U_1 .

Висновки

Отримано аналітичний вираз для вольт-амперної характеристики на основі системи рівнянь Кірхгофа, складених для еквівалентної схеми оптичного частотного перетворювача на основі біполярного та польового транзисторів. Розбіжність теоретичних та експериментальних результатів становить 5 %.

Література

1. Baliga B.I. An improved GAMBIT devices structure. IEEE Trans. Electron Devices., Vol. ED-25, Dec.1978. p. 1411-1412.
2. Ipri A.C. Lambda diode utilizing an enhancement-depletion CMOS/SOS process. IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-24, June 1977. p. 751-756.
3. Нерретер В. Расчет электрических цепей на персональных ЭВМ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 224 с.
4. Патент України № 4229, H01L 21/302. Пристрій для визначення моменту закінчення процесу плазмового травлення / Кравченко Ю.С., Даниленко О.О // Бюл. № 1 – 2005.
5. Патент України № 413 H01L 21/302. Пристрій для визначення моменту закінчення процесу плазмового травлення / Кравченко Ю.С., Даниленко О.О // Бюл. № 1 – 2005.
6. Разевиг В.Д. Применение программ P-CAD и Pspice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. Выпуск 2. Модели компонент аналоговых устройств. – М.: Радио и связь, 1992. – 72 с.
7. Ферри Д., Эйкерс Л., Гринич Э. Электроника ультрабольших интегральных схем. – М.: Мир, 1991. – 327 с.

Надійшла 11.11.2008 р.

УДК 517.518.36: : 621.3.037.372.2

В.В. РОМАНЮК

Хмельницький національний університет

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОДОВОГО РОЗДІЛЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНИХ БІНАРНИХ ФУНКЦІЙ

$\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{L-1}$ ТА $\{\{\text{rom}_u(r, \theta)\}_{r=0}^{L-1}\}_{u=1}^8$ В L -КАНАЛЬНІЙ CDMA-СИСТЕМІ

Представлено імітаційну модель кодового розділення бінарних сигналів у CDMA-системі з n 'ятьма кількостями каналів. За результатами досліджень у розроблених на основі цієї моделі n 'яти програмних модулях виявлено, що при використанні деяких підсистем систем ортогональних бінарних функцій

$\{\{\text{rom}_u(r, \theta)\}_{r=0}^{L-1}\}_{u=1}^8$ відбувається зниження середнього рівня помилок у порівнянні з використанням систем ортогональних бінарних функцій $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{L-1}$ при $L \in \{12, 14, 16, 32, 64\}$.

Формулювання завдання дослідження

Принципи кодового ущільнення-розділення інформаційних каналів засновані на тому, що за допомогою схем кореляції приймач CDMA-системи розділяє сигнали різних каналів, накопичуючи енергію цих сигналів для кожного каналу індивідуально, тоді як сигнали інших каналів сприймаються за шум [1, 2]. Суть імітаційного моделювання кодового розділення в L -канальній CDMA-системі полягає у формуванні математичної моделі та розробці відповідного програмного забезпечення для оцінки середньостатистичного значення рівня помилкових інформаційних бітів для деяких систем ортогональних бінарних функцій із множини [3, 4]

$$\{\{\text{rom}_u(r, \theta)\}_{r=0}^{L-1}\}_{u=1}^8 \quad (1)$$

порівняно із системами функцій Уолша [1, 3]

$$\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{L-1}. \quad (2)$$

Критерієм якості та практичної користі використання тієї чи іншої системи ортогональних бінарних функцій із множини (1) є відношення середнього рівня помилкових інформаційних бітів при використанні системи функцій Уолша (2) до значення цього рівня при використанні u -ї системи функцій, яка оцінюється:

$$c_{ber} = \frac{b_{er}^{(wal)}}{b_{er}^{(rom_u)}} \quad (3)$$

Завданням є дослідження відношення (3), що визначається при різних параметрах та умовах.

Імітаційна модель кодового розділення бінарних сигналів

Величина c_{ber} є функцією багатьох змінних. Окрім номеру u системи функцій, яка використовується, відношення c_{ber} також залежить від кількості каналів L , номерів послідовностей, які виключені з систем (1) та (2), та рівня десинхронізації CDMA-системи. Для моделювання кодового ущільнення-розділення будемо використовувати потік інформаційних бітів для кожного каналу, набір ортогональних послідовностей та завади у вигляді шумової складової кожного каналу. Кожен інформаційний біт кодується ортогональною послідовністю свого каналу. Суть розділення демодульованого групового сигналу $s_{in}(t)$ полягає у тому, що після того, як $s_{in}(t)$ корелюється з еталонною послідовністю кожного каналу, вихідні напруги кореляторів поступають на входи дворівневих компараторів. Якщо $U_{out}^{(k)} > \Gamma$, де Γ є граничним значенням кожного компаратора, то вихідною напругою k -го компаратора буде напруга, що відповідає рівню логічної одиниці, а при $U_{out}^{(k)} < -\Gamma$ ця напруга буде на рівні логічного нуля. Так виявляються одиничний та нульовий інформаційний біти відповідно. При $|U_{out}^{(k)}| \leq \Gamma$ прийматиметься рішення про паузу у передачі інформації даного k -го каналу.

У роботі [5] на основі аналізу числових характеристик кореляційних матриць систем ортогональних бінарних функцій запропоновано використання незамкнених систем ортогональних бінарних послідовностей (ОБП)

$$\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}, \quad (4)$$

$$\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}, \quad (5)$$

$$\left\{ \{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}, \{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=24}^{27} \right\}, \quad (6)$$

$$\left\{ \{\text{rom}_7(r, \theta)\}_{r=0}^{23}, \{\text{rom}_7(r, \theta)\}_{r=32}^{39} \right\}, \quad (7)$$

$$\left\{ \{\text{rom}_8(r, \theta)\}_{r=0}^{31}, \{\text{rom}_8(r, \theta)\}_{r=42}^{73} \right\} \quad (8)$$

для більш ефективного кодового ущільнення та розділення каналів порівняно із використанням відповідних систем ОБП Уолша (2), де число каналів L вибирається із умови $L \in \{12, 14, 16, 32, 64\}$. Тоді для імітаційного моделювання кодового розділення у 12-канальній CDMA-системі будемо використовувати множину ОБП (4) та множину ОБП Уолша

$$\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}; \quad (9)$$

множину ОБП (5) та множину ОБП Уолша

$$\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13} \quad (10)$$

будемо використовувати для імітаційного моделювання кодового розділення у 14-канальній CDMA-системі; імітаційне моделювання кодового розділення у 16-канальній CDMA-системі будемо проводити із множиною ОБП (6) та множиною ОБП Уолша

$$\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{15}; \quad (11)$$

множину ОБП (7) та множину ОБП Уолша

$$\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{31} \quad (12)$$

будемо використовувати для імітаційного моделювання кодового розділення у 32-канальній CDMA-системі; для імітаційного моделювання кодового розділення у 64-канальній CDMA-системі як аналогу північноамериканської CDMA-системи IS-95 будемо використовувати множину ОБП (8) та множину ОБП Уолша

$$\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{63}. \quad (13)$$

Потік інформаційних бітів k -го каналу L -канальної CDMA-системи задаватимемо за допомогою вбудованої у ядро програмного середовища MATLAB функції `randn`, що слугує для формування скалярних або

векторних величин $\mathbf{X}_{\text{randn}}$, елементи яких є випадковими величинами з нормальним законом розподілу імовірностей

$$f(\mathbf{X}_{\text{randn}}) = \frac{1}{\sigma_{\text{randn}} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\{\mathbf{X}_{\text{randn}} - M(\mathbf{X}_{\text{randn}})\}^2}{2\sigma_{\text{randn}}^2} \right]. \quad (14)$$

Дисперсія усіх числових даних, що повертаються після виконання операції randn, є одиничною:

$$\sigma_{\text{randn}}^2 = 1, \quad (15)$$

а математичне сподівання – нульовим:

$$M(\mathbf{X}_{\text{randn}}) = 0. \quad (16)$$

При виконанні операції порівняння результату дії операції randn з нулем

$$\mathbf{X}_{\text{randn}} > 0 \quad (17)$$

повертається число 1 або 0. Число 1 повертається при справедливості (17), а число 0 – у протилежному випадку.

Таким чином, з кожним тактом s виконання операції randn та порівняння (17), де $s = \overline{1, S}$, з'являється псевдовипадкова послідовність нулів і одиниць

$$\begin{cases} b_{i\zeta}(s) = 1, \text{ якщо } \mathbf{X}_{\text{randn}} > 0, \\ b_{i\zeta}(s) = 0, \text{ якщо } \mathbf{X}_{\text{randn}} \leq 0. \end{cases} \quad (18)$$

Оскільки статистично середнє значення послідовності $\{\mathbf{X}_{\text{randn}}\}_{s=1}^S$ є нульовим, тобто

$$\lim_{S \rightarrow \infty} M[\{\mathbf{X}_{\text{randn}}\}_{s=1}^S] = 0, \quad (19)$$

то випадки $b_{i\zeta}(s) = 1$ і $b_{i\zeta}(s) = 0$ є рівноімовірними:

$$\lim_{S \rightarrow \infty} P\{b_{i\zeta}(s) = 1\} = \lim_{S \rightarrow \infty} P\{b_{i\zeta}(s) = 0\} = 0.5. \quad (20)$$

Тепер бажану послідовність інформаційних бітів отримуватимемо при (18) і на кожному такті інформаційний біт k -го каналу вважатимемо за

$$b_i^{(k)}(s) = 2b_{i\zeta}^{(k)}(s) - 1. \quad (21)$$

На s -му такті при цьому операція randn застосовуватиметься одночасно для усіх L каналів, але значення $\{b_i^{(k)}(s)\}_{k=1}^L$ будуть різними і статистично розподіленими за (14) при переході до (19).

Якщо $b_i^{(k)}(s) = 1$, то біт k -го каналу на s -му такті закодується базисною послідовністю, якій у відповідність поставлено номер k . Для упорядкованих за (1) або (2) систем ОБП, що розглядаються, це буде послідовність $(k-1)$ -го порядку, де $k = \overline{1, L}$. Якщо ж $b_i^{(k)}(s) = -1$, то біт k -го каналу на s -му такті закодується інвертованою базисною послідовністю, якій у відповідність поставлено номер k . Таким чином, на s -му такті передачі інформації матимемо матрицю

$$\mathbf{B}_i(s) = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_1 b_i^{(1)}(s) \\ \mathbf{S}_2 b_i^{(2)}(s) \\ \vdots \\ \mathbf{S}_L b_i^{(L)}(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} bs(0, 1)b_i^{(1)}(s) & bs(0, 2)b_i^{(1)}(s) & \cdots & bs(0, M)b_i^{(1)}(s) \\ bs(1, 1)b_i^{(2)}(s) & bs(1, 2)b_i^{(2)}(s) & \cdots & bs(1, M)b_i^{(2)}(s) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ bs(L-1, 1)b_i^{(L)}(s) & bs(L-1, 2)b_i^{(L)}(s) & \cdots & bs(L-1, M)b_i^{(L)}(s) \end{bmatrix} \quad (22)$$

закодованих бітів усіх каналів, яка утворена з L рядків і M стовпчиків, де \mathbf{S}_k – вектор, що відповідає базисній послідовності $bs(k-1, \theta)$, дискретизованій у M інтервалах, $k = \overline{1, L}$.

Модель шуму утворимо на основі властивостей (14) – (16) операції randn, оскільки він має бути близький до гауссового шуму [2, 3]. Так як на входи кореляторів шум надходить паралельно разом із груповим сигналом, то L -рядкова матриця шуму

$$\mathbf{N}(s) = \begin{bmatrix} \mathbf{N}_1(s) \\ \mathbf{N}_2(s) \\ \vdots \\ \mathbf{N}_L(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_\zeta^{(1)}(s, 1) & b_\zeta^{(1)}(s, 2) & \cdots & b_\zeta^{(1)}(s, M) \\ b_\zeta^{(2)}(s, 1) & b_\zeta^{(2)}(s, 2) & \cdots & b_\zeta^{(2)}(s, M) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_\zeta^{(L)}(s, 1) & b_\zeta^{(L)}(s, 2) & \cdots & b_\zeta^{(L)}(s, M) \end{bmatrix} \quad (23)$$

буде містити L однакових рядків, де

$$\mathbf{N}_1(s) = \mathbf{N}_2(s) = \dots = \mathbf{N}_L(s) \quad (24)$$

і кожен рядок матриці (23) є псевдовипадковою послідовністю, відліки якої

$$b_\zeta^{(k)}(s, m) = 2\tilde{b}_\zeta^{(k)}(s, m) - 1 \quad (25)$$

утворюються за допомогою відповідного синтаксису операції $\text{randn} \forall m = \overline{1, M}$ аналогічно (18) і (21) та статистично розподілені за (14) [3].

Число M вибирається таким чином, щоб зробити псевдовипадкову послідовність чисел $\{b_\zeta^{(k)}(s, m)\}_{m=1}^M$ такою, що відповідний їй бінарний сигнал $b_\zeta^{(k)}(s, \theta)$ відносно кожної базисної послідовності нагадував би реалізацію аналогового шуму [3]. Дослідження у MATLAB показують [3], що для адекватного моделювання шуму (23) – (25) необхідно вибирати таке значення M , щоб на один елементарний імпульс послідовностей $\{bs(k-1, \theta)\}_{k=1}^L$ приходилось не менше 32 елементарних імпульсів моделі шуму. Значення M вибиратимемо так, що $\frac{M}{L} \geq 32$.

Відношення сигнал-шум по потужності $\forall k = \overline{1, L}$ та $\forall s = \overline{1, S}$ будемо знаходити як

$$Q_k = \frac{\sum_{k=1}^L \int_0^1 [bs(k-1, \theta)b_i^{(k)}(s)]^2 d\theta}{[A_\zeta b_\zeta^{(k)}(s, \theta)]^2}, \quad (26)$$

де A_ζ – амплітуда шуму. Так як послідовності $\{bs(k-1, \theta)\}_{k=1}^L$ і $\{b_\zeta^{(k)}(s, \theta)\}_{k=1}^L$ є відповідно ортонормованими та нормованими на напівінтервалі $[0; 1)$, то $\forall k = \overline{1, L}$

$$Q_k = \frac{\sum_{k=1}^L 1}{\{A_\zeta b_\zeta^{(k)}(s, \theta)\}^2} = \frac{L}{A_\zeta^2} = Q. \quad (27)$$

Звідси при заданому вихідному значенні відношення сигнал-шум значення амплітуди шуму

$$A_\zeta = \sqrt{\frac{L}{Q}}. \quad (28)$$

Отже, звівши спотворення каналних інформаційних бітів у шумову складову (23) – (25), на виході k -го корелятора матимемо значення

$$\begin{aligned} V_{out}^{(k)} &= \sum_{q=1}^L \int_0^1 bs(q-1, \theta)b_i^{(k)}(s)bs(k-1, \theta)d\theta + \int_0^1 A_\zeta b_\zeta^{(k)}(s, \theta)bs(k-1, \theta)d\theta = \\ &= b_i^{(k)}(s) \sum_{q=1}^L \int_0^1 bs(q-1, \theta)bs(k-1, \theta)d\theta + \sqrt{\frac{L}{Q}} \int_0^1 b_\zeta^{(k)}(s, \theta)bs(k-1, \theta)d\theta. \end{aligned} \quad (29)$$

І тоді пристрій розв'язання працюватиме за алгоритмом

$$\begin{cases} \tilde{b}_i^{(k)}(s) = 1, \text{ якщо } V_{out}^{(k)} > \Gamma, \\ \tilde{b}_i^{(k)}(s) = -1, \text{ якщо } V_{out}^{(k)} < -\Gamma, \end{cases} \quad (30)$$

де $\tilde{b}_i^{(k)}(s)$ – декодований інформаційний біт k -го каналу на s -му такті передачі інформації. При $|V_{out}^{(k)}| \leq \Gamma$ приймемо значення $\tilde{b}_i^{(k)}(s) = 0$, що свідчатиме про відсутність інформаційного біту k -го каналу на

s -му такті, тобто про інформаційну паузу. Тепер величину рівня помилкових бітів для реалізації S інформаційних бітів обчислюватимемо за формулою

$$b_{er} = \frac{N_{er}}{N}, \quad (31)$$

у якій число N_{er} буде кількістю тактів, при яких $\tilde{b}_i^{(k)}(s) \neq b_i^{(k)}(s)$ і $N = S$.

Математична модель (14) – (31) декодування інформаційних бітів та обчислення його ефективності була реалізована у середовищі MATLAB у вигляді пакету п'яти програмних модулів c12sim, c14sim, c16sim, c32sim, c64sim [6], зовнішній вид одного з яких представлено на рис. 1. У кожній програмі проводилось моделювання для систем ОБП (4) і (9), (5) і (10), (6) і (11), (7) і (12), (8) і (13) відповідно. Деякі проміжні результати моделювання візуалізовано на рис. 2 – 23. Вибір Q та S здійснюється через відповідні меню SNR та Bits to be detected відповідно. Рівень синхронізації системи кореляторів l_{sync} вибирається в опції Synchronization Level від низького low до високого high. Рівнем граничного значення Γ (Threshold Level) можна керувати також – у діапазоні від мінімального граничного рівня (значення low в опції Threshold Level) до максимального (значення high в опції Threshold Level).

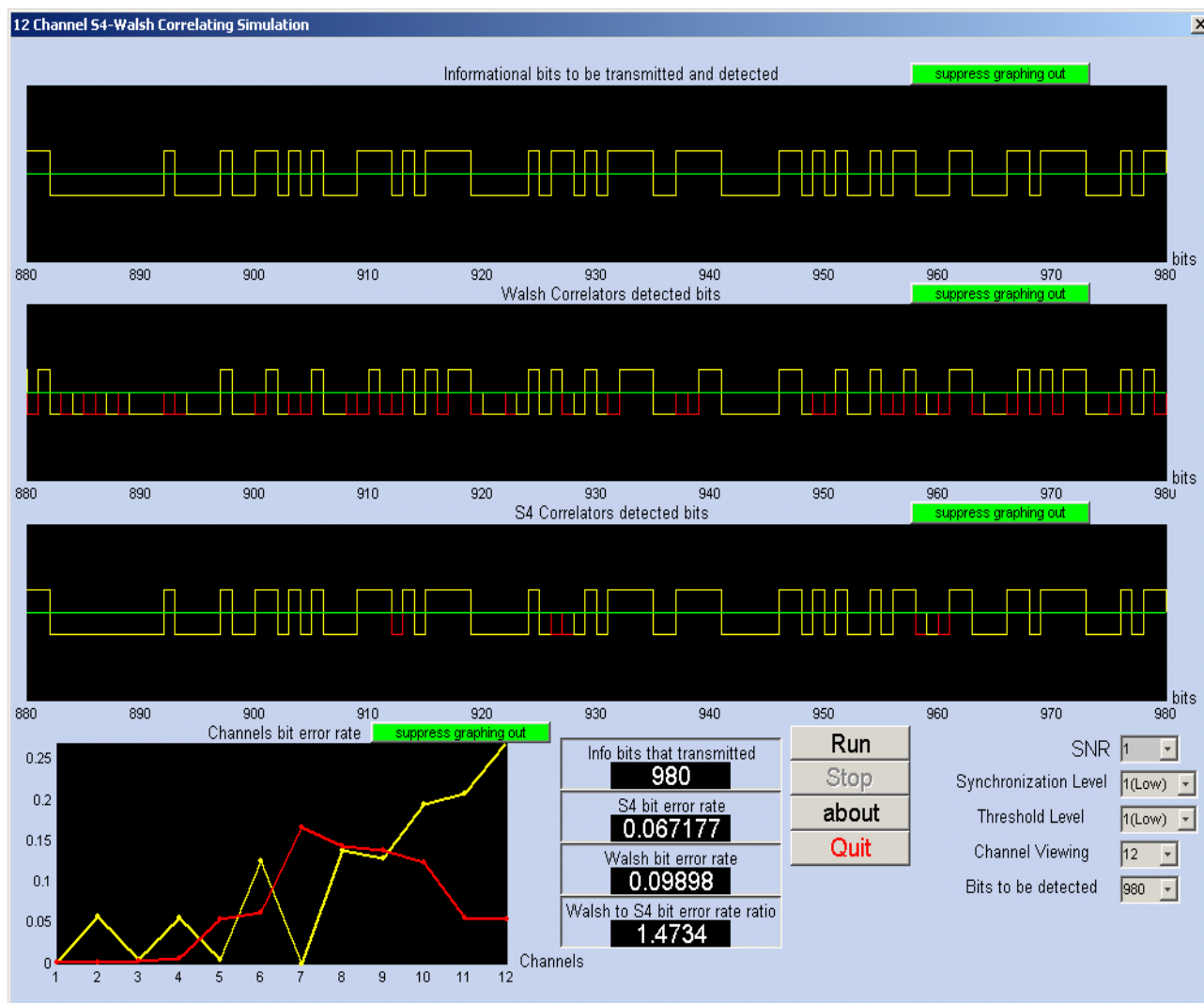


Рис. 1. Вікно модуля c12sim для імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи кодового розділення

з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$

На цій основі для функції (3) двох змінних Q та l_{sync} були побудовані поверхні, що показані на рис. 24 – 28. З рис. 24 видно, що при відношенні сигнал-шум по потужності, близькому до одиниці, та невеликому рівні синхронізації у 12-канальній CDMA-системі використання ОБП (4) порівняно з ОБП (9) забезпечує зменшення середнього рівня помилок у c_{ber} раз, де у приблизному варіанті $c_{ber} \in [1.05; 1.3]$. З рис. 25 видно, що поверхня $c_{ber}(Q, l_{sync})$ для 14-канальної CDMA-системи поводитья дуже подібно до поверхні $c_{ber}(Q, l_{sync})$ для 12-

канальної CDMA-системи. Тут також очевидно, що при відношенні сигнал-шум по потужності, близькому до одиниці, та невеликому рівні синхронізації у 14-канальній CDMA-системі використання ОБП (5) порівняно з ОБП (10) забезпечує зменшення середнього рівня помилок у c_{ber} раз, де у приблизному варіанті $c_{ber} \in [1.05; 1.15]$. Таким чином, у 12-канальній або 14-канальній CDMA-системі при використанні ОБП (4) або (5) відповідно можна очікувати зменшення середнього рівня помилок принаймні в 1.05 раза.

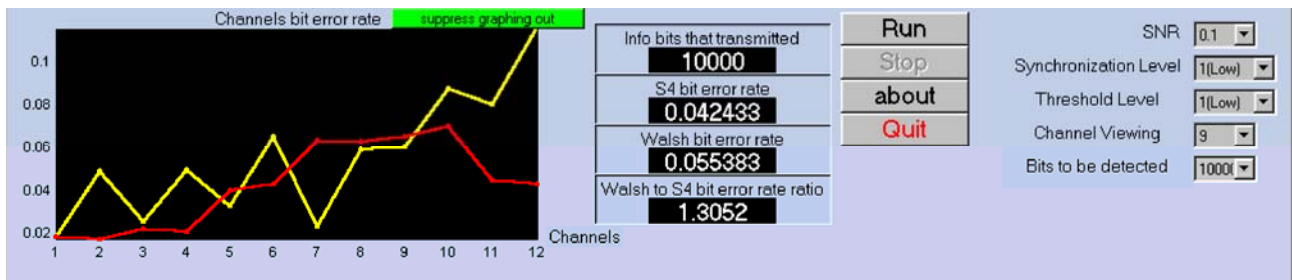


Рис. 2. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.3052$

Перейдемо до вивчення більш об'ємних за числом каналів CDMA-систем. З рис. 26 видно, що для 16-канальної CDMA-системи поверхня $c_{ber}(Q, l_{sync})$ не завжди розташована вище від поверхні одиничного рівня $c_{ber} = 1$. Проте тут при $l_{sync} \in [1; 5] \forall Q \in (0; 1]$ поверхня $c_{ber}(Q, l_{sync})$ розташована вище від поверхні одиничного рівня $c_{ber} = 1$. А при $l_{sync} \in [1; 6] \forall Q \in (0.1; 0.6)$ виявляється, що $c_{ber}(Q, l_{sync}) > 1.05$, хоча і $c_{ber}(Q, l_{sync}) < 1.1 \forall l_{sync} \in [1; 10]$ та $\forall Q \in [0; 1]$. Отже, при використанні в 16-канальній CDMA-системі ОБП (6) при деяких умовах можна добитися зменшення середнього рівня помилок не менш ніж в 1.05 раза порівняно з використанням ОБП (11).

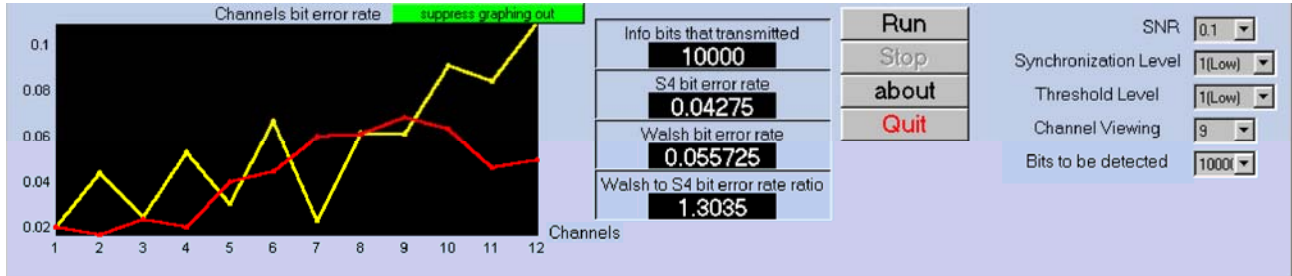


Рис. 3. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.3035$

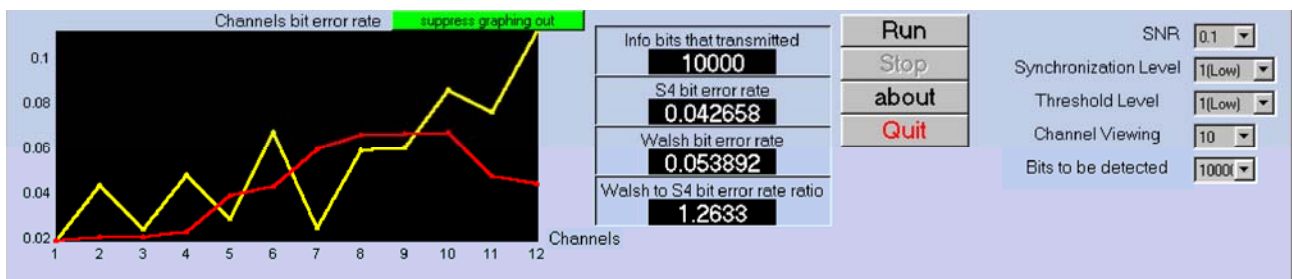


Рис. 4. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.2633$

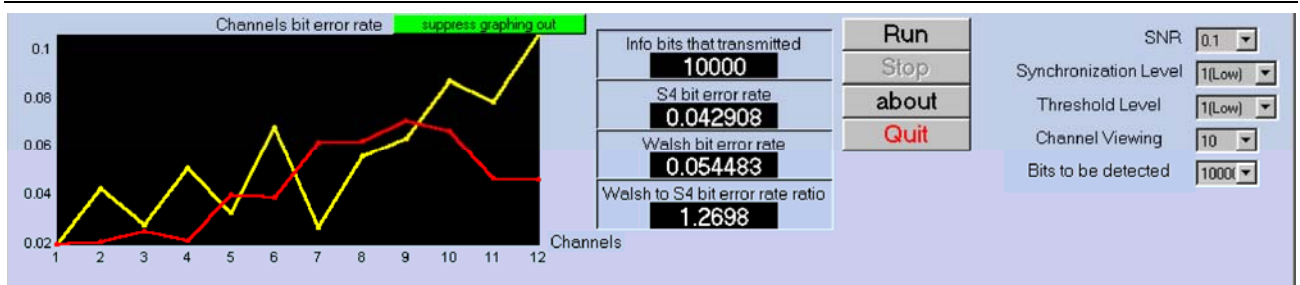


Рис. 5. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.2698$

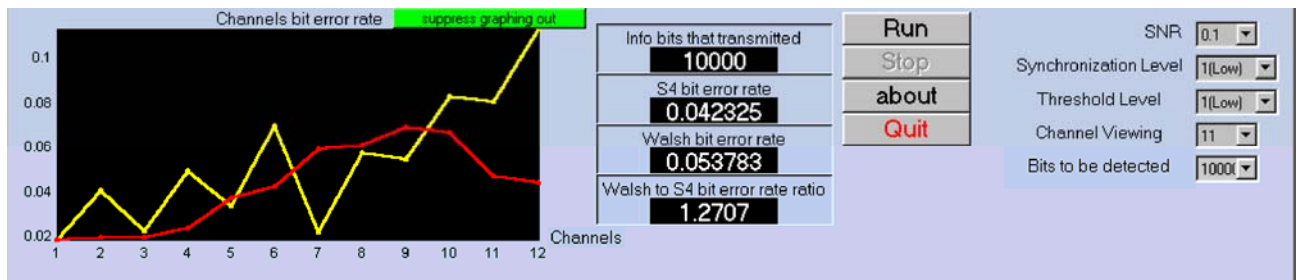


Рис. 6. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.2707$

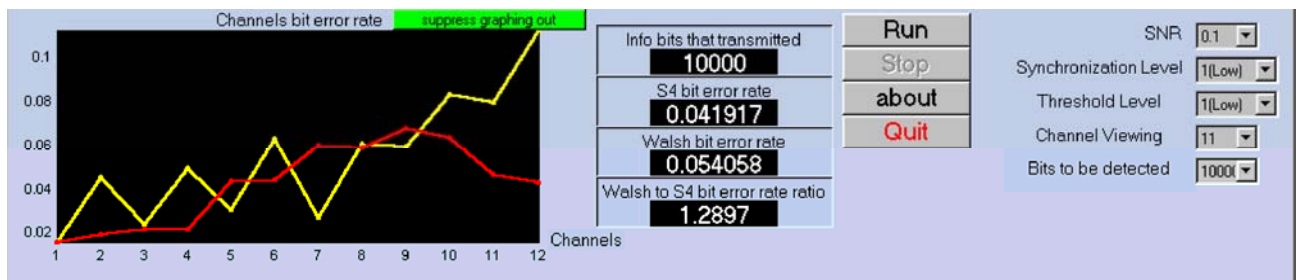


Рис. 7. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.2897$

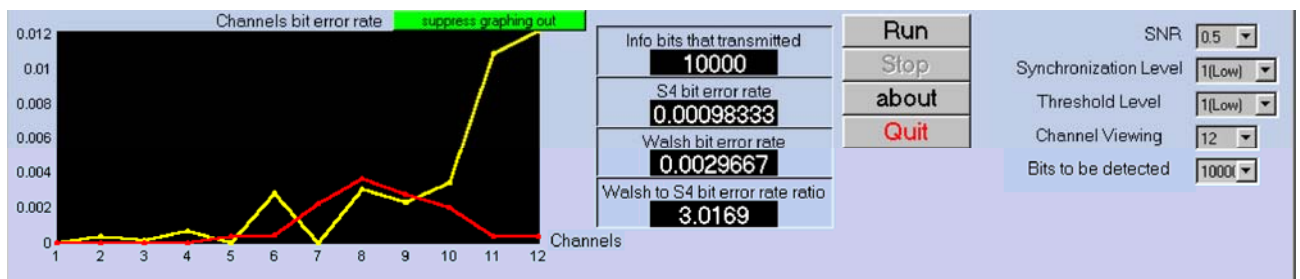


Рис. 8. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(0.5, 1) = 3.0169$

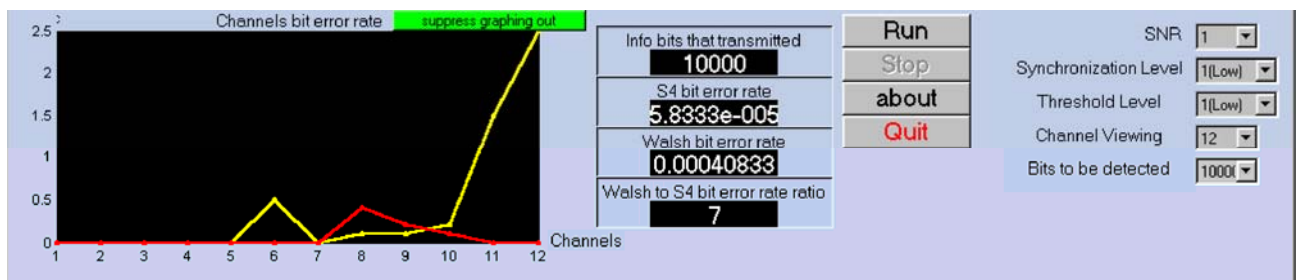


Рис. 9. Результати імітаційного моделювання 12-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$ у програмному модулі c12sim, де $c_{ber}(1, 1) = 7$



Рис. 10. Результати імітаційного моделювання 14-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13}$ у програмному модулі c14sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.1284$

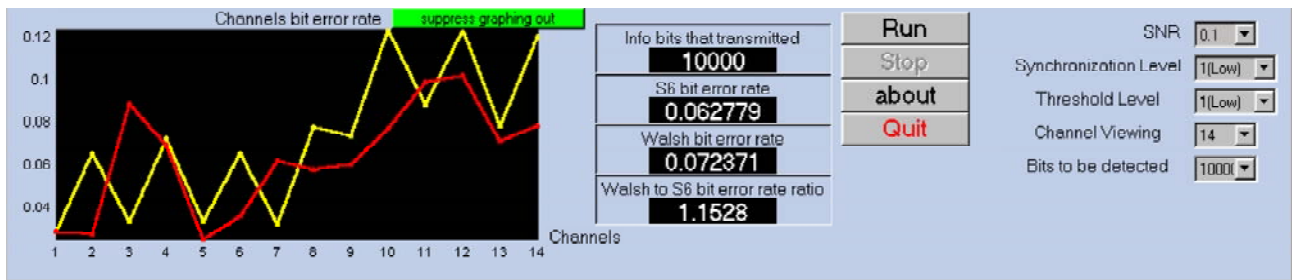


Рис. 11. Результати імітаційного моделювання 14-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13}$ у програмному модулі c14sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.1528$

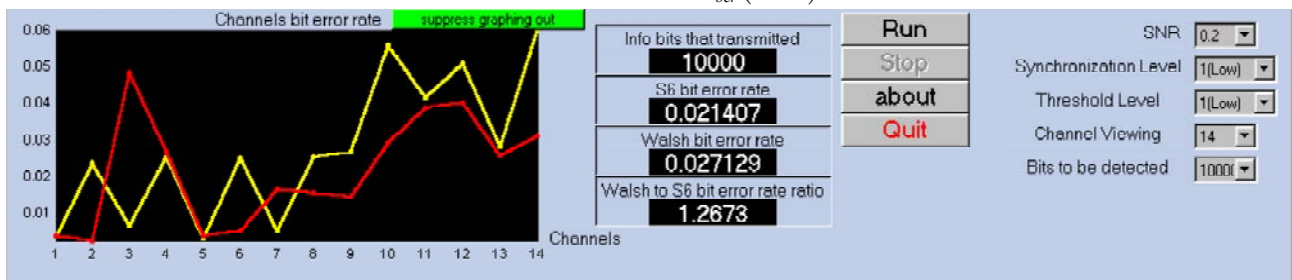


Рис. 12. Результати імітаційного моделювання 14-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13}$ у програмному модулі c14sim, де $c_{ber}(0.2, 1) = 1.2673$

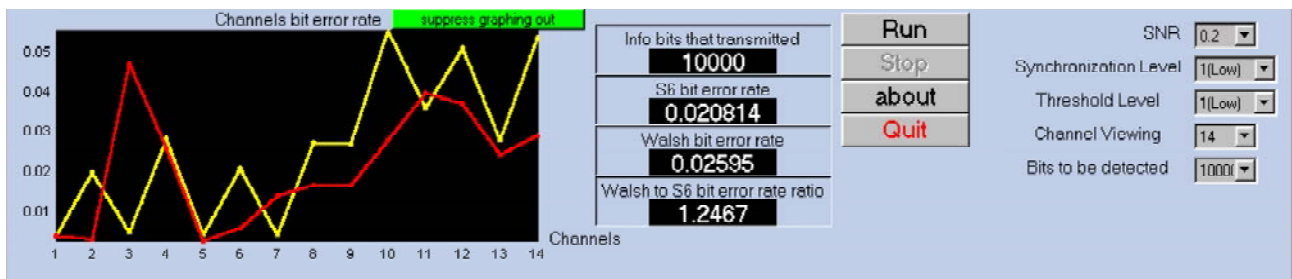


Рис. 13. Результати імітаційного моделювання 14-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13}$ у програмному модулі c14sim, де $c_{ber}(0.2, 1) = 1.2467$



Рис. 14. Результати імітаційного моделювання 14-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13}$ у програмному модулі c14sim, де $c_{ber}(0.5, 1) = 1.2362$

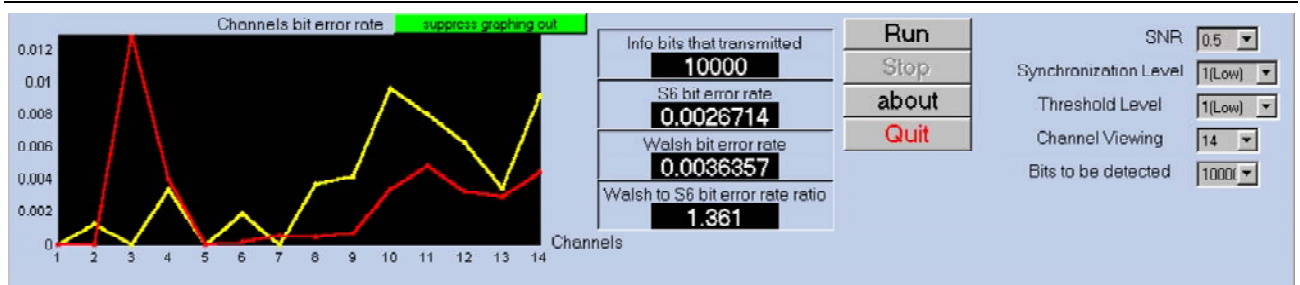


Рис. 15. Результати імітаційного моделювання 14-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13}$ у програмному модулі c14sim, де $c_{ber}(0.5, 1) = 1.361$

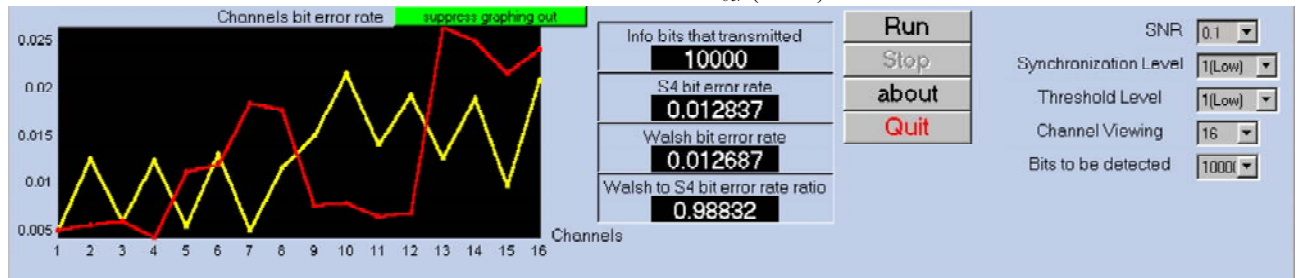


Рис. 16. Результати імітаційного моделювання 16-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}, \{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=24}^{27}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{15}$

у програмному модулі c16sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 0.98832$

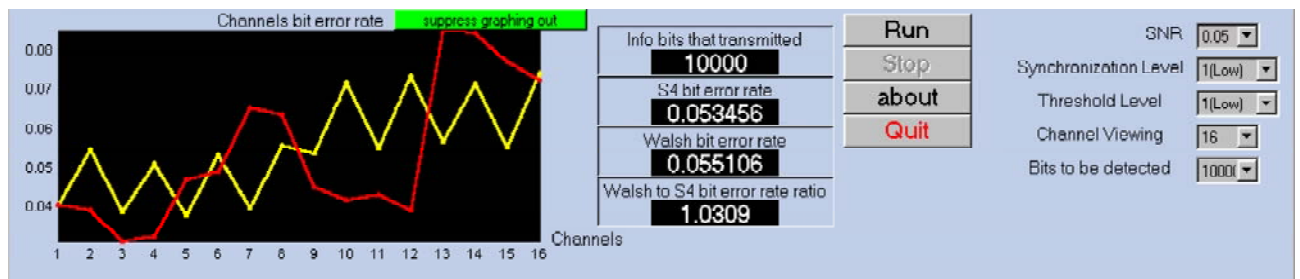


Рис. 17. Результати імітаційного моделювання 16-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}, \{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=24}^{27}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{15}$

у програмному модулі c16sim, де $c_{ber}(0.05, 1) = 1.0309$

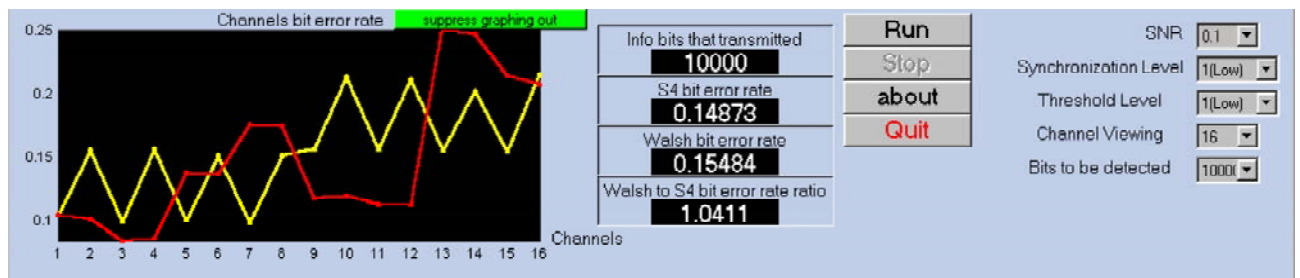


Рис. 18. Результати імітаційного моделювання 16-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}, \{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=24}^{27}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{15}$

у програмному модулі c16sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.0411$

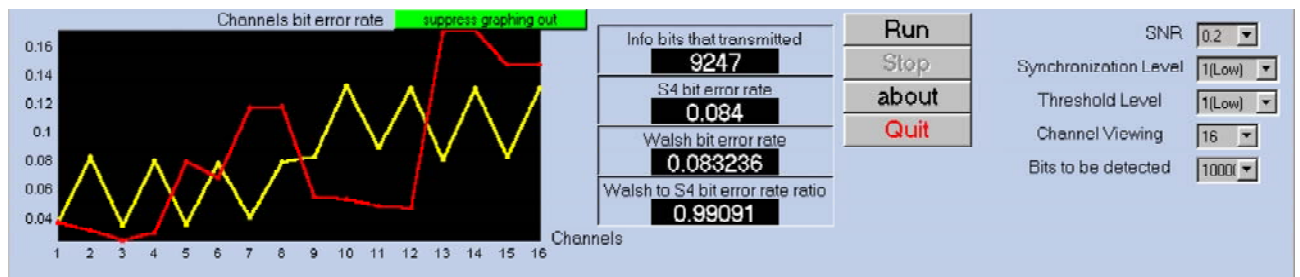


Рис. 19. Результати імітаційного моделювання 16-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}, \{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=24}^{27}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{15}$

у програмному модулі c16sim, де $c_{ber}(0.2, 1) = 0.99091$

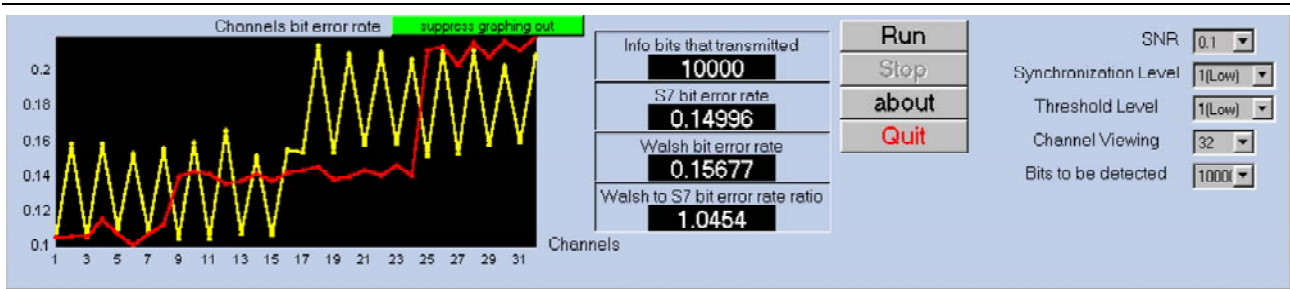


Рис. 20. Результати імітаційного моделювання 32-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\left\{ \left\{ \text{rom}_7(r, \theta) \right\}_{r=0}^{23}, \left\{ \text{rom}_7(r, \theta) \right\}_{r=32}^{39} \right\}$ і $\left\{ \text{wal}(w, \theta) \right\}_{w=0}^{31}$ у програмному модулі c32sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.0454$

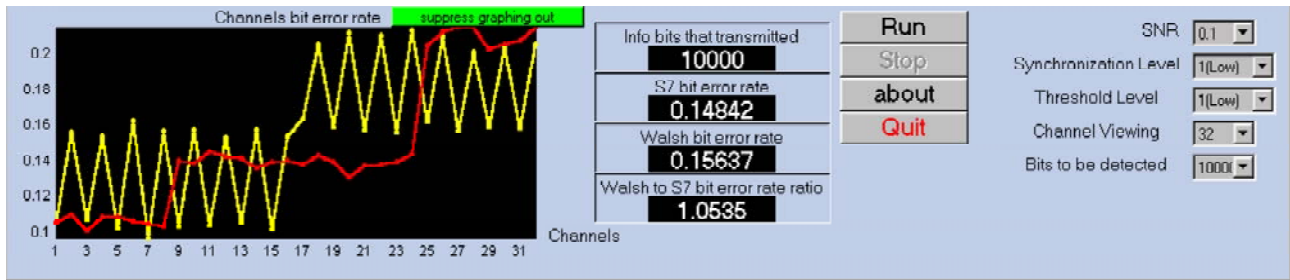


Рис. 21. Результати імітаційного моделювання 32-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\left\{ \left\{ \text{rom}_7(r, \theta) \right\}_{r=0}^{23}, \left\{ \text{rom}_7(r, \theta) \right\}_{r=32}^{39} \right\}$ і $\left\{ \text{wal}(w, \theta) \right\}_{w=0}^{31}$ у програмному модулі c32sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.0535$

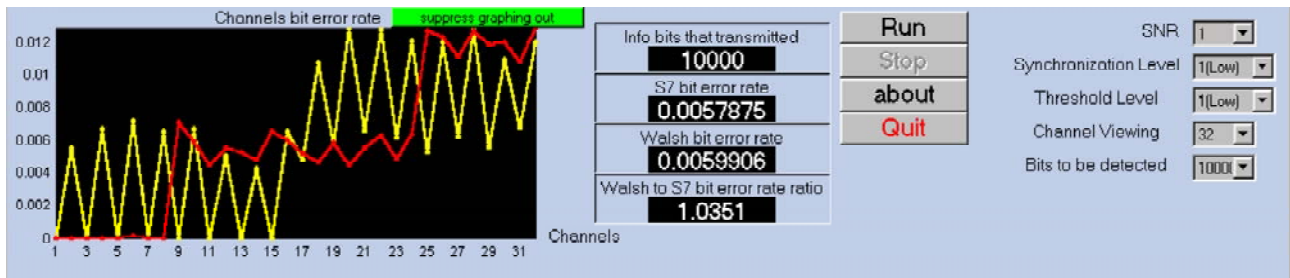


Рис. 22. Результати імітаційного моделювання 32-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\left\{ \left\{ \text{rom}_7(r, \theta) \right\}_{r=0}^{23}, \left\{ \text{rom}_7(r, \theta) \right\}_{r=32}^{39} \right\}$ і $\left\{ \text{wal}(w, \theta) \right\}_{w=0}^{31}$ у програмному модулі c32sim, де $c_{ber}(1, 1) = 1.0351$

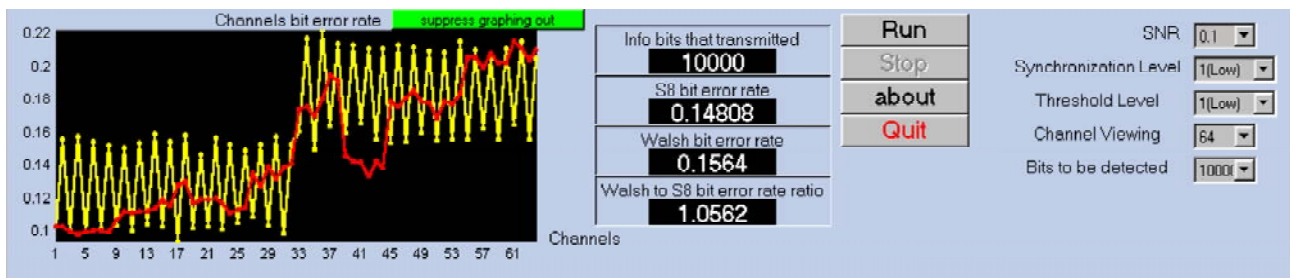


Рис. 23. Результати імітаційного моделювання 64-канальної CDMA-системи з системами ОБП $\left\{ \left\{ \text{rom}_8(r, \theta) \right\}_{r=0}^{31}, \left\{ \text{rom}_8(r, \theta) \right\}_{r=42}^{73} \right\}$ і $\left\{ \text{wal}(w, \theta) \right\}_{w=0}^{63}$ у програмному модулі c64sim, де $c_{ber}(0.1, 1) = 1.0562$

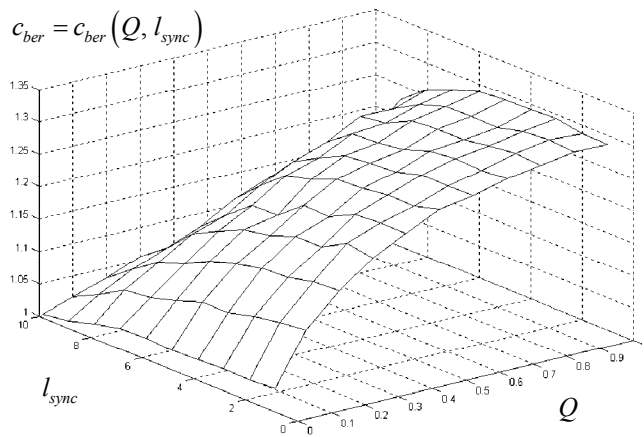


Рис. 24. Поверхня $c_{ber} = c_{ber}(Q, l_{sync})$ для 12-канальної CDMA-системи кодового розділення з системами ОБП $\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{11}$

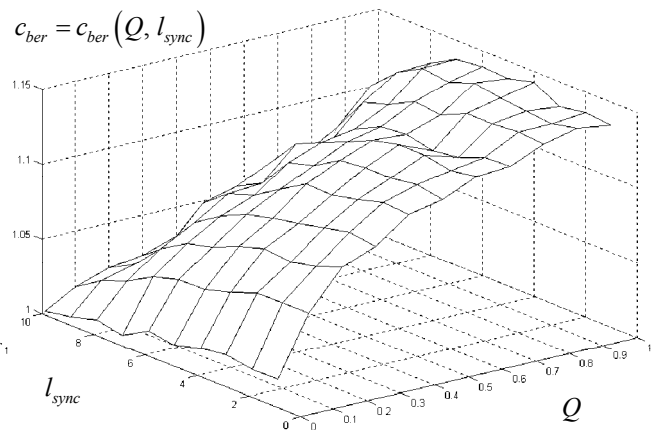


Рис. 25. Поверхня $c_{ber} = c_{ber}(Q, l_{sync})$ для 14-канальної CDMA-системи кодового розділення з системами ОБП $\{\text{rom}_6(r, \theta)\}_{r=0}^{13}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{13}$

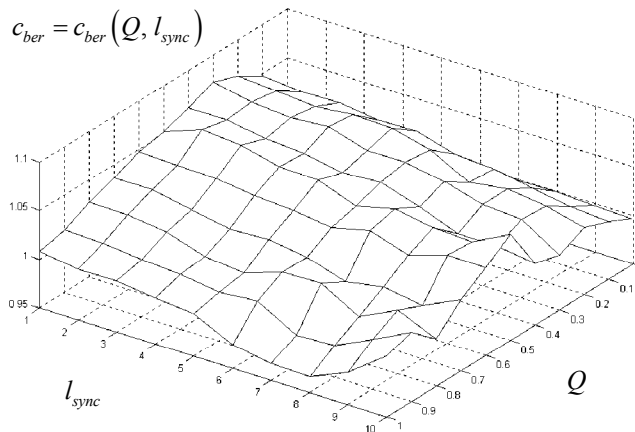


Рис. 26. Поверхня $c_{ber} = c_{ber}(Q, l_{sync})$ для 16-канальної CDMA-системи кодового розділення з системами ОБП $\{\{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=0}^{11}, \{\text{rom}_4(r, \theta)\}_{r=24}^{27}\}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{15}$

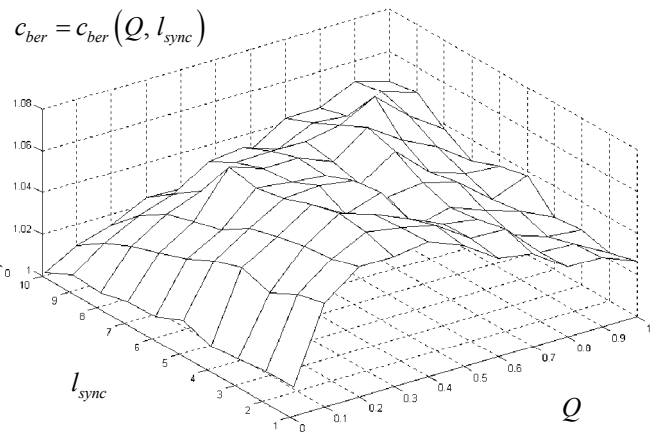


Рис. 27. Поверхня $c_{ber} = c_{ber}(Q, l_{sync})$ для 32-канальної CDMA-системи кодового розділення з системами ОБП $\{\{\text{rom}_7(r, \theta)\}_{r=0}^{23}, \{\text{rom}_7(r, \theta)\}_{r=32}^{39}\}$ і $\{\text{wal}(w, \theta)\}_{w=0}^{31}$

Побудована на рис. 27 для 32-канальної CDMA-системи поверхня $c_{ber}(Q, l_{sync})$ повністю розташована над поверхнею одиничного рівня $c_{ber} = 1$. Тут наближено можна вважати, що $c_{ber}(Q, l_{sync}) > 1.02$, проте $c_{ber}(Q, l_{sync}) > 1.04$ лише в декількох окремих локальних випадках. Тому при використанні в 32-канальній CDMA-системі ОБП (7) можна добитися зменшення середнього рівня помилок не менш ніж в 1.02 раза порівняно з використанням ОБП (12), але таке зменшення не перевищуватиме 1.06 раза.

Побудована на рис. 28 для розповсюдженої 64-канальної CDMA-системи поверхня $c_{ber}(Q, l_{sync})$ також повністю розташована над поверхнею одиничного рівня $c_{ber} = 1$. Тут виконується подвійна нерівність

$$1 < c_{ber}(Q, l_{sync}) < 1.12 \quad (32)$$

$\forall l_{sync} \in [1; 10]$ та $\forall Q \in [0; 1]$, причому при зростанні l_{sync} та Q поверхня $c_{ber}(Q, l_{sync})$ піднімається все вище і вище над поверхнею одиничного рівня $c_{ber} = 1$. Таким чином, при використанні в 64-канальній CDMA-системі ОБП (8) завжди можна добитися зменшення середнього рівня помилок порівняно з використанням ОБП (13), але таке відносне зменшення не перевищуватиме 1.12 раза.

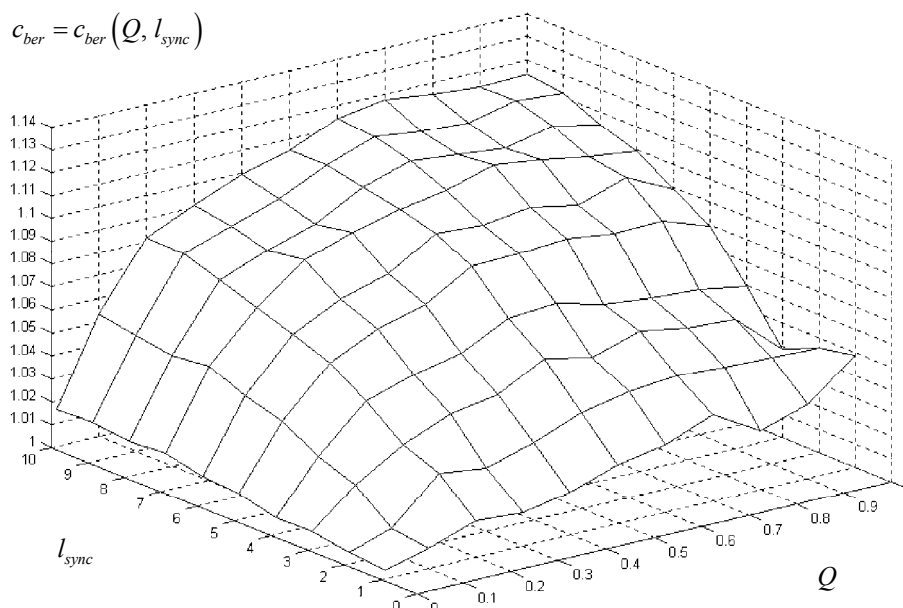


Рис. 28. Поверхня $c_{ber} = c_{ber}(Q, l_{sync})$ для 64-канальної CDMA-системи кодового розділення з системами ОБП $\left\{ \left\{ \text{gom}_8(r, \theta) \right\}_{r=0}^{31}, \left\{ \text{gom}_8(r, \theta) \right\}_{r=42}^{73} \right\}$ і $\left\{ \text{wal}(w, \theta) \right\}_{w=0}^{11}$

Література

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.
2. Варакин Л. Е. Теория систем сигналов. – М.: Сов. радио, 1978. – 304 с.
3. Романюк В. В. Обчислювальний метод побудови базисів ортогональних бінарних функцій для систем багатоканального зв'язку з кодовим розділенням каналів: Дис... канд. техн. наук: 01.05.02 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2006. – 225 с.
4. Романюк В. В. До питання доведення ортогональності деяких систем бінарних функцій, які відрізняються від системи функцій Уолша // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 1 (11). – С. 237-241.
5. Романюк В. В. Використання незамкнених систем ортогональних бінарних послідовностей для кодового ущільнення та розділення каналів // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2008. – № 5. – С. 171–178.
6. Романюк В. В. Оцінка рівня помилок у системі 12-канальної передачі даних з кодовим розділенням каналів при використанні 12 перших функцій Уолша та 12 перших функцій із одного базису ортогональних бінарних функцій // Наукові праці V Міжнародної науково-технічної конференції “Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2006)”. Том 2. – Харків, 2006. – С. 393–396.

Надійшла 9.11.2008 р.

УДК 612.317

Ю.В. СЕНЧИШИНА, В.Р. ЛЮБЧИК
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДІАГНОСТИКИ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Стаття присвячена дослідженню питань ультразвукової діагностики людини. Наведено основні методи діагностики людини, визначено їх переваги та недоліки. Встановлено проблеми проведення досліджень за допомогою УЗ-сигналів. Показано переваги та недоліки методів вимірювання відстаней. Показано, що найбільш доцільним є використання фазочастотних методів.

Розвиток людства поступово призвів до поширення різних захворювань зокрема розповсюдженню онкологічних хвороб.

Швидкими темпами розповсюджуються злоякісні новоутворення. За даними ВООЗ в останні 50 років смертність від цієї недуги підвищилась в усьому світі. Щорічно помирає 240,0 – 250,0 чоловік на 100 тис.

населення. В Україні захворюваність на злоякісні новоутворення зростає з 1990 року. Показник вперше зареєстрованих випадків становить 314,4 на 100 тис. населення, для міських жителів 312,9, а для сільських 317,7 на 100 тис.

У структурі причин смерті новоутворення займають друге місце. Онкозахворюваність зросла серед дитячого населення.

Основними проблемами є недостатньо рання діагностика (при багатьох нозологічних формах захворювання виявились 3 – 4 стадії).

Також не менш важливими є хвороби системи кровообігу.

Зростання смертності від хвороб системи кровообігу почалося у 60 – 70 роки. В Україні підвищується первинна захворюваність на хвороби систем кровообігу (ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба, церебро – васкулярна хвороба) та їх поширеність. Досить високим є рівень смертності. Показник смерті від хвороб системи кровообігу формується, головним чином, за рахунок смертності від ішемічної хвороби серця та церебро – васкулярної патології.

Причинами, що призводять до різкого підвищення захворюваності та смертності серед населення, є зміни в соціально – економічних відносинах, соціальному становищі різних прошарків суспільства, а також зубожіння, послаблення організаційних профілактичних заходів, поширення шкідливих звичок і нездорового образу життя.

Сучасні заходи, які мають вплинути на запобігання хвороб системи кровообігу та ефективність їх лікування в Україні:

- своєчасна рання, максимально до нозологічна діагностика хвороб систем кровообігу;
- підвищення рівня медичної культури населення та посилення уваги до свого здоров'я;
- широке впровадження засад здорового способу життя;
- впровадження інтенсивних медичних технологій лікування та реабілітації хворих;
- покращення взаємодії органів охорони здоров'я з органами освіти в реалізації профілактичних програм для різних верств населення з метою запобігання дії факторів виникнення ХСК.

В наш час існує багато методів діагностики. В медичних цілях застосовують методи діагностики що не ушкоджують організм людини. Такими є методи томографії. Томографія (грец. *τομή* – перетин) – метод неруйнівного пошарового дослідження внутрішньої структури об'єкту шляхом його багаторазового просвічування в різних напрямках, що перетинаються. Для діагностики внутрішніх органів використовують різні види томографій та діагностик, залежно від зондуючого випромінювання такі як:

- з використанням звукових хвиль:
 - ультразвукова томографія та діагностика (УЗТ, УЗД);
- з використанням електромагнітного випромінювання:
 - радіонуклідная емісійна томографія (гамма-випромінювання);
 - одnofотона емісійна томографія (ОФЕКТ);
 - двufотона емісійна або позитронно-емісійна томографія (ПЕТ);
 - рентгенівська томографія;
 - рентгенівська комп'ютерна томографія (КТ, РКТ);
 - оптична (лазерна) томографія (ОТ);
 - томографія в радіодіапазоні;
- з використанням електромагнітних полів:
 - магнітно-резонансна томографія (МРТ);
 - електро-імпедансна томографія.

Залежно від випромінювання яке застосовується, розрізняють і різні методи діагностики, які покладені в основу роботи відповідних вимірювальних приладів. Провівши аналіз основних методів діагностики внутрішніх органів медико-біологічних об'єктів можна скласти наступну порівняльну таблицю.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів діагностики медико-біологічних об'єктів

Методи діагностики	Якість зображення	Складність апаратури	Шкідливість	Швидкодія
Радіонуклідная томографія	висока	висока	висока	низька
Магнітно-резонансна томографія	висока	висока	висока	низька
Рентгенівській	середня	середня	висока	висока
УЗ-діагностика	середня	низька	незначна	висока

З наведеного порівняння видно, що найбільш прийнятним за усіма наведеними ознаками є методи ультразвукової діагностики. Недоліком УЗ-діагностики є недостатньо висока якість зображення яку отримують в результаті проведених вимірювань.

За допомогою ультразвукової діагностики проводять сканування усіх органів брюшної порожнини,

можлива діагностика серця, а також за допомогою доплерографії вимірювання швидкості потоку крові [1, 2].

З точки зору фізики ультразвуку тканини тіла людини близькі за своїми властивостями до рідкого середовища, тому тиск на них ультразвукової хвилі може бути описана як сила, що діє на рідину.

Зміна тиску в середовищу може відбуватись перпендикулярно в площині вібрації ультразвуку. Таку хвилю називають проковою, і саме такі хвилі несуть основну інформацію в ультразвуковій діагностиці. Але в твердих тілах, наприклад кістках, можуть виникати поперечні хвилі.

Швидкість розповсюдження ультразвуку залежить від пружності і щільності тканин. Швидкість розповсюдження ультразвуку при проходженні через різні середовища біологічного організму наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Швидкість розповсюдження ультразвуку через різні середовища біологічного організму

Матеріал	Швидкість звуку, м/с
М'які тканини (в середньому)	1540
Головний мозок	1541
Жир	1450
Печінка	1549
Нирка	1561
М'язи	1585
Кістки черепа	4080

Для різних типів ультразвукових досліджень застосовують різні види ультразвукових хвиль. В системах медичної ультразвукової діагностики як правило використовують частоти 1; 1,6; 2,25; 3,5; 5 и 10 МГц.

Новий метод, який використовує технології 3D і 4D, дозволяє отримувати більш чіткі зображення внутрішніх органів в реальному режимі часу.

Мінімальна роздільна здатність сучасних ультразвукових приладів, при яких досліджувані об'єкти розрізняються на екрані як окремі структури, визначається відстанню 1-2 мм. Глибина проникнення ультразвуку в тканині організму обернено пропорційна його частоті. З обліком цього створені спеціалізовані прилади, застосовувані в офтальмології, гінекології й ін.

Інтенсивність ультразвуку – це відношення потужності хвилі до площі, по якій розподіляється ультразвуковий потік. Вимірюється у ватах на квадратний сантиметр (Вт/кв.см). При рівній потужності випромінювання чим менше площа потоку, тим вище інтенсивність. Інтенсивність також пропорційна квадрату амплітуди. Так, якщо амплітуда подвоюється, то інтенсивність збільшується в чотири рази. Інтенсивність неоднорідна як по площі потоку, так й, у випадку імпульсного ультразвуку, у часі.

При проходженні через будь-яке середовище буде спостерігатися зменшення амплітуди й інтенсивності ультразвукового сигналу, що називається загасанням. Загасання ультразвукового сигналу викликається поглинанням, відбиттям і розсіюванням. Одиницею загасання є децибел (дБ). Коефіцієнт загасання – це ослаблення ультразвукового сигналу на одиницю довжини шляху цього сигналу (дБ/см). Коефіцієнт загасання зростає зі збільшенням частоти. Усереднені коефіцієнти загасання в м'яких тканинах і зменшення інтенсивності луна-сигналу залежно від частоти представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Усереднені коефіцієнти загасання в м'яких тканинах

Частота, МГц	Усереднений коефіцієнт загасання для м'яких тканин, дБ/см	Зменшення інтенсивності по глибині	
		1 см (%)	10 см (%)
1	1	21	90.0
2	2	37	99.0
3	3	50	99.9
5	5	60	99,999
7	7	80	100
10	10	90	100

При проходженні ультразвуку через тканини на границі середовищ із різним акустичним опором і швидкістю проведення ультразвуку виникають явища відбиття, переломлення, розсіювання й поглинання. Залежно від кута говорять про перпендикулярному й похилому (під кутом) падіння ультразвукового променя. При перпендикулярному падінні ультразвукового променя він може бути повністю відбитий або частково відбитий, частково проведений через границю двох середовищ; при цьому напрямок ультразвуку, що перейшов з одного середовища в інше середовище, не змінюється.

Інтенсивність відбитого ультразвуку і ультразвуку, що пройшов границю середовищ, залежить від вихідної інтенсивності і різниці акустичних опорів середовищ. Відношення інтенсивності відбитої хвилі до інтенсивності падаючої хвилі називається коефіцієнтом відбиття. Відношення інтенсивності ультразвукової

хвилі, що пройшла через границю середовищ, до інтенсивності падаючої хвилі називається коефіцієнтом проведення ультразвуку. Таким чином, якщо тканини мають різні щільності, але однаковий акустичний опір – відбиття ультразвуку не буде. З іншого боку, при великій різниці акустичних опорів інтенсивність відбиття прагне до 100 %. Прикладом цього служить границя повітря/м'які тканини. На границі цих середовищ відбувається практично повне відбиття ультразвуку. Щоб поліпшити проведення ультразвуку в тканині тіла людини, використовують сполучні середовища (гель). При похилому падінні ультразвукового променя визначають кут падіння, кут відбиття і кут переломлення.

Для проведення вимірювань використовується імпульсний метод. Суть методу полягає у випромінюванні періодичної імпульсної послідовності. Відстань відраховують по часовій затримці між випроміненим імпульсом і відбитим імпульсом. Похибка вимірювання залежить від точності вимірювання часових проміжків. Розрізнявальна спроможність – від кінцевої тривалості зондуючого імпульсу.

В практиці вимірювань відомі частотні і фазові методи вимірювання відстаней. У таблиці 4 показані характеристики імпульсного, частотного та фазового методів вимірювання відстаней. Порівняльні характеристики показані у таблиці 5. Суттєвим недоліком більшості методів є низька точність вимірювання, тільки фазовий багатощкальний метод має високу точність вимірювання. Єдиний суттєвий недолік фазового методу є повна відсутність розрізнявальної спроможності, внаслідок накладання сигналів відбитих від декількох об'єктів, в результаті чого отримується гармонійний сигнал такої ж частоти.

Таблиця 4

Характеристики основних методів вимірювання відстаней

	Імпульсний	Частотний	Фазовий
Відстань до об'єкта	$D = \frac{c \cdot \tau_D}{2}$	$D = \frac{c \cdot T_u}{2} \cdot \frac{\Delta \omega_u}{\Delta \omega}$	$D = \frac{c \cdot \Delta \varphi}{2 \cdot \Omega}$
Мінімальна відстань	$D_{\min} = \frac{c \cdot (\tau_D + t_a)}{2}$	-	-
Границя однозначного відліку відстані	$D_{\max} = \frac{c \cdot T_u}{2}$	$D_{\max} = \frac{c \cdot T_u}{2}$	$D_{\max} = \frac{c \cdot \pi}{2}$
Потенційна розрізняюча спроможність по відстані	$\Delta D_{\min} = \frac{c \cdot \tau_D}{2}$	$\Delta D_{\min} = \frac{c \cdot \Delta F_{\phi}}{4 \cdot F_m \cdot \Delta f_m}$	-

Таблиця 5

Порівняльна характеристика методів вимірювання відстаней

Метод	Переваги	Недоліки
Часовий	1. Можливість визначення відстаней до довільної кількості об'єктів 2. Можливість визначення характеру об'єкта	1. Розрізнявальна спроможність залежить від тривалості імпульсу 2. Із зменшенням тривалості імпульсу зростає згасання імпульсу
Частотний	1. Можливість визначення відстаней до довільної кількості об'єктів 2. Можливість визначення характеру об'єкта 3. Висока точність вимірювання	1. Складність технічної реалізації 2. Необхідність забезпечення лінійності модуляції
Фазовий	1. Визначення характеру об'єкта 2. Висока точність вимірювання 3. Використання низькочастотних сигналів	1. Відсутність розрізнявальної спроможності 2. Неможливість визначення характеру неоднорідності

Розглянемо детальніше фазовий багатощкальний метод (рис. 1). В техніці вимірювань відомо, що точність вимірювання кута фазового зсуву не залежить від частоти сигналу. Але якщо фазовий зсув перебільшує значення 2π то виникає фазова неоднозначність, внаслідок того що більшість фазометрів вимірює фазовий зсув в межах від 0 до 2π (360°). Для усунення фазової неоднозначності, вимірювання відстані проводять в декілька етапів. Спочатку вимірювання фазового зсуву проводять гармонійним сигналом, довжина хвилі якого більша або рівна максимальній вимірювальній відстані. Потім вимірювання фазового зсуву проводять сигналом із частотою в 10 разів вищою за частоту першого сигналу. Причому значення фазового зсуву отримане в першому вимірюванні використовується для визначення числа повних фазових циклів. В результаті отримуємо значення фазового зсуву вище за 2π , з незмінною точністю вимірювання фази, тоді як точність вимірювання відстані зростає в 10 разів. Збільшення частоти сигналу, приведе до ще більшого підвищення точності. Особливістю цього методу є те що для усунення фазової неоднозначності використовується вимірювальна інформація отримана на декількох частотах гармонійних сигналів.

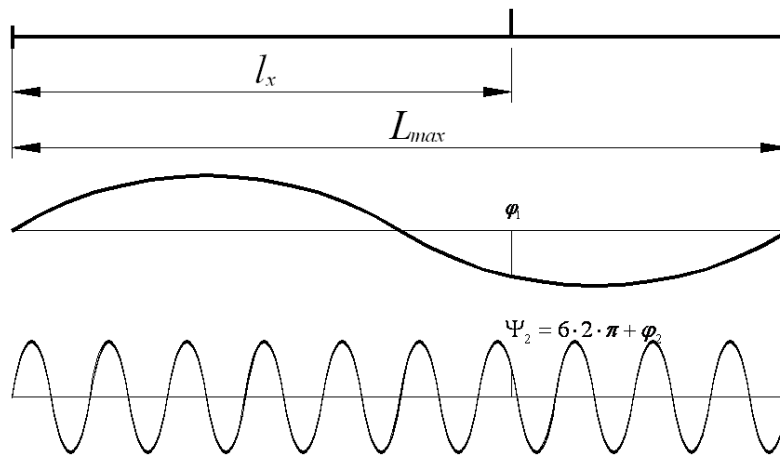


Рис. 1. Багатошкільний фазовий метод вимірювання відстаней

Подальшим удосконаленням фазових методів, є фазочастотні методи. Суть яких полягає у проведенні вимірювань на декількох частотах амплітуд і фаз сумарних відбитих сигналів, які відбиваються від декількох об'єктів вимірювання. У такому разі можна записати математичні моделі проходження сигналів. Можливі два варіанти – тригонометрична (1) та експоненційна (2) форма запису. Розв'язання однієї із цих систем і дозволить розділити вектори сигналів відбитих від кожного об'єкту. Але ці системи є нелінійними, і як відомо їх розв'язання можливе лише в окремих частинних випадках.

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{\Sigma 1} \sin \varphi_{\Sigma 1} = a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2 + \dots + a_n \sin \varphi_n; \\ a_{\Sigma 2} \sin \varphi_{\Sigma 2} = a_1 \sin 2\varphi_1 + a_2 \sin 2\varphi_2 + \dots + a_n \sin 2\varphi_n; \\ \dots \\ a_{\Sigma f} \sin \varphi_{\Sigma f} = a_1 \sin f\varphi_1 + a_2 \sin f\varphi_2 + \dots + a_n \sin f\varphi_n; \\ a_{\Sigma 1} \cos \varphi_{\Sigma 1} = a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2 + \dots + a_n \cos \varphi_n; \\ a_{\Sigma 2} \cos \varphi_{\Sigma 2} = a_1 \cos 2\varphi_1 + a_2 \cos 2\varphi_2 + \dots + a_n \cos 2\varphi_n; \\ \dots \\ a_{\Sigma f} \cos \varphi_{\Sigma f} = a_1 \cos n\varphi_1 + a_2 \cos n\varphi_2 + \dots + a_n \cos f\varphi_n. \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{\Sigma 1} \cdot e^{-j\varphi_{\Sigma 1}} = a_1 \cdot e^{-j\varphi_1} + a_2 \cdot e^{-j\varphi_2} + \dots + a_n \cdot e^{-j\varphi_n} \\ a_{\Sigma 2} \cdot e^{-j\varphi_{\Sigma 2}} = a_1 \cdot e^{-j2\varphi_1} + a_2 \cdot e^{-j2\varphi_2} + \dots + a_n \cdot e^{-j2\varphi_n} \\ \dots \\ a_{\Sigma f} \cdot e^{-j\varphi_{\Sigma f}} = a_1 \cdot e^{-jf\varphi_1} + a_2 \cdot e^{-jf\varphi_2} + \dots + a_n \cdot e^{-jf\varphi_n} \end{array} \right. \quad (2)$$

де $a_{\Sigma 1}, a_{\Sigma 2}, \dots, a_{\Sigma f}$ – амплітуди сумарних сигналів на частотах 1, 2, ..., f;
 $\varphi_{\Sigma 1}, \varphi_{\Sigma 2}, \dots, \varphi_{\Sigma f}$ – фазові зсуви сумарних сигналів на частотах 1, 2, ..., f;
 a_1, a_2, \dots, a_n - амплітуди сигналів відбитих від 1, 2, ..., n об'єкту;
 $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ – фазові зсуви сигналів відбитих від 1, 2, ..., n об'єкту.

В літературі [7-9] наведені різні способи розв'язання наведених систем рівнянь, а відповідно і розв'язання задачі усунення фазової неоднозначності при фазових вимірюваннях відстаней до багатьох об'єктів.

Як видно із таблиць 4 та 5 фазові методи вимірювання дозволяють значно підвищити точність вимірювання, а наведені фазочастотні методи – розрізнявальну спроможність. Отже, подальші удосконалення методів ультразвукової діагностики доцільно проводити у напрямку застосування фазочастотних методів вимірювання відстаней.

Література

1. Кузнецов С.В., Сигина О.А., Карлова Н.А., Тюрин И.Е. Основы ультразвуковой диагностики. Санкт-Петербург, 1994 год
2. Мартин И. Резник, Эндрю К. Новик. Секреты урологии. Бином, Москва, 1998 год.
3. Клиническая ультразвуковая диагностика. Мухарлямов Н.М., Беленков Ю.Н., Атьков О.Ю. Изд. Медицина, 1987.
4. Obstetric Ultrasound – Dr. Joseph S. K. Woo (Hong Kong.) – <http://www.ob-ultrasound.net/>
5. Mignews.com.ua

6. http://embriologia.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=119&Itemid=141
7. Любчик В. Р., Дем'янюк С. М. Дослідження потенційної точності та швидкодії спектрально-фазового методу вимірювання відстані // МНТЖ, «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», м. Хмельницький, 2003. – № 1 (23), – стор. 74-80.
8. Любчик В.Р. Розробка фазового методу вимірювання відстаней до двох об'єктів // Вісник ТУП, Ч.1., Том 3, № 4, 2004, – С.108-114.
9. Любчик В.Р., Гнатюк О. І. Вимірювання відстаней до трьох об'єктів. – Вісник ТУП, № № 2, 2005. – С. 5

Надійшла 5.11.2008 р.

УДК 616-07 681.5.017

В.М. ЛИСОГОР
Вінницький державний аграрний університет
О.В. ОЛЬШЕВСЬКА

Вінницький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету

МОДЕЛІ ВИМІРУ І КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ БІОАКТИВНИХ ТОЧОК ДЛЯ СИСТЕМ МЕДИЧНОГО ТЕЛЕМОНИТОРИНГУ

Розроблена регресійна модель виміру і контролю стану здоров'я людини на основі аналізу біоактивних точок з використанням регресійної моделі та визначенням кореляційних зв'язків і коефіцієнта детермінації, для можливості подальшого прогнозування стану здоров'я людини.

Обґрунтування напрямків дослідження

В умовах сучасності, прикрою реальністю буття людини усіх країн є збільшення кількості хворих, що створює необхідність виміру і контролю стану організму людини сучасними технічними засобами та інформаційними технологіями, що можуть підвищити ефективність профілактики та лікування. Медична область є складною і розгалуженою системою знань, що диференціюється на десятки взаємопов'язаних наук, кожна з яких має свій предмет, методику досліджень, свою проблематику і специфічну форму зв'язку з практикою. Виділимо деякі з напрямків сучасної медицини: традиційна, наукова, холистична, інтегративна, нетрадиційна, натуральна, альтернативна, біологічна, комплементарна, функціональна та ін. У загальному медицину можна розділити на наукову та альтернативну. З іншого боку, існують підходи, які об'єднують наукову і альтернативну медицину.

Все більшої популярності набувають методи рефлексотерапії, які використовуються у всіх розділах клінічної медицини. Дані методи можуть замінити або доповнювати інші методи лікування, в тому числі і фармакологічні, а також характеризуються відносною простотою процедури, економічністю, відсутністю алергічних реакцій та будь-яких інших ускладнень.

Однією із особливостей рефлексотерапії є дія на обмежені ділянки шкіри і підшкірних тканин – акупунктурні або біологічно активні точки (БАТ). Рефлекторний принцип регуляції функцій у організмі людини є універсальним фізіологічним принципом, а тому створення моделі виміру і контролю стану здоров'я людини на основі аналізу біоактивних точок є важливою проблемою, що чекає свого розв'язання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

З-поміж вітчизняних розробок, які присвячені проблемам моделювання виміру і контролю стану здоров'я людини, варто виділити наукові праці Макаца В.Г [1-4] присвячені побудові математичної моделі оцінки стану здоров'я. В [3, 5] розкривається вплив різних чинників на точність моделі норми. Дослідження в роботах дають можливість урахування різних факторів в процесі проведення діагностичних операцій та визначення функціонально-енергетичного стану людини з метою розширення можливостей відомих систем діагностування. У [6] виконаний вибір базової медичної технології для систем телемоніторингу та розроблена модель оцінки стану здоров'я людини. У [7] синтезовано систему вимірювання та реєстрування сигналів біоактивних точок для акупунктурної терапії. Публікація [8] присвячена побудові математичної оцінки впливу суттєвих факторів на стан здоров'я людини. Зроблено опис планування і проведення повнофакторного експерименту, а також перевірки його відтворення. Отримані математичні функції відгуку при дослідженні 12-и меридіанів акупунктурної системи людини. Здійснена перевірка статистичної значимості вибірових коефіцієнтів регресії і адекватності математичного опису. Зроблені висновки про суттєвість впливу кожного з досліджуваних факторів та можливість застосування результатів досліджень для підвищення ефективності діагностування функціонального стану здоров'я людини. Наведений аналіз останніх публікацій свідчить про недостатність досліджень для такого важливого напрямку, пов'язаного зі створенням моделі виміру і контролю стану здоров'я людини. Вказане підтверджує актуальність публікації.

Формулювання мети публікації

Розробити, дослідити моделі виміру і контролю стану здоров'я людини на основі аналізу біоактивних точок з використанням сучасних технічних засобів та інформаційних технологій. Характерною рисою

публікації є використання регресійної моделі з визначенням кореляційних зв'язків та коефіцієнта детермінації, на основі якої буде розв'язана задача оцінки поточного стану здоров'я, та прогнозування тренду майбутнього стану здоров'я людини.

Викладення основних результатів публікації

Наукова медицина включає системи знань, що отримані на дослідженнях, пов'язаних з проведенням експерименту, у результаті якого формуються емпіричні знання, філософські погляди і утворюються науково обґрунтовані концепції, гіпотези, теорії. Наукова медицина орієнтована на визначення точного діагнозу у відповідності з сучасною номенклатурою хвороб і визначенні лікувальних заходів у рамках затверджених стандартів. Розгалужена номенклатура хвороб достатньо чітко прив'язана до наукової галузі (терапія, хірургія, стоматологія і т.д.), що у деякій мірі перешкоджає цілісному розумінню механізмів патологічних процесів і диктує необхідність використання чисельних математичних методів досліджень.

Для альтернативної медицини характерним є недостатнє використання статистичних методів, відсутність чітких критеріїв покращення, невисока тривалість спостережень. Основною перевагою тут є те, що захворювання розглядається з точки зору системного підходу, наприклад, «У-сін» на терені акупунктури. Найбільш важливою частиною є використання важливої ролі квантово-хвильових механізмів у реалізації процесів життєдіяльності організму, через які, з одного боку, реалізується прямий зв'язок організму з оточуючим середовищем, а з іншого – здійснюється миттєва передача інформації між всіма клітинами і тканинами.

На сучасному етапі розвитку медицини важливим аспектом є тісний взаємозв'язок наукової і традиційної медицини. Все частіше використовуються альтернативні діагностичні методи, такі як: акупунктурна діагностика, аурикулодіагностика, термопунктурна діагностика, електропунктурна діагностика, пульсова, енергоінформаційна діагностика, кірліан-фотографія, прикладна кінезіологія, частотно-резонансна діагностика.

В основі акупунктури використовується поняття про систему меридіанів або енергетичних каналів. Канали здійснюють двосторонні зв'язки між внутрішнім і зовнішнім середовищем і служать провідниками взаємних впливів. Функціонування системи меридіанів, її зовнішніми і внутрішніми зв'язками пояснюється більшість ефектів і реакцій людського організму. Принцип відображення динаміки захворювання внутрішніх органів в зонах проходження каналів використовується у діагностиці і лікуванні.

Точки акупунктури виконують функцію вузлів зв'язку каналів між собою та зовнішнім середовищем. Впливом на точки акупунктури здійснюється корекція порушень меридіональної системи. За фізичними параметрами цих точок визначається активність меридіанів і зв'язаних з ними органів, і систем організму людини.

При проектуванні інформаційно-вимірювальних систем знайшов розповсюдження метод Су-Джок, що є проєкційною системою організму людини (проєкція 12 головних парних меридіанів) на кісті рук та стопи (рис. 1) [1]. Ще одним методом діагностування є метод, який ґрунтується на вимірюванні біопотенціалів семи активних акупунктурних точок, як інтегрального показника функціонального стану біологічної системи енергетичних зон поверхні одного, краще вказівного, пальця руки [3]. При даному методі діагностування кожна акупунктурна точка визначає енергетичний стан відповідних органів людського організму (рис. 2).

Таким чином, комплексна оцінка функціонального стану каналів за допомогою діагностування акупунктурних точок дозволяє виявити уражені системи та органи.

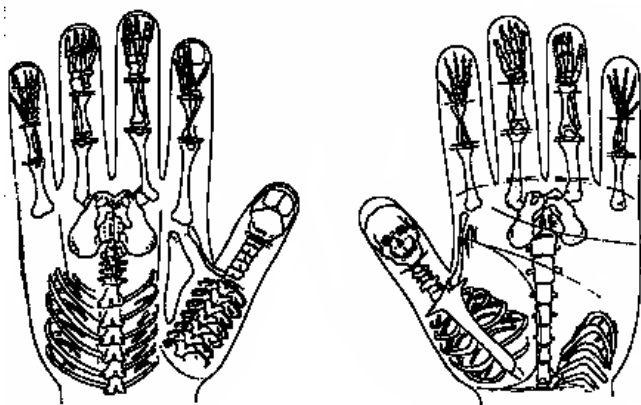


Рис. 1. Метод Су-Джок. Відображення людського організму на руці

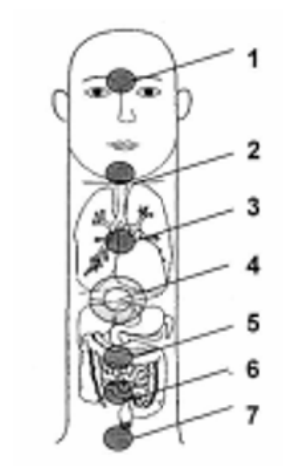


Рис. 2. Зони діагностування стану головних джерел обміну енергії

Розглянемо регресійну модель виміру і контролю стану здоров'я людини. Одним із напрямків застосування інформаційних технологій у медицині є діагностування захворювань, прогнозування стану організму за допомогою інтелектуальних систем прийняття рішень. Об'єктом дослідження є організм людини, який характеризується дифузністю та невідтворюваністю, викликаними цілим рядом зовнішніх і внутрішніх чинників. В основі математичної моделі, що використовується, полягає концепція зв'язків функціональних

систем, в яких враховуються просторові і часові характеристики цілісного організму. Отримання даних про стан організму можливе вищезазначеними способами.

Для визначення кількісної зміни величини однієї ознаки при зміні іншої служить метод регресії [9,10].

Модель стану здоров'я людини запишемо у вигляді:

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + e, \quad (1)$$

де y – вектор спостережень за залежною змінною;

$$y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

x – вектор спостережень за незалежною змінною;

$$x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\};$$

b_0, b_1 – невідомі параметри регресійної моделі;

e – вектор випадкових величин помилок;

$$e = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}.$$

Якщо між даними, що спостерігаються є лінійна залежність, то їх можна апроксимувати прямою лінією. На рис. 3 видно, що пряма розташована таким чином, що деякі точки знаходяться вище, деякі нижче цієї прямої. Похибка e для кожної точки визначається як відстань по вертикалі від цієї точки до прямої лінії (моделі). Відхилення точок реальних спостережень y_i відносно цієї прямої визначається як:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - b_0 - b_1 x_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де \hat{y}_i – i -а точка на прямій, яка відповідає значенню x_i (рис. 4).

Невідомі параметри b_0 та b_1 визначаються таким чином, щоб мінімізувати $\sum_{i=1}^n e_i^2$:

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 = f(b_0, b_1) \rightarrow \min. \quad (3)$$

Мінімум функції (3) досягається за необхідних умов, коли перші похідні дорівнюють нулеві.

$$\partial \left(\sum_{i=1}^n e_i^2 \right) / \partial b_0 = \partial f(b_0, b_1) / \partial b_0 = 0; \quad \partial \left(\sum_{i=1}^n e_i^2 \right) / \partial b_1 = \partial f(b_0, b_1) / \partial b_1 = 0; \quad (4)$$

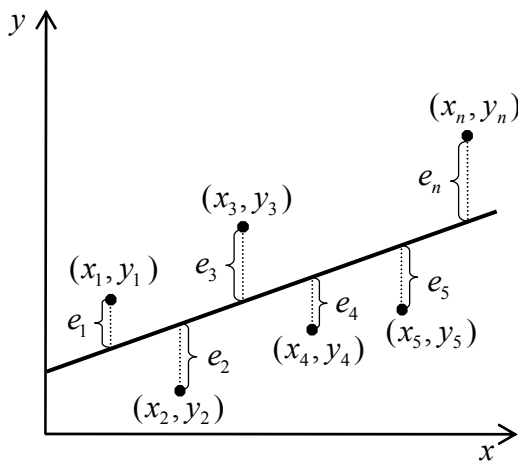


Рис. 3. Відхилення теоретичних значень від фактичних

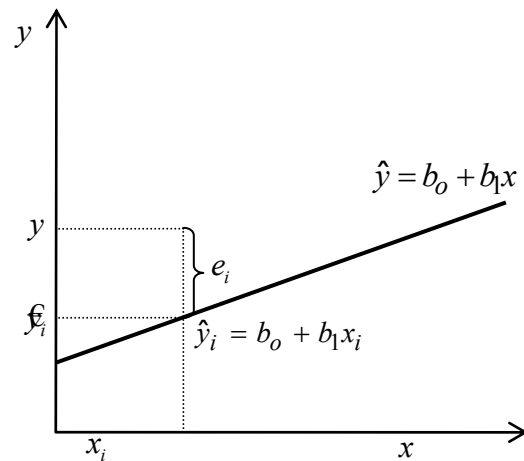


Рис. 4. Визначення відхилення теоретичних значень від фактичних

$$\begin{aligned} \partial \left(\sum_{i=1}^n e_i^2 \right) / \partial b_0 &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i) = 0; \\ \partial \left(\sum_{i=1}^n e_i^2 \right) / \partial b_1 &= -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - b_0 - b_1 x_i). \end{aligned} \quad (5)$$

Звідки отримаємо нормальну систему лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i = nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^n x_i; \\ \sum_{i=1}^n y_i x_i = b_0 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2. \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язок (6) відносно нахилу прямої (невідомі b_i) дає:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}. \quad (7)$$

При множенні чисельника та знаменника (7) на $1/n$ отримаємо:

$$b_1 = \frac{1/n \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right) - \bar{x} \bar{y}}{1/n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2}, \quad (8)$$

де $\bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i$; $\bar{y} = 1/n \sum_{i=1}^n y_i$.

(8) запишемо таким чином:

$$b_1 = \frac{1/n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{1/n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\text{var}(x)}. \quad (9)$$

Чисельник (9) є коефіцієнтом коваріації між x та y . За означенням коефіцієнт коваріації між двома змінними x та y визначається за формулою:

$$\text{cov}(x, y) = 1/n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}), \quad (10)$$

Знаменник (9) є дисперсією величини x , тобто

$$\text{var}(x) = 1/n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (11)$$

Кут нахилу прямої регресії можна встановити за формулами (7) або (8), або (9).

З (5) визначимо b_0 :

$$\frac{\partial \left(\sum_{i=1}^n e_i^2 \right)}{\partial b_0} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial b_0} \left[(y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \right] = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i) = 0. \quad (12)$$

Вираз (12) дає підтвердження того, що сума помилок дорівнює нулеві.

$$y_i - b_0 - b_1 x_i = e_i \Rightarrow \sum_{i=1}^n e_i = 0; \quad (13)$$

Розділивши (12) а n , маємо вираз для визначення b_0 :

$$1/n \sum_{i=1}^n y_i - b_0 - b_1 1/n \sum_{i=1}^n x_i = 0 \Rightarrow b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}. \quad (14)$$

Маємо:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x, \quad (15)$$

або

$$y = \hat{y} + e = b_0 + b_1 x + e. \quad (16)$$

Властивостями лінійної регресії, в якій параметри визначені за методом найменших квадратів, має

наступні властивості.

Регресійна пряма проходить через середню точку. За (14) отримаємо:

$$\bar{y} = b_0 + b_1 \bar{x}. \quad (17)$$

Залишки мають нульову коваріацію зі спостережуваними значеннями x та оціненими значеннями \hat{y}_i .

З (6) випливає,

$$\partial(\sum_{i=1}^n e_i^2) / \partial b_0 = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - a - b x_i) = -2 \sum_{i=1}^n x_i e_i = 0;$$

$$\text{cov}(x, e) = 1/n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(e_i - \bar{e}) = 1/n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})e_i, \text{ тому що } \bar{e} = 0;$$

$$\text{cov}(x, e) = 1/n \sum_{i=1}^n x_i e_i - 1/n \bar{x} \sum_{i=1}^n e_i = 1/n \sum_{i=1}^n x_i e_i, \text{ тому, що } \sum_{i=1}^n e_i = 0;$$

$$\text{cov}(x, e) = 0 \text{ за (13).}$$

Змінна \mathcal{F} є лінійною функцією від x , звідки випливає, що $\text{cov}(\mathcal{F}, e) = 0$.

Сума квадратів залишків є функцією від кута нахилу.

Параметри b_0, b_1 визначаються за (14), (9) та мають вигляд:

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}, \quad (18)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (19)$$

Введемо позначення $\tilde{x} = x - \bar{x}$, $\tilde{y} = y - \bar{y}$. \tilde{x} та \tilde{y} є відхиленнями від середніх значень. Лінійна регресія за першою ознакою проходить через середню точку (\bar{x}, \bar{y}) , тому її можна взяти за основу (рис. 5). Точка А має координати (x_i, y_i) . Відносно нової осі перша координата дорівнюватиме: $\tilde{x} = x_i - \bar{x}$, друга $\tilde{y} = y_i - \bar{y}$.

$$\tilde{y}_i = \hat{y}_i + e_i, \quad (20)$$

де $\hat{y} = \hat{y}_i - \bar{y}$, яка також є відхиленням оціненого значення \hat{y}_i від середнього \bar{y} ,

$$e_i = \tilde{y}_i - \hat{y}_i = y_i - \bar{y} - \hat{y}_i + \bar{y} = y_i - \hat{y}_i. \quad (21)$$

Лінійну регресію та суму квадратів залишків відповідно можна записати у вигляді:

$$\hat{y} = b_1 \tilde{x}$$

та

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - b_1 \tilde{x}_i)^2 = \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 - 2b_1 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i + b_1^2 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2. \quad (22)$$

Сума квадратів залишків є функцією від кута нахилу b_1 .

Однією з задач аналізу даних є знаходження взаємозв'язку між явищами. Для визначення його ступеня використовується кореляційний аналіз. Визначивши величини коефіцієнту кореляції, необхідно оцінити направлення зв'язку (прямий чи зворотній), силу достовірності отриманого коефіцієнту. Крім того, установлюється рівень значимості коефіцієнта кореляції.

Коефіцієнт кореляції розраховується за формулою:

$$r_{yx} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{\text{var}(x) \text{var}(y)}}, \quad (23)$$

де $\text{cov}(x, y)$ – коефіцієнт коваріації між x та y ;

$$\text{var}(x) \text{ – дисперсія змінної } x, \text{ var}(y) = \frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2 \text{ – дисперсія змінної } y.$$

Коефіцієнт кореляції є відносною мірою зв'язку між двома факторами і є числом в діапазоні від -1 до 1 ($-1 \leq r_{xy} \leq 1$), що характеризує силу взаємозв'язку в даних. Позитивне значення коефіцієнта кореляції свідчить про прямий зв'язок між показниками, а негативне – про зворотній зв'язок.

Використовується ще один критерій – коефіцієнт детермінації, за допомогою якого вимірюється щільність зв'язку між двома або більше показниками та перевіряється адекватність побудованої регресійної моделі дійсності. На рис. 6 показано, як розбивається на дві частини відхилення фактичних значень залежної змінної y від значень \hat{y}_i , що знаходяться на побудованій регресійній прямій (теоретичних значень):

$$\begin{aligned} (\hat{y}_i - y_i) &= (\hat{y}_i - \bar{y}) + (\bar{y} - y_i) - (\hat{y}_i - y_i) = -(\hat{y}_i - \bar{y}) + (y_i - \bar{y}) \Rightarrow \\ (y_i - \hat{y}_i) &= (y_i - \bar{y}) - (\hat{y}_i - \bar{y}). \end{aligned} \quad (24)$$

Вираз 24 перепишемо таким чином:

$$(y_i - \bar{y}) = (\hat{y}_i - \bar{y}) + (y_i - \hat{y}_i) \quad (25)$$

Таким чином загальне відхилення $(y_i - \bar{y})$ розклали на відхилення $(y_i - \hat{y}_i)$, яке не можна пояснити з регресійної лінії та на відхилення $(\hat{y}_i - \bar{y})$, яке можна пояснити, виходячи з регресійної лінії.

Після перетворень отримаємо остаточний вираз:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 + \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2, \quad (26)$$

де $\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ – загальна сума квадратів (SST); $\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ – сума квадратів помилок (SSE);

$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ – сума квадратів, що пояснює регресію (SSR).

У скороченому вигляді вираз (26) можна записати:

$$SST = SSE + SSR. \quad (27)$$

Поділивши (26) на n , отримаємо вираз для дисперсії:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / n = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n + \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / n, \quad (28)$$

де $\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / n$ – загальна дисперсія ($\sigma_{заг}^2$);

$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n$ – дисперсія помилок ($\sigma_{ном.}^2$);

$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / n$ – дисперсія, що пояснює регресію ($\sigma_{регп.}^2$).

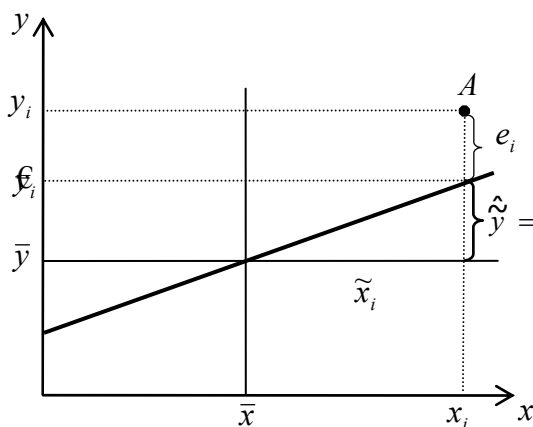


Рис. 5. Перенесення осей координат

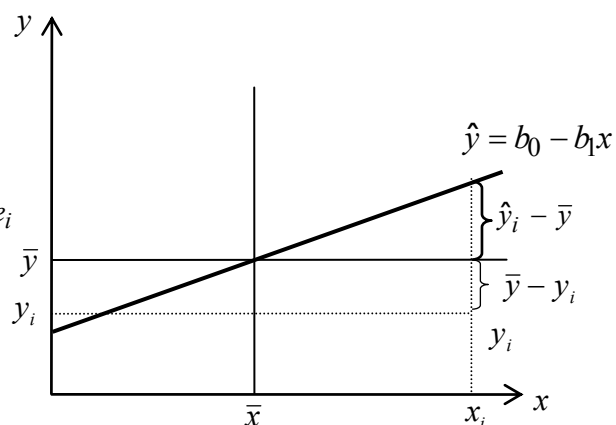


Рис. 6. Декомпозиція відхилень фактичних значень від теоретичних

Загальна дисперсія розкладається на дві частини: дисперсію, що пояснює регресію, та дисперсію помилок (дисперсію випадкових величин).

$$\sigma_{заг.}^2 = \sigma_{ном.}^2 + \sigma_{регп.}^2. \quad (29)$$

Поділивши обидві частини (29) на $\sigma_{заг.}^2$, отримаємо:

$$1 = \sigma_{\text{ном.}}^2 / \sigma_{\text{заг.}}^2 + \sigma_{\text{регр.}}^2 / \sigma_{\text{заг.}}^2 \quad (30)$$

Частина дисперсії, що пояснює регресію, називається коефіцієнтом детермінації і позначається R^2 . Коефіцієнт детермінації використовується як критерій адекватності моделі і записується у вигляді двох еквівалентних виразів:

$$R^2 = \sigma_{\text{регр.}}^2 / \sigma_{\text{заг.}}^2, \quad (31)$$

$$R^2 = SSR / SST. \quad (32)$$

Коефіцієнт детермінації завжди позитивний і перебуває у межах від нуля до одиниці ($0 \leq R^2 \leq 1$).

Розглянемо зв'язок між коефіцієнтом кореляції (r) і коефіцієнтом детермінації R^2 . Коефіцієнт кореляції розраховується за формулою:

$$r = \text{cov}(x, y) / \sqrt{\text{var}(x) \cdot \text{var}(y)} = \text{cov}(x, y) / \sigma_x \sigma_y \quad (33)$$

Коефіцієнт детермінації дорівнює квадрату коефіцієнта кореляції:

$$R^2 = r^2 \quad (34)$$

Для можливості побудови прогнозу запропонована лінійна регресійна модель. Визначено установлення залежності між випадковими величинами, що спостерігаються і не вільними від завад. (Регресійний аналіз дозволяє передбачати одну змінну на основі іншої з використанням прямої лінії, що характеризує взаємозв'язок між цими двома змінними).

Висновки

В основі математичної моделі, що пропонується, полягає концепція, в якій враховуються характеристики цілісного організму. Для визначення кількісної зміни стану здоров'я людини визначена регресійна модель з визначенням кореляційних зв'язків та коефіцієнта детермінації, що робить можливим здійснювати оцінку поточного стану здоров'я та прогнозувати тренд майбутнього стану здоров'я людини. Описані властивості регресійної моделі. Визначений зв'язок між коефіцієнтами кореляції та детермінації.

Література

1. Макац В., Нагайчук В., Макац Д. Основи біоактиваційної медицини. – Вінниця: Велес, 2001. – 315 с.
2. Лисогор В., Макац В., Власюк А. Побудова математичної моделі активності меридіанів людини методами математичної статистики // Вісник ВПІ. – 1999. – № 4 – С. 48-53.
3. Лисогор В.М., Галаган О.Я., Яремко С.А. Компоненти моделі оцінки стану здоров'я людини з використанням спеціалізованої інформаційно-виміральної системи // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2003. – № 2-С.157-160.
4. Азаров О.Д., Галаган О.Я., Снігур А.В., Кручай І.С. Математична модель активності акупунктури людини на основі інформативних параметрів біологічно-активних точок // Вісник ВПІ. – 2005. – № 6-С.14-20.
5. Роїк О.М., Войтко В.В., Яремко С.А. Інформаційне експериментальне дослідження параметрів діагностично-лікувальних систем // Вісник ВПІ. – 2005. – № 2-С.5-9.
6. Власюк А.І., Яремко С.А., Власюк Б.А. Вибір базової медичної технології для систем телемоніторингу // Вісник ВПІ. – 2005. – № 1. – С.69-75.
7. Азаров О.Д., Галаган О.Я., Звенигородський Е.Л., Снігур А.В. Система вимірювання та реєстрування сигналів біологічно-активних точок для акупунктурної терапії // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 2-С.16-19.
8. Лисогор В.М., Власюк А.І., Яремко С.А. Математична модель оцінки впливу суттєвих факторів на стан здоров'я людини для систем медичного телемоніторингу // Вісник ВПІВінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 3- С.5-11.
9. Грешилов А.А., Стакун В.А., Стакун А.А. Математические методы построения прогнозов. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.
10. Лек'яненко І.Г., Краснікова Л.І. Економетрика: Підручник. – Товариство «Знання», КОО, 1998. – 494 с.

Надійшла 7.11.2008 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ ПОЛІМЕРІВ ТЕКСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Стаття стосується проблем завершальної обробки текстильних матеріалів, зокрема, апретування кремнійорганічними гідрофобізаторами. На основі вивчення процесу адсорбції полімерів текстильним волокном розглянуто можливі шляхи зниження концентрації гідрофобізуючого препарату у робочих розчинах та температури теплової обробки текстильного матеріалу. Показано вплив додаткових речовин на сорбцію полімеру, фіксацію полімеру на волокні та якість гідрофобної обробки тканин.

В структурі матеріальних витрат текстильного виробництва основна їх частина приходить на сировину, матеріали та комплектуючі, але поступово їх питома вага зменшується, а частина витрат на енерго- та водопостачання навпаки збільшується. Так, середньорічний темп приросту енергозатрат за останні 10 років склав приблизно 40 % [1]. В контексті щорічного росту витрат виробництва продукції текстильної промисловості протягом останніх років, загострення конкурентної боротьби на внутрішньому та світовому ринках тканин особливо актуальним стає питання про впровадження енерго- та матеріалозберігаючих технологій виробництва.

Завершальна обробка – заключний етап виробництва текстильних матеріалів – включає в себе сукупність процесів, більшість з яких є безперервними та енергоємними (рис. 1).



Рис. 1. Етапи завершальної обробки

Тому в сучасних умовах високоякісна обробка тканин передбачає раціональну, економічно вигідну побудову технологічного процесу, який забезпечує надання текстильним матеріалам комплексу споживчих властивостей, а також дотримання санітарно-гігієнічних та екологічних потреб.

Останнім часом в текстильній промисловості все більше використання при обробці текстильних матеріалів знаходять кремнійорганічні сполуки (КОС). При їх використанні покращується зовнішній вигляд тканин, поглиблюється забарвлення [2], сумісне використання кремнійорганічних препаратів та передконденсатів термореактивних смол сприяє збільшенню ефекту малозминаємості, розривного навантаження, стійкості тканини до зтирання, надає тканинам антистатичних властивостей [3]. Крім того, просочення тканин КОС є одним з найбільш розповсюджених способів надання текстильним матеріалам гідрофобних властивостей.

В цьому процесі виникає низка проблем. По-перше, концентрації гідрофобізуючого полімеру, які рекомендуються дослідниками, коливаються в межах 50-100 г на 1 л робочого розчину [4], що значно удорожчує процес обробки. По друге, всупереч літературним даним, стійкий гідрофобний ефект, який отримується при використанні сучасних препаратів, спостерігається тільки після теплової обробки при достатньо високих температурах (150-170 °C) впродовж 3-5 хвилин [4], що також є несприятливим в умовах впровадження ресурсозберігаючих технологій.

З метою зниження концентрації гідрофобізатора (ГФ) та зниження температури теплової обробки тканини, і як наслідок, зменшення матеріало- та енергоємності технології, в роботі досліджували вплив різних добавок на процес адсорбції полімеру волокном.

Не дивлячись на те, що процеси адсорбції відіграють суттєву роль в комплексі кінцевих фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей матеріалів, це питання практично не вивчалось.

Процес адсорбції лежить в основі першого етапу завершальної обробки – просочення тканини апретуючим розчином. Адсорбційний комплекс, який утворюється між оздоблювальним полімером та волокном (рис. 2), визначає в кінцевому рахунку якість обробки.

Адсорбція полімерів суттєво відрізняється від адсорбції низькомолекулярних речовин. Ці відмінності пов'язані не тільки з макромолекулярною природою молекул адсорбату, але і з тим, що кожній концентрації розчину полімеру відповідають різні конформації макромолекулярного клубку, ступінь взаємопроникнення клубків та ступінь їх агрегації, тобто різні форми і розмір частинок, які адсорбуються [5].

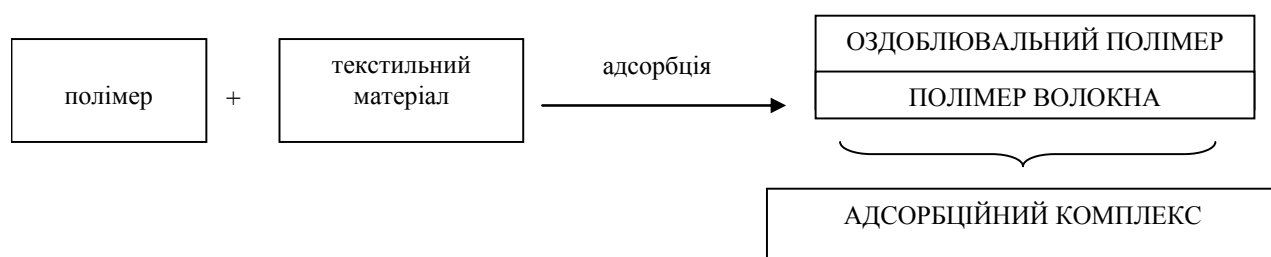


Рис. 2. Схема утворення адсорбційного комплексу

В даній роботі вивчали процес адсорбції кремнійорганічного гідрофобизатора на основі поліметилгідросилоксану зі вмістом активного водню 1,5-1,8 %. Володіючи низьким поверхневим натягом, силіконові препарати при нанесенні на тканину змочують її, при цьому відбувається сорбція препарату поверхнею волокна, а також заповнюються доступні пори та капіляри. Сорбційні процеси призводять до утворення на поверхні волокна полімолекулярного шару кремнійорганічного полімеру, який при затвердінні утворює однорідну, гнучку та міцну плівку з високою адгезією до волокна [4]. Гідрофобні властивості текстильного матеріалу, обробленого КОС, пояснюються насамперед певною орієнтацією молекул полімеру, при якій полярні зв'язки Si–O напрямлені до поверхні матеріалу, а гідрофобні вуглеводневі радикали – навпаки, тобто до зовнішнього середовища (рис. 3).

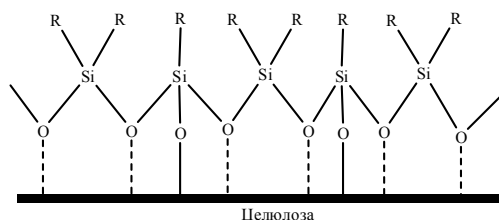


Рис. 3. Схема орієнтації полімеру-гідрофобизатора на волокні

При введенні солей металів спостерігається додаткова фіксація полімеру на волокні за рахунок атому металу і утворення додаткового координаційного містка шляхом зв'язку з кремнійполімером (рис. 4).

Дослідження проводилися на бавовняних та плащових тканинах зі вмістом поліефірного волокна 47 і 76 %. Сорбцію полімеру визначали ваговим методом і оцінювали у відсотках по відношенню до маси сухої тканини.

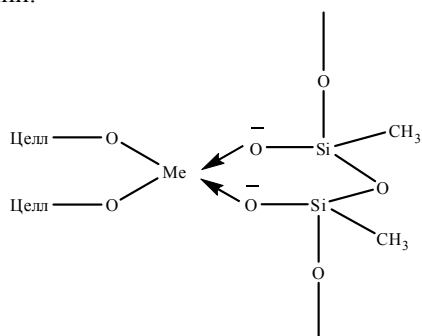


Рис. 4. Схема фіксації полімеру-гідрофобизатора на волокні в присутності атому металу

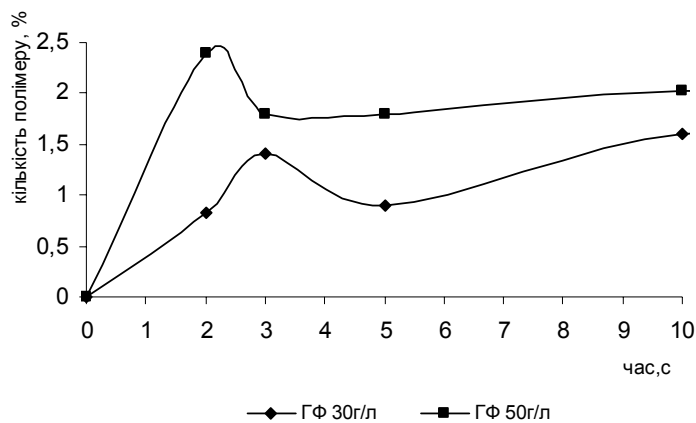


Рис. 5. Адсорбція полімеру волокном

На рис. 5 наведені кінетичні криві адсорбції гідрофобизатора волокном.

З рисунку бачимо, що криві адсорбції поліалкілгідросилоксану мають типовий для полімерів вигляд і характеризуються наявністю яскраво вираженого максимуму. Вигляд адсорбційної кривої свідчить про агрегативний механізм адсорбції – при збільшенні концентрації розчину полімеру макромолекули полімеру адсорбуються у вигляді взаємодіючих клубків або агрегатів клубків, так як на поверхню адсорбенту переважно сорбуються «гірше розчинні» агрегати молекул, ніж неагреговані молекули. З часом рівноважні концентрації агрегатів відновлюються, що пояснює можливу наявність другого максимуму [4].

З графіка видно також, що збільшення концентрації полімеру в просочувальній ванні з 30 г/л до 50 г/л призводить до підвищення його кількості на волокні приблизно в 2 рази, причому за менший час перебування тканини в робочому розчині, що технологічно є вигіднішим. Вирівнювання значень вмісту полімеру на апретованих зразках при досягненні рівноважного стану (1,6 і 1,8 %) дозволяє зробити висновок про те, що збільшення концентрації полімеру в просочувальному розчині не лише підвищує сорбцію полімеру, але і збільшує швидкість сорбції на початкових відрізках часу, зміщуючи область максимуму.

Оскільки збільшення концентрації полімеру є затратним шляхом, була поставлена задача дослідити

можливість підвищення сорбції гідрофобізатору на волокні без збільшення його кількості в просочувальному розчині, тобто одержати при концентрації 30 г/л дані з адсорбції, рівноцінні тим, що були одержані при адсорбції з розчину полімеру концентрацією 50 г/л.

На рис. 6 та 7 показано, як змінюється характер кривих адсорбції при додаванні солей цинку, п्लумбуму, купрум та алюмінію.

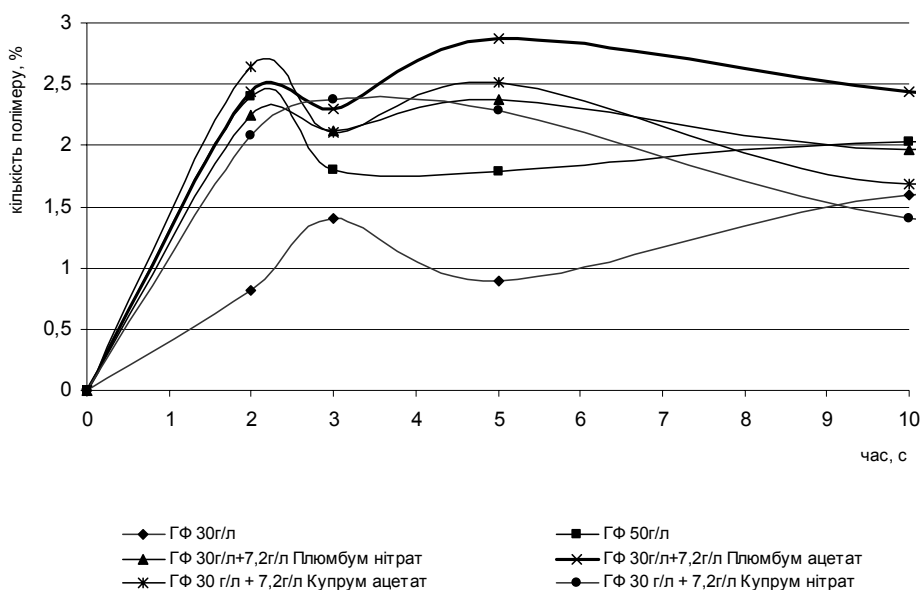


Рис. 6. Адсорбція полімеру волоконном при додаванні солей купрум та п्लумбуму

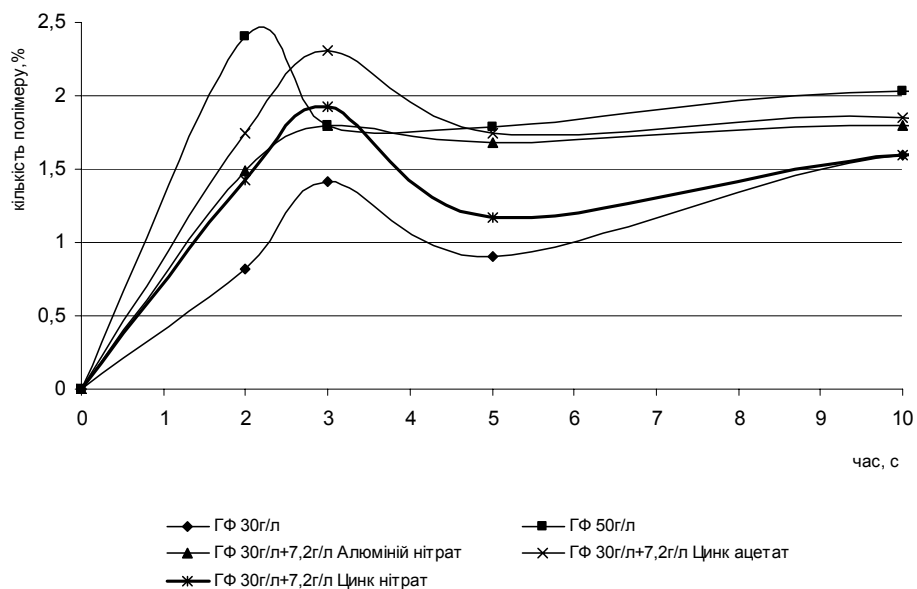


Рис. 7. Адсорбція полімеру волоконном при додаванні солей цинку і алюмінію

Як бачимо з рисунків, додавання солей металів в просочувальний розчин у всіх випадках сприяє значному підвищенню сорбції гідрофобізуючої речовини за менший проміжок часу. Крім того, при використанні як електроліту ацетатів купрум та п्लумбуму, кількість полімеру на волокні при концентрації його в просочувальному розчині 30 г/л перевищує кількість полімеру на волокні при концентрації його у ванні 50 г/л. Мінімальний приріст гідрофобізатору на апретованих зразках спостерігається при використанні Алюміній нітрату (рис. 7), хоча максимальна кількість полімеру сорбується в 5 раз швидше.

Таким чином, додавання солей металів при гідрофобізації текстильних матеріалів поліметилгідроксиланом збільшує сорбцію полімеру, тим самим дозволяючи знизити його концентрацію в просочувальній ванні.

З метою зменшення температури термообробки в гідрофобізуючий склад нами було введено органічну нітрогеновмісну речовину, яка дозволила додатково збільшити сорбційну ємність полімеру волокна, забезпечити необхідну орієнтацію макромолекул силікону, його додаткову фіксацію на волокні [6].

На рис. 8 показані кінетичні криві адсорбції гідрофобізатору волоконном у присутності солей металів і

нітрогеновмісної органічної речовини.

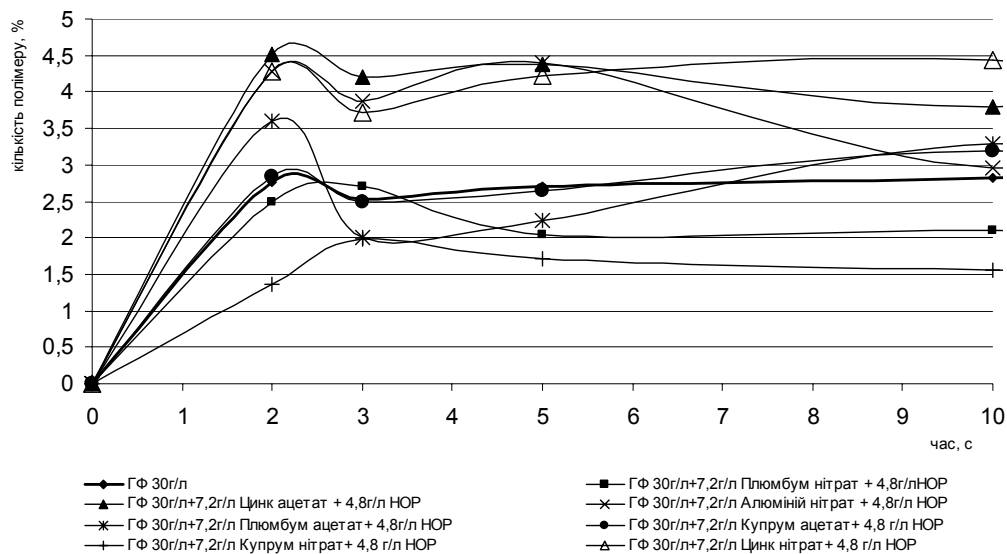


Рис. 8. Адсорбція полімеру волокном в присутності солей металів та нітрогеновмісної органічної речовини

Як бачимо, введення нітрогеновмісної органічної сполуки спільно з сіллю металу при гідрофобізації текстильних матеріалів поліметилгідросилоксаном збільшує сорбцію полімеру волокном, сприяє зростанню швидкості адсорбції полімеру-гідрофобізатору, що скорочує час знаходження матеріалу в плюсовці. На нашу думку, дана речовина викликає також зміну конформації ланцюгів полімеру зі спіралеподібної на лінійну, яка відбувається під час сорбції і фіксації полімеру на текстильному матеріалі, що забезпечує найбільший гідрофобний ефект. Сукупність перелічених факторів дозволила знизити температуру обробки тканини до 120 °С, при чому показники якості гідрофобної обробки (водовідштовхування та водопоглинання) залишилися відповідними ГОСТу.

Таким чином, лабораторні та виробничі випробування показали, що при гідрофобізації текстильних матеріалів поліметилгідросилоксаном за рахунок сумісної дії солей металів та запропонованої нітрогеновмісної органічної сполуки досягається максимальний гідрофобний ефект, стійкий до багаторазового прання.

Проведені дослідження дозволяють зменшити матеріаломісткість технології обробки тканин за рахунок зменшення концентрації гідрофобізатора по зрівнянню з типовими рецептурами (до 30 г/л), а також значно зменшити енерговитрати за рахунок виключення стадії термофіксації і завершення процесу обробки сушінням матеріалу при 120 °С, що є вирішальним фактором в роботі сучасного виробництва.

Література

1. Живетин В.В., Яковлева Н.В. Внедрение энергосберегающих технологий как один из способов повышения конкурентоспособности текстильных предприятий // Текстильная промышленность. – 2006. – № 1-2. – С. 60-63.
2. Измайлов Б.А., Журавлева Н.В., Скрипникова В.С. Совмещенный способ гидрофобной и антимикробной отделки текстильных материалов // Текстильная промышленность. – 2005. – № 7-8. – С. 70-72.
3. Применение силиконов в текстильной промышленности. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1968. – 117 с.
4. Орлов Н.Ф., Андросова М.В., Введенский Н.В. Кремнийорганические соединения в текстильной и легкой промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 239 с.
5. Липатов Ю.С. Коллоидная химия полимеров. – К.: Наукова думка, 1984. – 344 с.
6. Водоотталкивающая и водоупорная отделка тканей из химических волокон. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1984. – 44 с.

Надійшла 3.11.2008 р.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОМОТОВАНИХ АКРИЛОВИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ ПРИ ДРУКУВАННІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВОЛОКОН

В роботі досліджено дисперсії і плівки на основі нових марок акрилових полімерів, що містять в макромолекулах групи промотори адгезії. Показано, що дані зв'язуючі шляхом посилення адгезійної та когезійної взаємодії забезпечують підвищення стійкості пігментних забарвлень до фізико-механічних дій. Розроблено малокомпонентний друкарський склад на основі промотованого полімеру, що самозшивається, який виключає використання передконденсатів термореактивних смол і тим самим забезпечує екологічну чистоту текстильної продукції.

При пігментному способі друкування тканин проблема стійкості пігментного забарвлення до фізико-механічних дій, як правило, вирішується шляхом введення до пігментного складу предконденсатів термореактивних смол (ПТРС), які разом з плівкоутворюючим полімером створюють сітчасту полімерну структуру плівки із закріпленням в ній пігментом.

Проте, зважаючи на недостатню силу когезії адгезиву, частинки пігменту не міцно закріплюються в просторовій структурі сітки, а вільний від полімеру зв'язуючого простір на межі з поверхнею тканини створює доступ для проникнення молекул води; все разом обумовлює низькі показники стійкості забарвлень при мокрому терті.

Посилити поверхневі контакти на межі плівка-субстрат та забезпечити високу когезійну взаємодію самої полімерної плівки можливо за рахунок введення у друкарський склад спеціальних добавок, так званих адгезійних промоторів. У широкому розумінні адгезійними промоторами є будь-які добавки, що містять функціональні групи (-ОН, -OR, -COOH, -Cl, -NH₂ та ін.), які здатні підвищувати інтенсивність фізичної взаємодії плівка-субстрат або формувати хімічні зв'язки [1].

У зв'язку з відзначеним, в даній роботі підвищення адгезійної взаємодії полімерної плівки з текстильним субстратом здійснювалося шляхом використання нових марок акрилових полімерів зв'язуючих, макромолекули яких містили групи-промотори адгезії – карбоксильні групи, для чого при синтезі сополімеру збільшено долю метакрилової кислоти (МАК). Спрогнозовано, що збільшення вмісту карбоксильних груп також буде створювати додаткові умови для реакцій „зшивання” полімеру зв'язуючого з молекулами предконденсатів термореактивних смол. Сітчаста полімерна структура, яка формується в даному процесі, сприятиме не тільки підвищенню адгезії плівки, але й її когезії.

Для здійснення вище вказаних процесів, перш за все, необхідно було визначити, який з полімерів зв'язуючих, що відрізнялися різним вмістом метакрилової кислоти і відповідно карбоксильних груп, буде більш ефективним для утворення міцної полімерної плівки.

Нами було досліджено вплив концентрації метакрилової кислоти в полімері зв'язуючому на властивості полімерних плівок, швидкість випаровування вологи при формуванні плівки, адгезійну міцність склейок та якість друкування тканини пігментами. Дослідження проводилися на серії акрилових дисперсій з вмістом модифікуючого мономеру – метакрилової кислоти 2, 5 і 8 % в порівнянні з типовим акриловим зв'язуючим Tapabond KB виробництва Голландії. Умови синтезу забезпечували близькі фізико-хімічні властивості латексів, а співвідношення сомономерів стиролу та бутілакрилату, які входили до складу досліджуваних полімерів, вибирали з урахуванням отримання близьких механічних властивостей плівок.

Аналіз даних табл. 1 свідчить про суттєву схожість у колоїдно-хімічних властивостях досліджуваних латексів та в окремих показниках фізико-хімічних характеристик плівок. Так всі полімерні плівки тонкі, досить міцні та еластичні, їх мінімальна температура плівкоутворення достатньо низька +5⁰С. Відмінність спостерігається в ступені набрякання плівок і в'язкості водних розчинів дисперсій, що пов'язано з різним вмістом карбоксильних груп у полімерах. Так, збільшення концентрації метакрилової кислоти з 2 до 8 % призводить до підвищення в'язкості від 1234 до 1300 мПа·с і збільшення ступеня набрякання плівок в 1,3 рази при незначному зниженні еластичності плівки (~ 6 %) і зростанні розривної міцності з 6,0 до 7,5 мПа·с.

З кінетичних кривих випаровування вологи при формуванні плівок, наведених на рис. 1, видно, що для полімеру з найменшою концентрацією метакрилової кислоти (2 %) приблизно через 3 години закінчується випаровування вологи і формується плівка, тоді як вміст води в плівках латексів № 2 і 3 (вміст МАК 5 і 8 %) на цей час становить відповідно 1,0 і 3,6 %. Пізніше інших вода випаровується в акриловому полімері з підвищеним вмістом метакрилової кислоти (8 %) і тому остання стадія плівкоутворення завершується майже через 5 годин.

Залежність властивостей полімерних дисперсій і плівок від вмісту карбоксильних груп в акриловому сополімері

Вміст метакрилової кислоти в сополімері, %	Колоїдно-хімічні властивості полімерних дисперсій					Фізико-механічні властивості полімерних плівок				
	масова частка сухої речовини, %	розмір частинок, r_{cp} , мкм	поверхневий натяг, σ , мН/м	в'язкість динамічна, η , мПа·с	стійкість до розведення водою 1:100	розривна міцність, σ_p , МПа·с	відносне подовження, E , %	ступінь набрякання в мильно-содовому розчині, α , %	мінімальна температура плівкоутворення, t_0 , °C	товщина плівки, мкм
2	49,78	0,06	37,2	1234	стійка	6,0	725	181,5	+5	0,17
5	49,80	0,07	36,9	1270	стійка	6,3	710	190,7	+5	0,21
8	49,90	0,07	37,4	1300	стійка	7,5	682	250,8	+5	0,26
> 8	проблеми синтезу через високу в'язкість дисперсій									

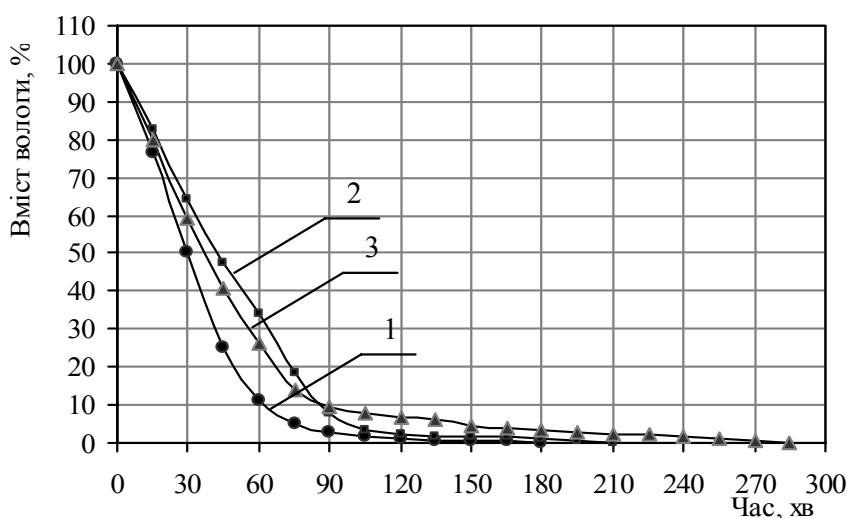


Рис. 1. Кінетичні криві випаровування вологи при плівкоутворенні з дисперсій з різним вмістом метакрилової кислоти: 1 – 2 % МАК; 2 – 5 % МАК; 3 – 8 % МАК

Сповільнений процес плівкоутворення полімеру з великим вмістом гідрофільних карбоксильних груп (8 %) забезпечує можливість більш легкого видалення друкарських складів при промивці друкарського устаткування, що підтверджується даними дослідження з оцінки ступеня забивання шаблонів.

Встановлено, що полімерна дисперсія з вмістом МАК 8 % забезпечує найбільший показник адгезійної міцності склейок на бавовняному субстраті: склейки в 2 рази міцніші порівняно із зразками тканин склеєних латексом, який мав 2 % карбоксильних груп і в 1,7 рази – з вмістом карбоксильних груп 5 %. В даному випадку при збільшенні в акриловому полімері груп промоторів адгезії, адгезійна взаємодія полімер-субстрат може реалізуватися не тільки завдяки електростатичним силам, але й за рахунок збільшення хімічних зв'язків між функціональними групами целюлози (-ОН групи) та групами-промоторами адгезії (-COOH групи) акрилового полімеру.

За даними табл. 2 можна зробити висновок, що збільшення груп промоторів адгезії в акриловому сополімері (8 %), який одержав назву Лакритекс™ 272, позитивно впливає на адгезійну міцність системи „полімерна плівка-текстильний субстрат”, про що свідчить підвищення на 1 бал показників стійкості пігментного забарвлення до сухого тертя та прання за ГОСТ № 9333.0-83÷9733.27-83. Однак при цьому за рахунок товщини плівки дещо знижується інтенсивність забарвлення, а достатньо високі значення ступеня набрякання плівок не дозволяють підвищити показники стійкості забарвлення до мокрого тертя.

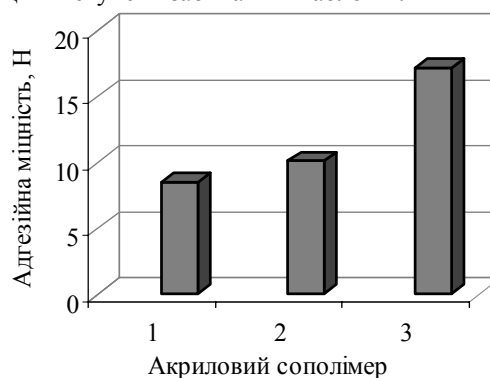


Рис. 2. Адгезійна міцність склейок, сформованих з використанням полімерних дисперсій, які містять різну кількість карбоксильних груп: 1 – МАК 2 %; 2 – МАК 5 %; 3 – МАК 8 %

Залежність стійкості забарвлення від вмісту карбоксильних груп в дисперсії при друкуванні пігментом Pigmacol blue K2G на бавовняній тканині

№ п/п	Вміст метакрилової кислоти, %	Стійкість забарвлення, бали			Інтенсивність забарвлення, К/С, од.	Жорсткість тканини, ЕІ, мкН·см ²	Рівнота забарвлення, ΔК/С, %
		сухе тертя	мокре тертя	прання № 4 за ГОСТ № 9333.0-83÷9733.27-83			
1	2	2-3/3	2/3	4/4	9,5	2835	5,0
2	5	2-3/3	2/3	4/5	9,3	2810	5,5
3	8 (Лакритекс™272)	3/4	2/3	5/5	9,2	2810	7,0
4	Tanabond KB	3/4	2/3	4-5/5	9,0	2820	5,0

Традиційний шлях розв'язання цієї проблеми полягає у введенні до друкарських складів зшиваючого агента, який би ефективно взаємодіяв з вільними карбоксильними групами полімеру зв'язуючого з утворенням поперечних зв'язків, що в комплексі створить ущільнену структуру полімерної плівки. Але недоліком предконденсатів термореактивних смол є те, що вони відносяться до формальдегідвмісних препаратів і тому текстильна продукція надрукована з їх використанням не належить до екологічно чистої.

Найбільш ефективним рішенням проблеми підвищення стійкості пігментного забарвлення до фізико-механічних дій та забезпечення екологічної чистоти текстильної продукції є використання термореакційноздатних промотованих акрилових полімерів.

Тому на наступному етапі роботи було синтезовано полімерні дисперсії з новим модифікуючим мономером у складі, який містив метилольні групи – групи-прототори, що здатні до міжмолекулярного самозшивання та реакцій з гідроксильними групами целюлози під дією високих температур (160⁰-170⁰С). Такий самозшиваючий сополімер (Текстайл) можна віднести до термореакційноздатних сполук, які не потребують введення зшиваючих агентів до друкарських фарб.

Як видно з даних табл. 3, за колоїдно-хімічними властивостями дисперсія Текстайл суттєво не відрізняється від дисперсії Лакритекс™ 272, але властивості плівок сформовані з самозшиваючої дисперсії Текстайл характеризуються кращими показниками: плівки в 1,7 рази міцніші до розриву та в 3,5 рази стійкіші до набрякання.

Таблиця 3

Колоїдно-хімічні властивості полімерних дисперсій та фізико-механічні властивості плівок, сформованих з дисперсій Текстайл і Лакритекс™ 272

№ п/п	Полімерна дисперсія	Колоїдно-хімічні властивості полімерних дисперсій					Фізико-механічні властивості полімерних плівок				
		масова частка сухої речовини, %	розмір частинок, Г _{ср} , мкм	поверхневий натяг, σ, мН/м	в'язкість динамічна, μ, мПа·с	стійкість до розведення водою 1: 100	розривна міцність, σ _р , МПа·с	відносне подовження, Е, %	ступінь набрякання в мильно-содовому розчині, V _с , %	мінімальна температура пливкоутворення, Т _с , °С	товщина плівки, мкм
1	Лакритекс™ 272	49,9	0,07	37,4	1,30	стійка	5	682	250,8	+5	0,26
2	Текстайл	50,1	0,10	38,0	0,52	стійка	12,6	503	72,3	+1	0,20

Акриловий сополімер Текстайл – термозшиваючий, було випробувано у друкарських складах при друкуванні пігментом блакитним фталоціаніновим ТП за варіантами рецептів, наведеними в табл. 4

Таблиця 4

Склади для пігментного друкування акриловим сополімером зв'язуючим Текстайл

№ п/п	Найменування компонентів	Концентрація компонентів, г/кг, за варіантами				
		I	II	III	IV	V
1	Текстайл	80	90	100	120	140
2	Пігмент	5	10	15	20	40
3	Акриловий загусник	20	20	20	20	20
4	Вода	до 1 кг				

Встановлено, що пігментні склади на основі зв'язуючого Текстайл, які не містили предконденсатів

термореактивних смол, при друкуванні пігментами на целюлозних волокнах забезпечують гарну адгезійну та когезійну міцність полімерного матеріалу, що підтверджується високими показниками стійкості забарвлення, зокрема до мокрих обробок на рівні 4-5/5 балів та забезпечують гарну інтенсивність забарвлення та м'який гриф надрукованої тканини (табл. 5).

Таблиця 5

Залежність стійкості забарвлення від кількісного складу компонентів при пігментному друкуванні бавовняної тканини пігментом блакитним фталоціаніновим ТП при використанні самозшиваючого зв'язуючого Текстайл

№ п/п	Склади для друкування	Стійкість забарвлення, бали			Інтенсивність забарвлення, К/С, од.	Жорсткість тканини, ЕІ, мкН·см ²
		сухе тертя	мокре тертя	прання № 4 за ГОСТ № 9333.083÷9733.27-83		
1	Варіант I	5/5	4-5/5	5/5	6,0	2794
2	Варіант II	5/5	4-5/5	5/5	7,6	2830
3	Варіант III	5/5	4-5/5	5/5	8,7	2840
4	Варіант IV	5/5	4-5/5	5/5	9,4	2826
5	Варіант V	4/4	3-4/4	5/4	9,9	2956

Текстильні зразки надруковані пігментним складом на основі нової марки промотованого акрилового зв'язуючого Текстайл не містили формальдегіду, який визначався ацетилацетоновим методом [2].

Таким чином, використання промотованих акрилових сополімерів в якості зв'язуючих пігментних складів, сприяє утворенню адгезійного комплексу „полімерна плівка – текстильний матеріал” підвищеної міцності та посиленню когезійної взаємодії між компонентами полімерної плівки. Все це забезпечує одержання пігментного забарвлення високої стійкості, зокрема до мокрих обробок на рівні 4-5/5 балів, мінімізує склад друкарських фарб, дозволяє одержати екологічну чисту текстильну продукцію, що в цілому створює умови для випуску вітчизняного конкурентноспроможного текстилю.

Література

1. Verkholtantsev V.V. Adhesion promoters // European Coatings Journal. – 1999. – № 11. – Р. 52-60.
2. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: Учеб. для вузов. – М.: РЗИТЛ, 2000. – Т.3. – 298 с.

Надійшла 8.11.2008 р.

УДК 677.017.8

О.М. ЛУЩЕВСЬКА, О.М. ТРОЯН
Хмельницький національний університет
О.Й. ЯНЦАЛОВСЬКИЙ
Академія інтегративної медицини, м. Київ

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМФОРТНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розроблено методику дослідження комфортності текстильних матеріалів для одягу з використанням методів акупунктурної діагностики функціонального стану організму людини. Наведено результати дослідження та надано рекомендації щодо вибору матеріалів для виготовлення спеціального одягу перукарів.

Постановка проблеми

Із переходом українського суспільства на європейські стандарти обслуговування актуальною стає проблема забезпечення персоналу підприємств сфери послуг високоякісним спеціальним одягом. Такий одяг призначений для захисту працівника від забруднень, сприяє зниженню професійних захворювань, а також підвищенню продуктивності праці. Захисні властивості спеціального одягу визначаються, переважно, сировинним складом, експлуатаційними та фізико-механічними характеристиками матеріалів, з яких його виготовлено. Підвищення продуктивності праці працівника можливе за умови високої комфортності одягу, яка досягається за рахунок гігієнічних властивостей матеріалів, а також конструктивно-технологічного та колористичного розв'язань спеціального одягу. Під «комфортністю» одягу або текстильного матеріалу розуміють стан фізіологічної, психологічної та фізичної гармонії між людиною і навколишнім середовищем [1]. Незважаючи на численні дослідження комфортності одягу та матеріалів для його виготовлення [2-5], на сьогодні відсутні методики, за допомогою яких можливо отримати інформацію про біоенергоінформаційний

вплив матеріалів одягу на функціональний стан організму людини. Саме тому, актуальним питанням є розробка методик дослідження комфортності з використанням методів акупунктурної діагностики, що надасть можливість кількісно оцінити біоенергоінформаційний вплив матеріалів на органи та системи органів людини та дозволить здійснити вибір матеріалів для проектування одягу з високим рівнем комфортності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Найбільш поширеними методиками оцінки комфортності спеціального та побутового одягу є фізіолого-гігієнічні дослідження, які ґрунтуються на визначенні зміни показників теплового стану людини та мікроклімату підодягового простору [2-4]. Тепловий стан організму визначається шляхом вимірювання фізіологічних показників стану здоров'я людини, таких як температура тіла, шкіри, вологовтрати людини, частота серцевих скорочень, кров'яний тиск та ін., а також працездатністю людини в досліджуваному одязі. При цьому надають увагу і суб'єктивному тепловому стану носія, ступеню зручності одягу. Подібні дослідження проводяться в кліматичних умовах, характерних для експлуатації спеціального одягу, а рівень енерговитрат задають шляхом дозованого фізичного навантаження за допомогою велоергометра, доріжки, що рухається, або імітації робочих рухів працівника.

Розглянуті методики спрямовані на оцінку комфортності готового одягу, однак, на думку авторів, на стадії передпроектного дослідження важливо, разом із фізико-механічними та гігієнічними властивостями матеріалів одягу, досліджувати і їх комфортність.

На сьогодні відома методика оцінки комфортності матеріалів одягу [1], яка полягає в тому, що зразок досліджуваного матеріалу розміщують на шкірі людини, приймають антеною електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону, що проходить через матеріал, сигнал антени подають на вхід модуляційного радіометра і фіксують вихідну напругу. Комфортним, за даним способом, вважається матеріал, який не перешкоджає електромагнітному випромінюванню людини, тобто здійснюється вільний енергообмін з навколишнім середовищем, а випромінювальна здатність матеріалів для одягу та тіла людини близькі за значенням, при чому відбиття або поглинання частин електромагнітної енергії людини матеріалом знижує комфортність одягу.

Недоліком цієї методики є те, що вона не враховує вплив досліджуваного матеріалу на функціональний стан органів та систем органів організму людини, що може впливати на відчуття комфортності одягу.

Формулювання мети та постановка завдання

Метою дослідження є розробка методики оцінки комфортності текстильних матеріалів, яка враховує їх біоенергоінформаційний вплив на функціональний стан організму людини та дозволяє здійснити вибір матеріалів для проектування спеціального одягу перукарів з високим рівнем комфортності.

Виклад основного матеріалу

На сьогодні відомі методи електропунктурної діагностики Фолля [5], Накатані, Нечушкіна, Портнова [6], які дозволяють оцінити функціональний стан органів та систем органів організму людини. В основі цих методів є твердження про те, що кожний живий організм має певну електричну енергію, яка формується випромінюванням клітин за рахунок різниці потенціалів клітинної мембрани та міжклітинного середовища [5, 7, 8]. Ця різниця потенціалів різна для різних клітин та органів. Розглянуті методи електропунктурної діагностики дозволяють реєструвати параметри зональної електропровідності по постійному струму від різних ділянок тіла і рецепторних зон, які функціонально пов'язані з певними внутрішніми органами [8]. Рецепторні зони або так звані біологічно активні ділянки шкіри, знаходяться у місцях скупчення на поверхні тіла людини біологічно активних точок (БАТ), які через відповідні ділянки спинного мозку пов'язані з функцією певного органу [5, 9]. Окрім того, БАТ мають підвищені електропровідність, чутливість до болю та особливий температурний режим, що відображає стан парасимпатичної нервової системи людини, котра регулює механізми потовиділення [10]. Таким чином, реєструючи параметри зональної електропровідності від рецепторних зон можливо оцінити функціональний стан органів та організму в цілому на клітинному рівні, з урахуванням психофізіологічних характеристик людини [5, 8].

Відомо, що у клітинній мембрані існують певні білкові структури та глікозильні групи, пов'язані з механізмами розпізнавання зовнішнього впливу. Дані утворення структуруються в окремі одиниці і являють собою специфічні клітинні рецептори, які сприймають зовнішній вплив хімічної та фізичної природи, а також біологічних полів наднизької інтенсивності (так званих, інформаційних полів), як енергетичні сигнали, що мають свої частотні та хвильові характеристики [5, 11-13]. Відомо [9], що ці енергетичні сигнали, обмінюються інформацією з сигналами, які йдуть від внутрішніх органів, і навпаки. У випадку значних відхилень частотно-хвильових характеристик сигналів зовнішнього впливу та частотно-хвильових характеристик органів, може змінюватись діяльність життєво важливих функціональних систем людини.

В сучасній медичній практиці механізми зовнішнього впливу на функціональний стан організму людини успішно використовують при індивідуальному підборі медичних препаратів та матеріалів [14].

Матеріали одягу, що безпосередньо контактують з поверхнею тіла людини, мають власні біоенергетичні поля, з властивими їм частотно-хвильовими характеристиками, які впливають на частотно-хвильові характеристики органів та систем органів організму людини. Отже, якщо здійснювати реєстрацію біоенергоінформаційного впливу матеріалу на органи та системи органів організму людини, то можливо оцінити ступінь комфортності даного матеріалу ще на стадії передпроектних досліджень. При максимальному співпаданні (резонансі) частотно-хвильових характеристик матеріалу та органів (систем органів) людини, матеріал є комфортним для людського організму. Неспівпадання частотно-хвильових характеристик матеріалу

та органів викликає деструктуризацію біологічних електромагнітних полів, що спричиняє метаболічні порушення на клітинному рівні та призводить до розвитку різних патологій. Отже, такий матеріал негативно впливає на функціональний стан організму людини, і тому не є комфортним.

Саме на реєстрації біоенергоінформаційного впливу матеріалу на організм людини ґрунтується методика оцінки комфортності текстильних матеріалів, розроблена на кафедрі технології та конструювання швейних виробів ХНУ у співавторстві з науковцями Академії інтегративної медицини (м. Київ) [15].

Розроблена методика реалізується за допомогою сучасного апаратно-програмного діагностичного комплексу (АПДК) «Intera-DiaCor», в основу принципів роботи якого покладені раніше відомі методи електропунктурної діагностики [5, 6]. Даний комплекс дозволяє діагностувати функціональний стан організму людини шляхом реєстрації параметрів зональної електропровідності по постійному струму між трьома парами електродів від різних ділянок тіла та рецепторних зон, що функціонально пов'язані з певними внутрішніми органами. Це дає можливість контролювати якісні сумарні величини потенціалів клітинної мембрани і сприйнятливості клітинних рецепторів органів (систем органів) до зовнішнього впливу, що відображають їх функціональний стан на клітинному рівні [7, 8].

Схематичний перелік технічних засобів для реалізації запропонованої методики оцінки комфортності текстильних матеріалів представлено на рис. 1.

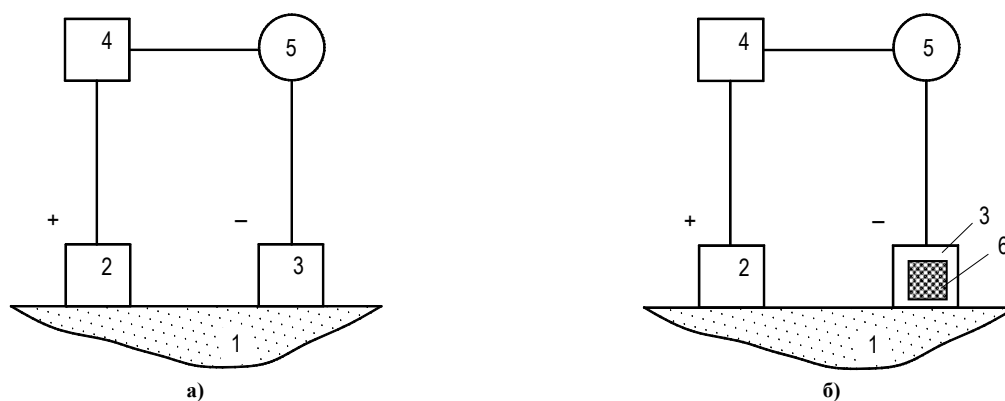


Рис. 1. Схема технічних засобів для дослідження комфортності текстильних матеріалів:

1 – біологічно активна ділянка шкіри людини; 2 – «активний» електрод; 3 – «пасивний» електрод; 4 – блок подачі електричних імпульсів; 5 – вимірювальний блок, 6 – зразок досліджуваного текстильного матеріалу

Сутність розробленої методики полягає в наступному: на біологічно активних ділянках шкіри людини 1 (рис. 1) (в межах відомого методу електропунктурної діагностики АПДК «Intera-DiaCor») це ділянки чола, долонь та ступні ніг) контактним способом фіксують «активний» 2 і «пасивний» 3 електроди. Через них від блоку 4 на біологічно активні ділянки шкіри подають електричні імпульси та послідовно здійснюють реєстрацію частотно-хвильових характеристик органів та систем органів в режимі численних повторних вимірів блоком 5. Інформація з блоку 5 передається на ПЕОМ, де опрацьовується за допомогою програмного забезпечення АПДК «Intera-DiaCor», що дозволяє отримати достовірні показники функціонального стану організму людини. Після чого, в контур «пасивного» електроду 3 вносять зразок досліджуваного текстильного матеріалу 6 (рис. 1, б), розмір якого 100 мм×100 мм, повторно здійснюють реєстрацію частотно-хвильових характеристик органів та систем органів організму людини при впливі досліджуваного матеріалу. Реєструють кількість органів (систем органів), де відбулися негативні зміни показників їх функціонального стану. Комфортність текстильного матеріалу оцінюють за числовим значенням коефіцієнта комфортності k у відсотках:

$$k = \frac{K_c - K_n}{K_c} \cdot 100, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт комфортності матеріалу, %;

K_c – кількість органів (систем органів) організму людини;

K_n – кількість органів (систем органів) організму людини, де відбулися негативні зміни, спричинені впливом матеріалу.

За допомогою розробленої методики досліджено комфортність матеріалів, з яких виготовляють побутовий та спеціальний одяг перукарів, а саме сорочково-платтяна, плащова тканини. Крім того, досліджено перспективний нетканий матеріал, який застосовується при виготовленні одноразового одягу медпрацівників та працівників косметичних салонів і може, на думку авторів, використовуватись для виготовлення спеціального одягу перукарів

Відомо, що достовірність результатів у значній мірі залежить від об'єму вибірки [16]. Для визначення довірчого об'єму вибірки використані результати попереднього дослідження 20 осіб, функціональний стан організму яких не має значних відхилень від норми.

Оскільки метод дослідження функціонального стану організму людини за допомогою АПДК «Intera-DiaCor» відзначається високою точністю (відносна гарантійна помилка не перевищує 5 %), то довірчий об'єм

вибірки для кожного матеріалу розраховано із використанням закону малих вибірок за формулою Стюдента [17]. Результати статистичного аналізу попереднього дослідження комфортності текстильних матеріалів представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Статистичний аналіз попереднього дослідження комфортності текстильних матеріалів

Назва текстильного матеріалу, вміст сировинного складу, %	Середнє арифметичне значення коефіцієнта комфортності, %	Середнє квадратичне відхилення коефіцієнта комфортності, %	Середнє арифметичне значення середнього квадратичного відхилення, %	Точність вимірювання, %	Імовірність похибки вимірювання, %	Мінімальна необхідна кількість досліджень коефіцієнта комфортності, осіб
Сорочково-платтяна тканина, бавовна-100 %	82,6	10,6	2,4	0,029	5,02	30
Нетканый матеріал, поліпропілен-100 %	75,1	9,8	2,2	0,03	4,60	31
Плащова тканина, капрон-100 %	62,3	10,8	1,9	0,03	3,71	32

За результатами попереднього дослідження (табл. 1), встановлено, що для визначення коефіцієнта комфортності із середнім значенням гарантійної помилки 5 % і довірчою імовірністю 0,95 необхідно дослідити не менше 30 осіб – для сорочково-платтяної тканини, 31 – для нетканого матеріалу та 32 особи для плащової тканини. Враховуючи результати розрахунку необхідного об'єму вибірки досліджено 32 особи для визначення коефіцієнта комфортності кожного матеріалу.

Аналіз результатів дослідження комфортності кожного з обраних матеріалів представлено у вигляді діаграми (рис. 1).

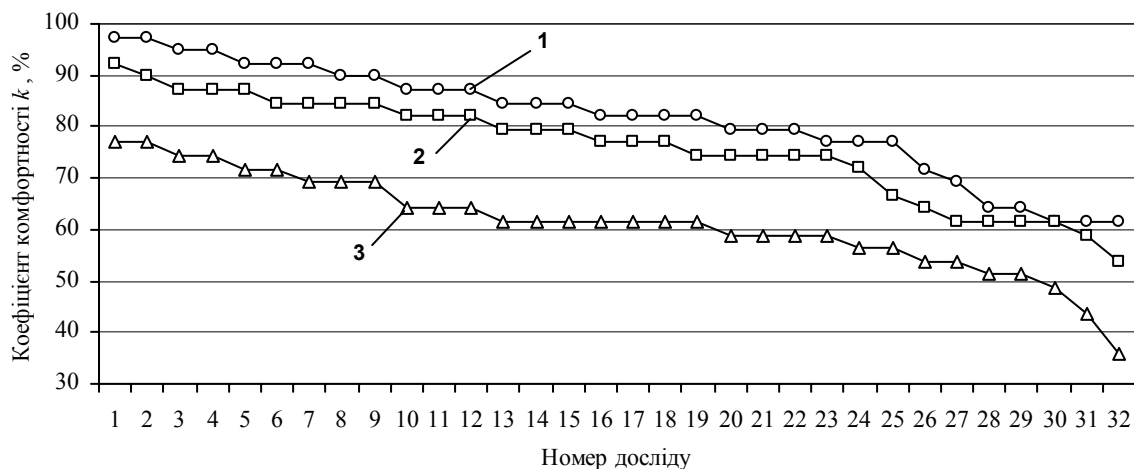


Рис. 1. Оцінка ступеня комфортності текстильних матеріалів: 1 – сорочково-платтяна тканина (бавовна – 100 %), 2 – нетканый матеріал (поліпропілен – 100 %), 3 – плащова тканина (капрон – 100 %)

Результати дослідження (рис. 1) засвідчують, що коефіцієнт комфортності бавовняної тканини для 59,4 % досліджуваних знаходиться в межах 82,1 % – 97,4 %, а для решти 40,6 % досліджуваних – в межах 61,5 % – 79,5 %.

Коефіцієнт комфортності нетканого поліпропіленового матеріалу для 37,5 % досліджуваних знаходиться в межах 82,1 % – 92,3 %, для 59,4 % осіб в межах 61,5 % – 79,5 %, а для решти 3,1 % – коефіцієнт комфортності 59 %.

Щодо капронової тканини встановлено, що коефіцієнт комфортності для 62,5 % досліджуваних людей знаходиться в межах 61,5 % – 76,92 %, а для 37,5 % досліджуваних – коефіцієнт комфортності 35,9 % – 59 %. Отже, капронова плащова тканина, серед досліджуваних, має найнижчий рівень комфортності, а тому її не бажано використовувати для виготовлення спеціального одягу перукарів.

Аналіз результатів дослідження комфортності текстильних матеріалів показав, що найвищий рівень комфортності має бавовняна тканина. Нетканый поліпропіленовий матеріал за показником комфортності наближається до тканини природного походження. Тому, на думку авторів, дані матеріали можуть бути рекомендовані для виготовлення одягу перукарів, як найбільш перспективні.

Слід відмітити, що результати дослідження комфортності для одного і того ж матеріалу не є однозначними для всіх досліджуваних осіб. Так, наприклад, коефіцієнт комфортності для бавовняної

сорочково-платтяної тканини коливається від 97,4 % до 61,5 % при середньому значенні коефіцієнта комфортності для цього матеріалу 82,6 %. Аналіз результатів досліджень показав, що найнижчі коефіцієнти комфортності по всіх матеріалах відмічені в досліджуваних, у яких АПДК «Intera-DiaCor» виявив порушення в роботі імунної системи. Серед усієї вибірки таких осіб біля 25 %. Виходячи з цього, під час вибору матеріалу для одягу, який би забезпечував високий рівень комфортності, необхідно враховувати індивідуальні особливості та загальний функціональний стан організму людини.

Детальний аналіз результатів дослідження дозволив встановити, що негативні зміни, спричинені впливом матеріалу, сталися переважно в органах та системах органів, робота яких пов'язана з імунним захистом організму та серцево-судинною системою. Тому, на нашу думку, під час проектування одягу, особливо спеціального, в якому людина проводить більшу частину робочого часу, необхідно підібрати матеріали, які мають високий рівень комфортності. Підібравши матеріал, біоенергоінформаційний вплив якого на споживача є нейтральним, можливо попередити виникнення порушень функціонального стану організму.

Висновки

Таким чином, розроблено методику оцінки комфортності текстильних матеріалів, яка дозволяє кількісно оцінити ступінь комфортності матеріалів для одягу різного призначення, враховуючи біоенергоінформаційний вплив досліджуваного матеріалу на функціональний стан організму людини. Дану методику можна застосовувати для оцінки комфортності текстильних матеріалів при проектуванні одягу певного призначення як для групи споживачів, так і при підборі матеріалів для конкретного споживача.

За результатами проведених досліджень для виготовлення спеціального одягу перукарів рекомендовано сорочково-платтяну бавовняну тканину та нетканий поліпропіленовий матеріал, як найбільш комфортні.

Література

1. Супрун Н.П. Наукові основи визначення властивостей пакетів бар'єрного одягу з урахуванням особливостей експлуатації: Дис... докт. техн. наук: 05.02.01. – К., 2006. – 308 с.
2. Делль Р.А., Афанасьєва Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиєна одягу. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 160 с.
3. Чубарова З.С. Методы оценки качества специальной одежды. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 160 с.
4. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества: Справочник / К.Г. Гущина, С.А.Беляева, Е.Я. Командрикова и др.; Под ред. К.Г. Гущиной. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 312 с.
5. Лупичев Н.Л. Электростимуляционная диагностика, гомеопатия и феномен дальнего действия. – М.: Мосгорпечать, 1990. – 136 с.
6. Самосюк И.З. Нетрадиционные методы диагностики и терапии / И.З. Самосюк, В.П. Лисенюк, Ю.П. Лиманский и др. – К.: Здоров'я, 1994. – 240 с.
7. Новизна и особенности АПДК «Intera-DiaCor» / [Електронний ресурс] / Падченко С.И // DiaCor Online. – Режим доступу: <http://www.diacor.com.ua/ru/?page=complex#diacor>
8. Падченко С.И. Научно-медицинское обоснование методики информационной диагностики «InteraVector-BIOPSI-DiaCor» // Матеріали першого міжнародного конгрес-крузу «Медицина третього тисячоліття», Київ, 2003. – С. 134– 138.
9. Собоцький В.В. Клінічна рефлексотерапія. – К.: Здоров'я, 1995. – 256 с.
10. Мачерет Е.Л., А.О. Коркушко Основы электро- и акупунктуры /. – К.: Здоров'я, 1993. – 392 с.
11. Гавриш О.Г. О физической природе биологического поля // Сознание и физическая реальность. – 1999. – № 2, Т.4. – С. 51– 55.
12. Медицинские аспекты проблемы биоэнергоинформационных влияний на организм человека / [Електронний ресурс] / Ю.Б. Григоров, М.А. Пустовойт, Ю.П. Гниденко и др // Святогор. – Режим доступу: http://www.svyatogor.com/rus/doc/med_journal.pdf
13. Пучко Л.Г. Многомерная медицина. Система самодиагностики и самоизлечения человека. – М.: АНС, 2005 – 432 с.
14. Медикаментозный электростимуляционный тест Фолля Р. В выборе зубопротезных материалов / Р.Н. Кобылянская, В.С.Онищенко, П.В. Леоненко, В.Я. Кобылянский // Матеріали першого міжнародного конгрес-крузу «Медицина третього тисячоліття», Київ, 2003. – С. 59– 62.
15. № 3544 МПК G01N33/36. Спосіб оцінки комфортності текстильних матеріалів / О.М. Луцєвська, О.Й. Янцаловський, О.М. Троян. – № 200805703; Заявл. 30.04.08.
16. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента при проведении исследований легкой и текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

Надійшла 10.11.2008 р.

НАУКОВІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ОБРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті надані результати роботи по застосуванню системного аналізу при розробці складів ефективних композицій для обробки текстильних матеріалів. Системний аналіз включає аналіз технологічного процесу з декомпозицією системи та створення і аналізу математичної моделі. Застосування системного аналізу показано на прикладі розробки композицій для миття вовняного волокна.

Вступ

Створення ефективних композицій для обробки текстильних матеріалів є доволі складною задачею, яка потребує як знання загального підходу до проблеми, так і великого числа конкретних питань, які безпосередньо пов'язані з технологічними процесами їх обробки. Сучасний рівень хімічної технології визначається двома рисами – її основним науковим методом дослідження та її апаратом. Метод дослідження – математичне моделювання, апарат дослідження – теорія систем і її прикладна частина – системний аналіз (сукупність методів і засобів вивчення складних систем). Ці дві риси визначають наукові основи створення композицій для обробки текстильних матеріалів – системний підхід, який дозволяє ставити і розв'язувати, по крайній мірі такі задачі: а) розширити і поглибити власні уявлення про "механізм" взаємодії у системі, вивчити і, по можливості, відкрити нові її властивості; б) підвищити ефективність системи у тому плані її функціонування, який найбільше нас цікавить [1]. Таким чином, будь-який технологічний процес обробки текстильних матеріалів різними композиціями є складною хіміко-технологічною системою (ХТС) до якої можна застосувати системний підхід.

Аналіз попередніх досліджень і постановка проблеми

При застосуванні системного підходу приходиться стикатись із рядом труднощів, до яких можна віднести протиріччя деяких формулювань, застосування складного математичного апарату тощо. Зовсім не просто відразу уявити усю задачу створення ХТС у цілому, важко виділити окремі етапи в розв'язуванні загальної задачі, встановити зв'язок між ними, послідовність їх виконання. Цим пояснюється, що у хімічній науково-технічній літературі мало літературних джерел про реальні об'єкти, які створені на основі системного підходу [2– 5]. Основні принципи системного підходу зводяться до двох положень: 1) представлення об'єкту як системи; 2) дослідження його саме у тому аспекті, в якому він наданий як система. Це означає, що стратегія дослідження повинна полягати в направленні від цілого – до частини, від системо утворюючих відношень і властивостей, від структури – до елементів (а не навпаки, що має місце в емпіричному підході). Елементи ХТС знаходяться в нескінченній множині зв'язків і відношень між собою. Ступінь інтенсивності зв'язків або відношень залежить від їх суттєвості. Задача дослідження полягає в тому, щоб визначити, які зв'язки є суттєвими і визначають систему, а які – ні. При дослідженні складних систем зростає складність процесу моделювання. В області створення ефективних композицій для обробки текстильних матеріалів спостерігається тенденція переходу до аналізу складних систем обробки текстильних матеріалів із застосуванням нових ефективних композицій. Це пояснюється практичними вимогами в надійному прогнозуванні результатів технологічних процесів [7]. Ефективним при вивченні хіміко-технологічних процесів є застосування методів експериментально-теоретичного моделювання, яке включає аналітичне, емпіричне, емпірико-аналітичне, численне і дискретне моделювання гідродинамічних, дифузійних, механічних та інших процесів в досліджуваних системах, а також методи обробки експериментальних даних [8].

Мета дослідження

Систему будемо розглядати як комплекс засобів, який утворює структуру і призначену для досягнення визначеної мети із заданою ефективністю [4, с. 13]. Моделлю будемо називати спрощену функціональну сему деякої реальної системи, як побудована шляхом відображення у неї найбільш суттєвих факторів даної системи.

Проведене дослідження направлене на застосування системного підходу для аналізу хіміко-технологічної системи з метою створення ефективних композицій для обробки текстильних матеріалів. Такою системою може бути процес хімічної чистки та миття, процеси фарбування та опорядження текстильних матеріалів.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження був технологічний процес миття вовняного волокна. Умовимося називати хіміко-технологічною системою технологічний процес миття вовняного волокна у широкому змісті як сукупність стадій рідинної обробки і механічних та фізичних стадій. Методом дослідження є метод математичного моделювання.

Результати дослідження та їх обговорення

Розглянемо деяку технологічну систему рідинної обробки текстильних матеріалів. Позначимо вектор вхідних регульованих і контрольованих параметрів через \bar{X} , вхідних контрольованих параметрів через \bar{Z} . У межах цієї системи вектори вхідних параметрів перетворюються у вектор вихідних параметрів \bar{Y} за допомогою

технологічного оператора T , який формалізує відображення функціонального простору вхідних параметрів у простір вихідних параметрів відповідно реальному технологічному процесу:

$$\bar{Y} = T(\bar{X}, \bar{Z}), \quad (1)$$

Оператор T має складну структуру, яка уявляє собою суперпозицію елементарних технологічних операторів [8, с. 104]. Від реальної системи (1) перейдемо до її математичної моделі, а саме:

$$\hat{Y} = F(\bar{X}, \bar{Z}, \bar{U}), \quad (2)$$

Математична модель (2) дана у формі функціонального оператора F , який відображає функціональний простір вхідних параметрів \bar{X}, \bar{Z} і простір змінних параметрів самої технологічної системи \bar{U} в простір оцінок вихідних параметрів \bar{Y} . Стан системи розглядається як її внутрішня властивість, значення якої в теперішній час визначає поточне значення вихідного параметру і впливає на її майбутнє значення та описується дякою сукупністю змінних (наприклад, температура, концентрація тощо) і утворює вектор в n – мірному просторі змінних стану [4, с. 31]. Модель (2) є ідеалізацією відображення (1) і відображає ступінь знання про процес. Вектор істинних вихідних параметрів \bar{Y} не співпадає з виходом моделі \hat{Y} , так як оператор F є наближеною характеристикою оператора T . У явній формі оператор F уявляє собою замкнену систему диференціальних, інтегральних, інтегро-диференціальних рівнянь і співвідношень емпіричного характеру, які доповнені початковими і граничними умовами. Таким чином, для побудови складної моделі з високим ступенем прогнозування необхідно високий рівень наближення розмірності простору моделювання до розмірності простору функціонування системи. З формальної точки зору це означає суттєвий ріст числа параметрів моделі, що спричиняє ряд труднощів при її реалізації. Відомим принципом подолання цих труднощів є аналіз і декомпозиція системи на ряд взаємопов'язаних підсистем і це дозволяє досягти необхідної розмірності моделі для кожної підсистеми. В відповідності із системним підходом до моделювання складних систем декомпозиція цілей системи, яка моделюється – це побудова дерева цілей та на його основі ієрархічної структури системи і виконується в рамках задачі синтезу моделі на етапі формування цілей моделювання [4, с. 7]. Декомпозиція цілей необхідна для виділення важливіших параметрів і функціональних зв'язків системи і побудови на цієї основі структурної схеми декомпозиції з врахуванням: всього набору явищ, які складають і супроводжують процеси опорядження і обробки; усіх структурних рівнів системи; сукупності технологічних стадій в їх взаємозв'язку; впливу апаратурної реалізації. Наведемо приклад. Розглянемо процес первинної обробки вовни як складну технологічну систему. Сформулюємо ціль функціонування технологічної системи і розглянемо комплекс засобів, які призначені для досягнення цілі і структури цих засобів. Головною ціллю технологічної системи первинної обробки вовни є процеси в мийній машині, а саме: доставка мийного розчину в структуру вовни і її миття. Основу комплексу засобів, які призначені для досягнення цієї цілі є барка мийної машини. Об'єктом технологічної обробки є шар вовняного волокна. Діюча речовина і енергія доставляються в шар волокна в процесі рідинної обробки потоком мийного розчину. Усі явища, які складають і супроводжують процес миття вовни, реалізуються в структурі шару вовни. Розглянемо структуру комплексу засобів в послідовності, яка відповідає цілі технологічної системи, а саме: барка мийної машини, структура шару вовняного волокна, явища в шарі волокна. При цьому, при виявленні ознак декомпозиції хіміко-технологічної системи миття необхідно виходити із необхідності теоретичної з інженерної практики. Сучасна технологія первинної обробки вовняного волокна використовує обладнання періодичної і безперервної дії. Основу конструкції барки складає стрічковий транспортер, на якому пересувається шар вовни в мийному середовищі. Технологічна оцінка конструкцій мийних машин добре представлена в літературі [9 – 10]. Проаналізуємо найбільш складні в структурному відношенні елементи – шар вовняного волокна. В відповідності зі структурно-декомпозиційним підходом в процесі миття вовни можна виділити наступні стадії: змочування, диспергування, емульгування і солубілізацію забруднень, десорбцію емульсованих забруднень з поверхні волокна і їх дифузю в мийний потік. Коли волокна попадають в мийний розчин, жирові забруднення під дією температури розплавляються. Однак сили поверхневого натягу не збирають його в кульки, так як сили міжмолекулярної взаємодії між волокном і жиром значно вище. В процесі миття на окремих ділянках поверхні волокна мийні речовини проникають в жир і знижують міжмолекулярні сили, відтісняють кульки жиру, які утворилися на поверхні. Верхні шари жиру слабше утримуються міжмолекулярними силами, тому легше відтісняються мийним засобом. Велику роль при промиванні вовни грають електрокінетичні явища, теорія яких основана на існуванні подвійного електричного шару з розділенням заряджених частинок на між фазних поверхнях, а також явище гідратації. При зануренні волокна у мийний розчин, внаслідок адсорбції іонів OH^- її поверхня заряджується від'ємне. У шарі рідини, який межує з волокном розташовуються іони H^+ . Таким чином, на границі розподілу фаз утворюється подвійний електричний шар. Величина його залежить від концентрації іонів мийного розчину в розчині (від товщини дифузійного шару). Аніоноактивне мийне середовище збільшує електростатичне відштовхування між волокном і забрудненням, сприяє мийній дії. Величина енергії відштовхування залежить, при даній відстані, від форми і величини частинок, від концентрації і валентності іонів в розчині. Таким чином, додавання аніоноактивних речовин збільшує від'ємний заряд волокна. Таке ж від'ємне поле утворюється навколо частинок жиру і бруду. Тому в результаті електростатичного відштовхування між волокном і забрудненнями долається міжмолекулярні сили зчеплення, і кульки жиру та забруднень відриваються від волокна. Нижні шари жиру відділяються з поверхні волокна тільки

при повторних зануреннях волокна в мийний розчин, тому процес миття потребує наявності кількох операцій промивання. Тонкий шар жиру, який межує безпосередньо з поверхнею волокна, частково проникає в волокно, практично не відмивається, так як має трохи інший хімічний склад, чим основна маса жиру. Скупчення затверділих забруднень, які складаються з мінеральних і базових забруднень на вільній поверхні волокна, і які оточені частинками мийного розчину також видаляються важко. Для їх видалення необхідна додаткова механічна дія, яку можна отримати шляхом пересування волокна і його віджимання. Таким чином, процес миття мийними засобами уявляє собою складний фізико-хімічний процес, який складається із змочування, диспергування, емульгування, дії електростатичних сил і гідратації, проникання мийних речовин в рідкі і затверділі забруднення, десорбції забруднень з поверхні волокна та дифузії їх у потік мийного розчину. Ступінь досягнення цілі рідинної обробки волокна визначається кількістю забруднень, які видаляються з волокна і залежить від швидкості протікання послідовних структурно-рівневих стадій. Тому модель рідинної обробки вовняного волокна повинна включати математичні описи цих стадій, а взаємозв'язок між ними проводити через граничні умови. Розглянемо особливості структури вовняного волокна, яке надходить на миття.

Сира вовна містить різні органічні, мінеральні і рослинні забруднення. Частина забруднень, які легко відокремлюються і не утримуються волокном (пісок, різні змелені органічні і рослинні домішки) видаляються в процесі дії на вовну робочих органів машин, які призначені для сухої чистки волокна. Це тріпальні машини, які виконують розпушення, тріпання і очистку вовни. Усі тріпальні машини технологічно контролюються за параметрами: продуктивність, ступінь розпушення і ступінь очистки, однак механічно із вовни можна видалити невелику кількість забруднень – до 15 %. Основна маса забруднень видаляється в процесі миття, яке проводиться на мийній машині, яка входить у склад вовномийного агрегату. В його склад входить ланцюжок послідовно розташованих агрегатів для виконання операцій: завантаження, тріпання, миття, полоскання і висушування чистої вовни. Мийна машина складається кількох барок з віджимними валами після кожного миття. З тріпальної машини вовняне волокно подається на транспортер барки у вигляді шару частково впорядкованих волокон, при зануренні яких у мийний розчин починають протікати вказані вище фізико-хімічні процеси обробки. Таким чином, процес миття вовни можна уявити як сукупність фізико-хімічних процесів, які супроводжуються масопередачею в потоці, який повільно рухається і омиває циліндричні тіла, які розташовані в деякому порядку. Розглянута структура комплексу засобів для обробки вовни дозволяє визначити основні признаки декомпозиції технологічної системи. По-перше, декомпозицію системи рідинної обробки необхідно проводити по функціональному признаку. Аналіз особливостей структури шару вовни показує, що слід очікувати наявності широкого спектру явищ, які складають і супроводжують процес рідинної обробки. Для цілей декомпозиції даної технологічної системи по природі явищ можна взяти за основу традиційне в хімічній технології їх ділення на п'ять класів: гідромеханічні (гідрравлічні, гідродинамічні); теплові; масообмінні; механічні (механотехнологічні) і хімічні [5, с. 7]. Будь який механізм, який направлений на досягнення цілі рідинної обробки, завжди може бути представлений у вигляді набору явищ із числа перелічених класів.

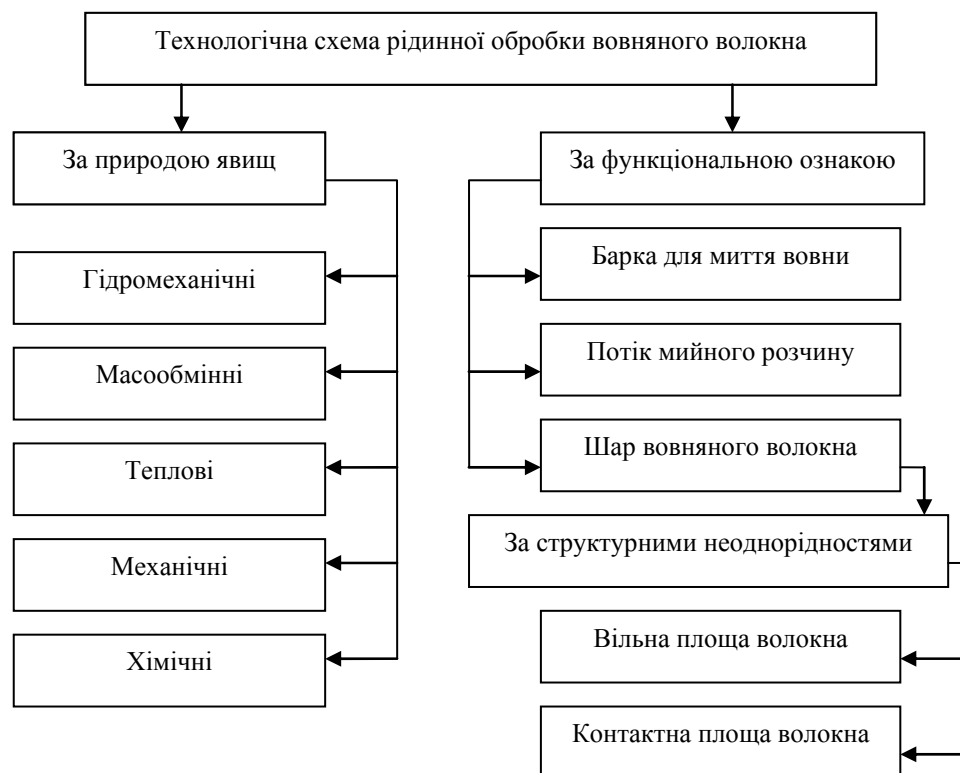


Рис. 1. Структурна схема декомпозиції хіміко-технологічної системи рідинної обробки вовняного волокна

В процесі рідинної обробки вовни має місце вплив на якість обробки неоднорідність структури у шарі

волокна, а саме наявність вільних ділянок поверхні, а також присутність контактних площадок, які утворюються в наслідок накладення волокон друг на друга. Тобто треба враховувати також декомпозицію по структурним неоднорідностям. Таким чином, декомпозицію хіміко-технологічної системи рідинної обробки вовняного волокна можлива по найбільш важливим ознакам: за функціональною ознакою, за структурними неоднорідностями, за природою явищ. Структурна схема декомпозиції хіміко-технологічної системи рідинної обробки вовняного волокна представлена на рис. 1. Тепер можна ставити питання розробки складів композицій для миття вовняного волокна. Таким чином, принцип декомпозиції хіміко-технологічної системи дозволяє чітко визначити необхідні властивості композицій для обробки текстильних матеріалів з наукової точки зору. Як правило, композиції для обробки текстильних матеріалів не є простими сумішами різних речовин, а є складними системами багатофункціональної дії. Для розробки їх складів ефективно застосування методів математичного моделювання [12]. Наприклад, для обробки вовняного волокна необхідні композиції, які мають властивості змочувача, диспергатора, емульгатора, солюбілізатора і мийної речовини. Вовняне волокно характеризується підвищеним вмістом вовняного жиру, тому в складі композиції повинні бути речовини, які ефективно видаляють ці забруднення. Процес обробки починається при температурі розм'якшення вовняного жиру із змочування волокна, диспергування і емульгування жиру у кульки і видалення їх у мийний розчин. Необхідно підібрати такі співвідношення компонентів сумішей, щоб швидко і ефективно протікали вищевказані процеси. Особливу увагу треба приділити емульгуванню вовняного жиру. Для подібних композицій необхідно підібрати ефективні емульгатори і солюбілізатори. Дослідженню механізму дії емульгаторів присвячено велику кількість робіт, однак це питання ще далеке від розв'язку. Найкращою здатністю до емульгування володіють поверхнево-активні речовини з довжиною вуглецевого ланцюга від 10 до 18. З подальшим зростанням довжини ланцюга ця властивість зменшується, тобто емульгатори повинні мати визначені значення гідрофільно-ліпофільного балансу [14]. Нами проведені дослідження ряду емульгаторів і показано, що для ефективного емульгування вовняного жиру на волокні в складі мийної композиції емульгатора повинно бути не менш 40 % [13]. Дослідження також показали, що у складі композицій для обробки текстильних матеріалів мийної компоненти достатньо в межах 15 – 20 %. на закінчення треба сказати, що застосування теорії систем і системного аналізу як апарату дослідження і його наукового методу – математичного моделювання дозволяє розробити наукові основи створення ефективних складів композицій для обробки текстильних матеріалів.

Висновок

В результаті виконаних теоретичних і експериментальних досліджень складних хіміко-технологічних систем із застосуванням теорії систем і системного аналізу і методу моделювання показано, що для розробки складів ефективних композицій потрібна детальна декомпозиція системи за різними ознаками, які визначають її основні властивості. Подібна декомпозиція дозволяє чітко сформулювати вимоги до властивостей композицій для обробки текстильних матеріалів.

Література

1. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Экономика, 1989. – 367 с.
2. Общая химическая технология: Учеб. для техн. вузов / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. – 2-е изд. исп. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 520 с.
3. Оптнер С.А. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Наука, 1979. – 345 с.
4. Основы моделирования сложных систем / Под ред. И.В. Кузьмина. – К.: Вища школа, 1981. – 360 с.
5. Романков В.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982. – 288 с.
6. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии: Учеб. пособие для химико-технологических вузов. – М. Высш. школа, 1985. – 319 с.
7. Бардачев Ю.Н., Сыс В.Б., Старун Н.Н. О декомпозиционном подходе к моделированию процесса жидкостной обработки текстильных паковок // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины, 1998. – № 1. – С. 104-109.
8. Бардачев Ю.Н., Старун Н.Н., Тулученко Г.Я. Методологические основы развития экспериментально-теоретического моделирования в ХТВМ // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины, 1998. – № 1. – С. 177-184.
9. Рогачев Н.В. Некоторые вопросы первичной обработки шерсти. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 183 с.
10. Шерсть. первичная обработка и рынок. Монография / Под ред. д. эк. наук Н.К. Тимошенко. – М.: ВНИИМП РАСХН, 2000. – 600 с.
11. Новорадовская Т.С., Садова С.Ф. Химия и химическая технология шерсти. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 200 с.
12. Камбург В.Г., Кулаков О.И., Карван С.А. Дослідження властивостей багатоконпонентних сумішей за допомогою математичних моделей // Вісник ХНУ, 2006. – № 6. – С. 162-165.
13. Кулаков О.И. Розробка оптимальних складів мийних засобів із сильною дією до знежирення // Вісник ХНУ, 2008. – № . – С. 114-118.
14. Неволин Ф.П. Химия и технология синтетических средств. – М.: Химия, 1971. – 456 с.

15. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / К.Р. Ланге; под научн. ред. А.П. Зайченко. – СПб.: Профессия. – 240 с.

16. Поверхностно-активные вещества: Справочник / Абрамзон А.А., Бочаров В.В., Гаевой Г.М. и др.; Под ред. Г.М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. – 376 с.

Надійшла 3.11.2008 р.

УДК 677.021.3: 677.31

Ю.Г. САРИБЕКОВА, А.В. ЕРМОЛАЕВА
Херсонский национальный технический университет

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА НА ПОВЕРХНОСТЬ ВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ПОДГОТОВКИ ШЕРСТИ

Представлен обзор результатов современных исследований, направленных на теоретическое и экспериментальное обоснование новой технологии подготовки шерсти с использованием нетрадиционных источников энергии. Статья посвящена изучению влияния электрогидравлического эффекта на кутикулу шерстяного волокна в процессе первичной подготовки; доказано, что данная обработка приводит к снижению валкоспособности, улучшению комплекса физико-механических и технологических свойств шерсти.

Анализ научно-технической информации свидетельствует о том, что исследования в области первичной подготовки шерсти особенно интенсивно проводились в период 80-90 г. прошлого столетия.

Предпосылкой этому послужило устойчивое развитие сырьевой базы, а, следовательно, развитие шерстяной отрасли. Однако в перестроечный период интерес к проблемам переработки шерсти был полностью утрачен. Всеобщий спад экономики привел к утере сырьевой базы шерстяной отрасли, экспортные поставки шерсти практически сократились, темпы научных исследований снизились.

Только в условиях развития рыночных отношений стал проявляться интерес к возрождению, как сырьевой базы, так и к научным исследованиям в этой отрасли.

Важной народнохозяйственной проблемой современного производства, и в частности шерстяной отрасли, является повышение полезного использования ресурсов в совокупности с соблюдением возрастающих экологических требований к деятельности предприятий.

Учитывая экологические, технологические и экономические ограничения в применении многообразных вспомогательных веществ, актуально развитие исследований, направленных на сочетание химических методов активации с расширением нетрадиционных физических и физико-химических воздействий.

За последние 15 лет в отечественных и зарубежных периодических изданиях публиковались лишь результаты отдельных работ, посвященных влиянию различных физических воздействий на поверхность шерстяного волокна (ультразвуковые колебания, ВЧ-нагрев и обработка низкотемпературной плазмой) [1-5].

Наиболее глубоко изучался процесс модификации шерстяных волокон в низкотемпературной плазме. В России созданы промышленные установки обработки шерстяных материалов в низкотемпературной плазме с тлеющим вакуумным разрядом (ОАО «Павлово-Посадские шали» при обработке тканей под печать).

В последние годы во многих отраслях промышленности находят все большее применение новые электрофизические методы обработки материалов, характеризующиеся большой концентрацией энергии, высокими давлениями и температурами. К таким процессам относится высоковольтный электрический импульсный разряд в жидкости, практическое применение которого в различных технологических процессах производства впервые предложил советский ученый Л. А. Юткин, назвав это явление электрогидравлическим эффектом (ЭГЭ). Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показали принципиальную возможность применения ЭГЭ более чем в 80 областях сельскохозяйственного производства, в том числе и для очистки шерстяного волокна от жира, различного рода минеральных и растительных примесей.

Для решения названной народнохозяйственной проблемы на территории Украины в рамках красильно-отделочного производства нами предложено новое научно-обоснованное направление интенсификации технологического процесса первичной подготовки шерсти за счет воздействия электрогидравлического эффекта на поверхность волокна [6, 7].

Использование физических методов воздействия на поверхность волокон шерсти представляет определенный интерес, поскольку наряду со снижением валкоспособности удается не только сохранить, но в ряде случаев даже улучшить комплекс физико-механических и технологических свойств шерсти.

Предлагаемая нами технология, относящаяся к нетрадиционным способам очистки шерсти, основывается на возможности применения эффекта электроразрядной кавитации для очистки шерсти от жировых и растительных примесей.

Электроразрядная обработка (ЭРО) обладает мощным комплексным воздействием на жидкость, а, следовательно, и на волокно. Электрогидравлические удары способны вызывать в воде появление активных свободных радикалов, атомарных кислорода и водорода, образование соединений азота и даже простейших

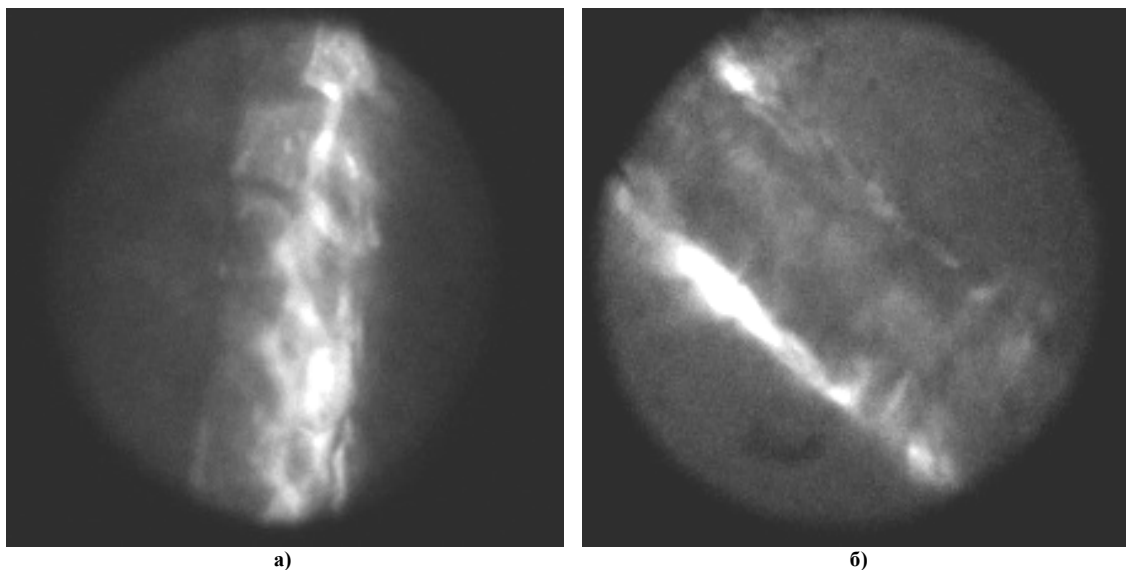
аминокислот [8]. Согласно литературным данным интенсивная ионизация и рекомбинационные процессы ионов в зоне разряда в течение нескольких минут приводит к модификации только поверхностных слоев волокна глубиной не более нескольких сот ангстрем [2-4].

На основе современных методов исследования нами получены экспериментальные данные, по-новому освещающие отдельные вопросы, особенно в области структуры шерстяного волокна.

Мы предполагали, что ЭРО воздействует на кутикулу шерстяного волокна, что приводит к изменениям в поверхностных мембранах. Эта гипотеза была подтверждена экспериментально при промывке шерстяного волокна на основе электроразрядной обработки.

Для исследования была выбрана мериносовая шерсть 70 качества, предварительно очищенная от жировых веществ по общепринятой технологии (промывка в мыльно-содовом растворе) и ЭРО в растворе композиционного ПАВ (ранее разработанного нами [9-11]).

Влияние ЭРО на поверхность шерстяного волокна изучено микроскопическим методом. Исследования проводили на микроскопе МИМ-10 при увеличении в 1250 раз. Просмотрено значительное число волокон каждого из образцов исходной и модифицированной шерсти.



а) б)
Рис. 1. Микрофотографии поверхности шерстяного волокна

На рис. 1 показан микрорельеф поверхности шерстяного волокна до (рис. 1, а) и после (рис. 2, б) ЭРО. Мы предполагаем, что уменьшение степени рельефности связано с более плотным прилипанием чешуек («локальная сварка») за счет химического и электростатического взаимодействия нескомпенсированных связей, образованных в результате ионной бомбардировки белка шерсти. Более плотное прилегание чешуек к стволу приводит к увеличению коэффициента трения как при перемещении волокон вдоль, так и против направления расположения чешуек и соответственно к увеличению разрывной нагрузки пряжи. Более развитой микрорельеф также способствует увеличению прочностных характеристик модифицированного волокна за счет более прочного сцепления чешуек. Согласно данным, приведенным в литературе снижение степени рельефности приводит к уменьшению дифференциального коэффициента трения и связанного с ним показателя свойлачиваемости или валкоспособности шерсти [12].

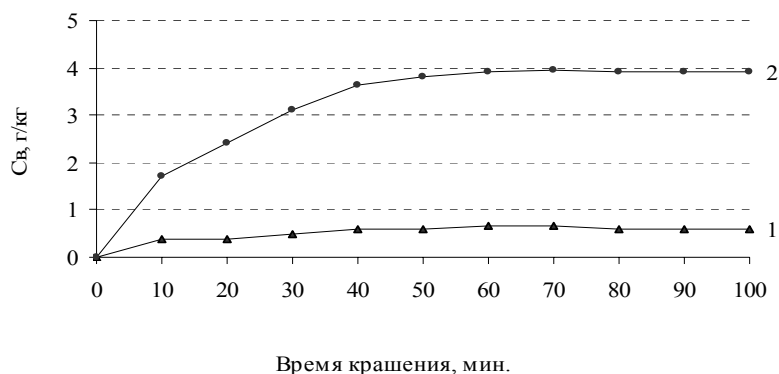


Рис. 2. Кинетика сорбции кислотного красного 2Ж шерстяным волокном:
1-после мыльно-содовой промывки; 2-после ЭРО

Установлено, что изменение поверхности чешуйчатого слоя оказывает влияние на сорбционные свойства шерсти, в том числе и сорбцию красителей. Исследование кинетики крашения в изотермическом

режиме при температурі 100 °С красителем кислотним червоним 2Ж показало (рис. 2), що характер кривих вказує на значительне підвищення сорбції красителя і добре погоджується з постулатом про те, що при впливі ЭРО відбувається поверхнева модифікація волокна, спрощуюча сорбцію і диффузію красителя за рахунок порушення цілості поверхні чешуйчатого шару, що супроводжується підвищенням сорбційної здатності кислотного красителя.

Отримані кінетичні криві використані для визначення коефіцієнтів дифузії красників в субстраті (табл. 1). Розрахунок здійснювався за рівнянням [13].

$$D = \frac{0,0063r^2}{t_{1/2}},$$

де r – радіус волокна,
 $t_{1/2}$ – час «половинного крашення».

Таблиця 1

Влияние способов подготовки шерсти на скорость крашения и интенсивность окрасок

	Коеффіцієнт дифузії, $D \cdot 10^{-8}, \text{ см}^2/\text{мин}$	Інтенсивність окраски, К/С
	Кислотний червоний 2Ж	Кислотний червоний 2Ж
Мильно – содова промывка	0.14	1.87
Промывка с электроразрядной обработкой	0.16	3.6

При однаковій швидкості крашення інтенсивність окраски зразків, оброблених ЭРО, вище, ніж у зразків, підготовлених за раніше прийнятим режимом (табл. 1).

Таким чином, можна зробити висновок, що електроразрядна обробка – один з найбільш ефективних і екологічно безпечних способів модифікації поверхні шерстяних матеріалів з обмеженим впливом на внутрішню структуру волокна. Отримані нами результати свідчать про те, що ЭРО шерстяного волокна дозволить суттєво покращити споживчі властивості виробів з цих волокон, підвищити ефективність і екологічність процесів переробки порівняно з існуючими способами обробки шерсті.

В наші часи продовжується вдосконалення технології електроразрядної обробки текстильних матеріалів. Представлено різні конструкції установок, виявлені технологічні параметри, що дозволяють впровадити цю технологію на підприємствах України.

Литература

1. Разумев К.Э., Кудрявцева Т.Н., Гольберг А.Л. Технологии модификации шерстяных волокон в низкотемпературной плазме.
2. Садова С.Ф. Воздействие низкотемпературной плазмы на кутикулу шерстяного волокна // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991. – № 2. – С. 65.
3. Действие низкотемпературной плазмы на поверхность шерсти / Садова С.Ф., Лапчик Л., Пайгрт О., Калоускова В // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983. – № 6. – С. 64.
4. Физико-химические свойства шерсти, обработанной низкотемпературной плазмой / Садова С.Ф., Баева Н.Н., Коновалова Л.Я., Негодяева Г.С., Белоусова Т.А // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991. – № 2. – С. 48.
5. Мегель Ю.Е., Свергун Ю.Ф., Черенков А.Д. Использование ультразвуковых колебаний и СВЧ энергии для обработки материалов сельскохозяйственного производства // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/3 (20). – С.25-29
6. Ермолаева А.В., Сарібєкова Ю.Г. Інтенсифікація первинної обробки шерсті на основі методу електроразрядной нелинейной об'ємної кавітації // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2006. № 3 (26). – С. 50-53.
7. Ермолаева А.В., Сарібєкова Ю.Г., Мясников С.А. Обоснование выбора двухстадийной технологии обработки шерсти на основе метода електроразрядной нелинейной об'ємної кавітації і оптимізація її параметрів // Вестник Хмельницького национального университета. – 2008. № 1. – С.111-114.
8. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 253 с.
9. Кулаков О.І., Ермолаєва А.В., Сарібєкова Ю.Г. Розробка мийних засобів для первинної обробки вовни на основі поверхнево-активних речовин вітчизняного виробництва // Вестник Хмельницького национального университета. – 2007. № 6. – С. 80-84.
10. Пат. 32960 України UA, МПК D06M 13/00.Композиція ПАР для промивання вовняного волокна / Ермолаєва А.В., Сарібєкова Ю.Г., Мясников С.А., Сарібєков Г.С., Кулаков О.І. № 2008 00451; Заяв. 14.01.2008. Опубл. 10.06.2008; Бюл. № 11. – 4 с.
11. Пат. 32398 України UA, МПК D02J 7/00.Композиція ПАР для промивання вовняного волокна / Ермолаєва А.В., Сарібєкова Ю.Г., Мясников С.А., Сарібєков Г.С., Кулаков О.І. № 2008 00813; Заяв. 23.01.2008.

Опубли. 12.05.2008; Бюл. № 9. – 4 с.

12. Новорадовская Т.С., Садова С.Ф. Химия и химическая технология шерсти. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 200 с.

13. Технологические расчеты в химической технологии волокнистых материалов / Под ред. Беленького Л.И. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1985. – 240 с., ил.

Надійшла 3.11.2008 р.

УДК 677.027.43

І.Г. ЧЕЧИНА, О.В.СКРОПИШЕВА, Г.В.МІЩЕНКО

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕРМЕНТІВ НА ШВИДКІСТЬ ФАРБУВАННЯ ЛЛЯНИХ ТКАНИН ПРЯМИМИ БАРВНИКАМИ

Досліджено можливість використання ферментних препаратів різної каталітичної дії для інтенсифікації процесу фарбування лляної тканини прямими барвниками. Показано вибірково дію ферментів і залежність її від хімічної будови барвників. Виявлено, що в присутності ферментів зростає швидкість процесу фарбування прямими барвниками і збільшується ступінь нафарбованості тканини.

В даний час до текстильних матеріалів і виробів пред'являються особливі екологічні вимоги, відображені в стандарті ЕКО-ТЕКС-100 та інших системах оцінки якості текстильної продукції (ISO, DIN, ААТСС), які діють в країнах ЄС та США. Ситуація, що склалася на світовому ринку, ставить перед вітчизняними виробниками текстильних матеріалів низку досить складних завдань з досягнення характеристик продукції, що задовольняють вимоги щодо її безпеки [1, 2]. З точки зору екологічної чистоти найбільший інтерес представляють різні способи обробки текстильних матеріалів за допомогою ферментних препаратів. Вироби із льону є гігієнічними, екологічними, мають гарний зовнішній вигляд, тому завжди залишаються привабливими для споживача. Внаслідок високої вартості сировини важливим є знаходження оптимальних умов колорування льна, які б дали можливість отримувати вироби високої якості. Для фарбування лляних тканин широко використовуються прямі барвники, які дозволяють отримувати повну гаму відтінків. Відомо, що ступінь фіксації прямих і активних барвників на целюлозних волокнах не завжди буває високим і процес фарбування потребує вдосконалення. Тому використання біотехнологічних методів в операціях фарбування і друкування текстильних матеріалів є перспективним напрямком в цій області.

Так, в роботі [3] показано, що ефективність фарбування целюлозних волокон прямими барвниками залежить від будови і концентрації амінокислот, а також від будови прямих барвників. Систематичні дослідження, однак, в даному напрямку відсутні, тому метою цієї роботи є вивчення впливу на процес фарбування прямими барвниками ферментів різної каталітичної дії, механізм дії яких може сприяти зменшенню гідрофобності молекул прямих барвників [4]. Із теоретичних уявлень про природу явища агрегації відомо [5], що зменшення гідрофобності сприяє дезагрегації прямих барвників, що в свою чергу, супроводжується підвищенням ефективності фарбування.

В роботі досліджено вплив амілолітичних ферментних препаратів: целюлазний комплекс, альфа-амілаза, Амілосубтилін ГЗХ; і протеолітичних – Оропон ОН-2, Базоцим 1000 і лужна протеаза на сорбцію прямих барвників лляною тканиною. Концентрація ферментів у фарбувальній ванні змінювалася від 0 до 1 г/л. У якості субстрату використовували підготовлену лляну тканину Арт. 05228. При фарбуванні за періодичною технологією [6] при вмісті барвника 1 % від маси волокна застосовували наступні барвники: прямий фіолетовий С 200 %-й (ТУ МХП 2545-51), мол. маса 757 г/моль, розчинність 18 г/л, оптимальна температура фарбування 80-85 °С, прямий зелений 100 %-й (ТУ МХП 609-41), мол. маса 812 г/моль, розчинність 36 г/л, температура фарбування 80-85 °С. Ферменти вводили у фарбувальну ванну разом з барвниками. Зміну сорбції барвника на волокні визначали методом спектрофотометрії.

На рис. 1 показано вплив добавок ферментних препаратів на зміну нафарбованості лляної тканини прямими барвниками, де C_0 – залишкова концентрація барвників на тканині при фарбуванні в стандартних умовах, C – залишкова концентрація барвників на тканині при фарбуванні в присутності ферментів, $(C-C_0)/C_0$ – зміна вмісту барвника на тканині відносно стандартного зразка, C_f – концентрація ферменту.

Аналіз даних, представлених на рис. 1 показує, що добавки ферментних препаратів різної каталітичної дії в цілому мають позитивний вплив на сорбцію прямого фіолетового С лляною тканиною. Підвищення нафарбованості тканини складає 6-15 % відносно стандартного зразка. При цьому значне підвищення нафарбованості спостерігається до концентрації ферментів 0,8 г/л, а потім стабілізується, що дозволяє установити оптимальну концентрацію ферменту – 0,8 г/л.

Далі в ході роботи було досліджено вплив ферментних препаратів на сорбцію прямого зеленого лляною тканиною. Умови досліду ті ж самі, що й при фарбуванні прямим фіолетовим С. Отримані дані наведені на рис. 2. Аналіз даних показує, що при фарбуванні в присутності ферментних препаратів підвищення нафарбованості тканини складає 10-35 % відносно стандартного зразка, що в 1,5-2 рази більше порівняно з

фарбуванням прямим фіолетовим С. При цьому значне підвищення нафарбованості спостерігається до концентрації ферментів 0,8 г/л, а потім стабілізується, що дозволяє установити оптимальну концентрацію ферментів – 0,8 г/л.

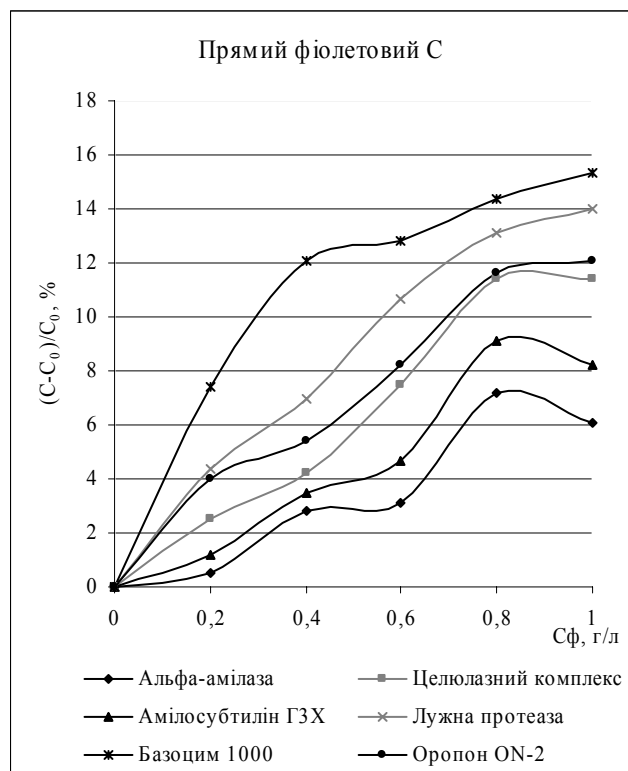


Рис. 1. Вплив ферментів різної каталітичної дії на ступінь нафарбованості лляної тканини прямим фіолетовим С

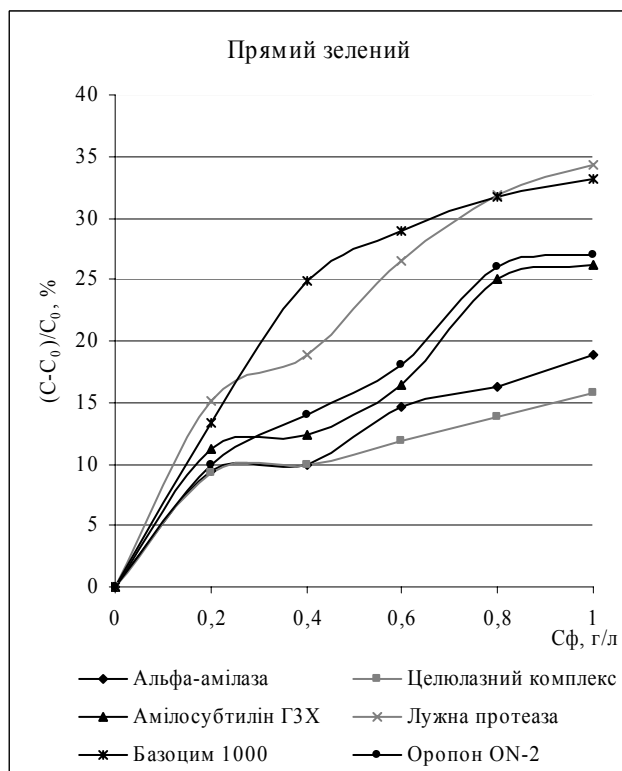


Рис. 2. Вплив ферментів різної каталітичної дії на ступінь нафарбованості лляної тканини прямим зеленим

Представлені на рис. 1 і рис. 2 дані показують, що великий вплив на нафарбовуваність тканини має не тільки вид ферменту, але й хімічна будова самого барвника. Слід відмітити, що при фарбуванні і прямим фіолетовим С і прямим зеленим показники ступеню нафарбованості тканини є найвищими в присутності протеолітичних ферментних препаратів Базоцим 1000 і лужна протеаза.

Попередні дослідження дозволили нам припустити, що введення ферментів у фарбувальну ванну призведе до підвищення дифузії і сорбції барвника тканиною. Тому наступним етапом роботи стало дослідження впливу ферментів на кінетику сорбції барвника тканиною. Величиною, що визначає швидкість фарбування, є швидкість дифузії барвника в пори волокна як з розчину, так й із зовнішньої поверхні волокнистих матеріалів.

З метою дослідження впливу ферментів на швидкість фарбування прямим зеленим і прямим фіолетовим С проводили виміри оптичної густини фарбувальних розчинів після 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70 хвилин з моменту занурення в них зразків. За отриманими даними після відповідних розрахунків будуюмо криві залежності сорбції барвників тканиною від часу. Таким чином визначаємо кількість барвника, який перейшов із фарбувальної ванни на текстильний матеріал. Фарбування проводилось за стандартних умов і в присутності ферментів, концентрацією 0,8 г/л. Отримані дані представлені на рис. 3.

Як показують представлені кінетичні криві, в обох випадках значення рівноважної сорбції максимальні при використанні ферментних препаратів Базоцим 1000 і Лужна протеаза та мінімальні за стандартних умов при відсутності ферментів. Слід відмітити, що швидкість фарбування в присутності біологічних добавок вище (особливо в початковий період часу), ніж без них, і значення рівноважної сорбції зразків пофарбованих в присутності ферментів на 15-40 % (залежно від барвника і типу фермента) перевищують значення рівноважної сорбції стандартного зразка.

На основі отриманих кінетичних кривих були розраховані коефіцієнти дифузії D (табл. 1).

Аналіз даних, наведених в таблиці 1, показав, що коефіцієнт дифузії прямого фіолетового С в присутності ферментів Базоцим 1000 і Лужної протеази перевищує стандартний зразок у 1,5 рази, а при додаванні інших ферментів – лише в 1,2 рази. У випадку ж фарбування прямим зеленим в присутності ферментів Базоцим 1000 і Лужної протеази коефіцієнт дифузії перевищує стандартний зразок у 6 разів, в присутності Амیلосубтиліну ГЗХ, Целюлозного комплексу і Оропону ON-2 – в 2 рази, а при додаванні Альфа-амілази – в 1,5 рази.

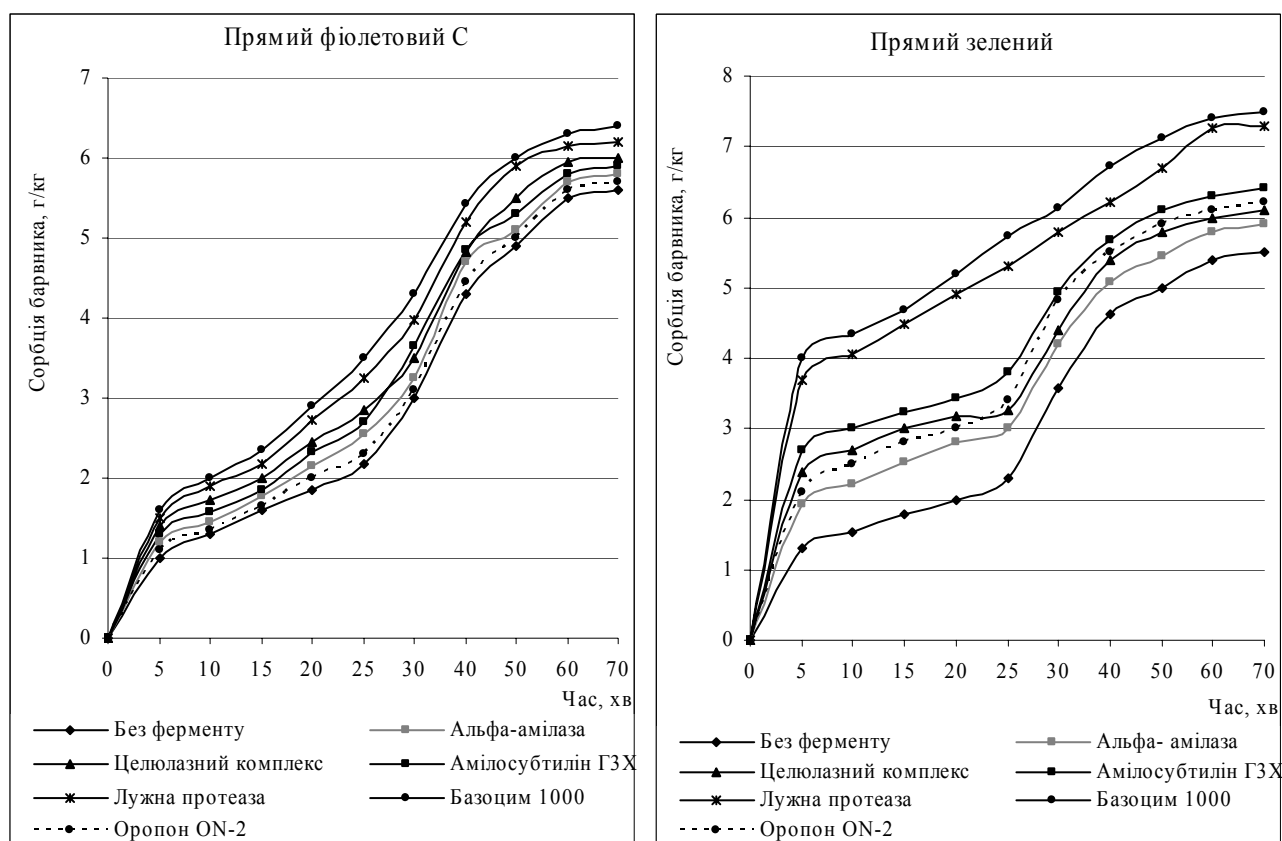


Рис. 3. Кінетичні криві сорбції прямих барвників льняною тканиною в присутності ферментів і без них

Таблиця 1

Коефіцієнти дифузії процесу фарбування льняної тканини прямими барвниками в присутності ферментів

Назва барвника	Коефіцієнт дифузії, $D \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$						
	Без ферменту	Базоцим 1000	Лужна протеаза	Амілосубтилін ГЗХ	Целюлазний комплекс	Оропон ON-2	Альфа-амілаза
Прямий фіолетовий С	4,2	6,3	6,0	5,0	5,0	4,5	4,7
Прямий зелений	4.2	25.4	25.4	8.4	8.4	8.4	6.3

Слід відмітити, що найбільше зростання швидкості дифузії процесу фарбування спостерігається при додаванні у фарбувальну ванну протеолітичних ферментних препаратів Базоцим 1000 і Лужна протеаза, що надає можливість скоротити час фарбування вдвічі у випадку фарбування прямим зеленим і в півтора рази – у випадку прямого фіолетового С.

Отже, додавання ферментів у фарбувальний розчин підвищує дифузійну рухливість барвника і дифузійну проникність волокна. Це можна пояснити комплексною дією ферменту на стан барвника в розчині і на поверхневі та об'ємні властивості волокна.

Показники стійкості фарбування до мокрих обробок та сухого тертя однакові для стандартного зразка і зразків пофарбованих в присутності добавок ферментів.

Підвищення сорбції барвника тканиною забезпечує збільшення вибираємості барвника з фарбувальної ванни і відповідно зменшення його вмісту в стічних водах, що покращує екологічну ситуацію на виробництві, а скорочення часу фарбування надає можливість зменшити енерговитрати підприємств і вцілому зробити технологічний процес більш економічним та екологічним. Тому є доцільним використання ферментних препаратів, а саме протеолітичної дії, в процесі фарбування льняної тканини прямими барвниками.

Висновки:

1. Досліджено можливість використання ферментних препаратів різної каталітичної дії для інтенсифікації процесу фарбування льняної тканини прямими барвниками.

2. Показано, що в присутності ферментів зростає швидкість процесу фарбування прямими барвниками і збільшується ступінь нафарбованості тканини.

Література

1. Ольшанская О.М. Концепция построения ассортимента льняных и льносодержащих тканей и

изделий из них как основы создания экологически чистой среды обитания человека / Науч. – практ. конференция «Наука – льняному комплексу», 1999.

2. Ксенжук Н.І., Поліщук С.О., Сльозко Г.Ф., Барановський В.І. Екологічна проблема сертифікації текстильної продукції // Легка промисловість. – 2003. – № 4. – С.57.

3. Сафонов В.В., Шкурихин И.М. Влияние ферментов и аминокислот на крашение целлюлозных текстильных материалов водорастворимыми красителями // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001. – № 1. – С. 43-46.

4. Кнорре Д.Г., Мызина С.Д. Биологическая химия. М.: Высшая школа, 2000. – 160 с.

5. Кричевский Г.Е. Диффузия и сорбция в процессах крашения и печатания. – М.: Лёгкая индустрия, 1981. – 208 с.

6. Красители для текстильной промышленности. Колористический справочник. М.: Химия, 1971. – 312 с.

Надійшла 11.11.2008 р.

УДК 667.661/662.003

Т.Д. ТЕРЕЩЕНКО, Д.О. МОЛОЖНИКОВА
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ФОРМОСТІЙКОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА

В статті наведені фактори, що впливають на формостійкість трикотажних полотен та побудова інтерполяційних моделей для залишкової деформації по довжині та ширині трикотажного полотна за допомогою використання некомпозиційного плану другого порядку.

Великий вплив на формостійкість трикотажного полотна, призначеного для виготовлення верхнього одягу, мають такі фактори як: переплетення полотна, яке характеризується модулем петлі та режими дублювання полотна клейовою прокладкою, а саме температура та час дублювання. В якості параметрів оптимізації доцільно обрати: y_1 – залишкову деформацію по довжині полотна, % та y_2 – залишкову деформацію по ширині полотна, % [1].

Для оцінки впливу факторів на формостійкість трикотажного полотна необхідно провести велику кількість дослідів. Однак, скориставшись методом планування експерименту, можна значно скоротити обсяг досліджень та отримати при цьому більш достовірні дані про об'єкт дослідження, ніж при звичайних дослідах, що в свою чергу дасть можливість прийняти найбільш обґрунтовані рішення.

В складному експерименті, від якого залежить багато факторів в першу чергу необхідно розробити оптимальний план його проведення. Це дозволить визначити необхідну кількість дослідів та етапи їх виконання, в результаті чого отримаємо можливість оцінити ступінь впливу незалежних факторів на параметри, що визначають формостійкість трикотажного полотна.

Фактори можуть приймати певні значення, котрі називають рівнями варіювання факторів. Значення модуля петлі визначається розрахунковим методом та залежить від довжини нитки в петлі та лінійної щільності нитки. Оскільки величини рівнів варіювання повинні бути еквідистантними то значення модулів петлі вибираються умовно, відповідно до фактичного розміру. Температура та час дублювання вибрані відповідно до рекомендацій фірми виробника клейового матеріалу.

Рівні та інтервали варіювання представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Рівні та інтервали варіювання досліджуваних факторів

Фактори	Кодовані значення факторів	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
		-1	0	1	
1. Модуль петлі	X1	1	2	3	1
2. Температура дублювання, °C	X2	122	130	138	8
3. Час дублювання, с	X3	10	13	16	3

Побудова інтерполяційних моделей для y_1 та y_2 була проведена за допомогою некомпозиційного плану другого порядку Бокса та Бенкіна [2]. Ці плани являють собою певні вибірки строк з повного факторного дослідів типу 3^k . Використання некомпозиційних планів, які передбачають лише три рівня варіювання факторів, спрощує проведення дослідів та дозволяє скоротити витрати досліджуваного матеріалу. Некомпозиційні плани характеризуються наявністю в строках матриці планування великої кількості нулів, в

результаті чого суттєво спрощується підрахунок коефіцієнтів моделі. Крім того, некомпозиційні плани для трьох факторів вимагають постановки меншої кількості дослідів у порівнянні з відповідними рототабельними центральними планами другого порядку.

Матриця плану в кодованому вигляді представлена в таблиці 2.

Величини залишкової деформації по довжині та ширині трикотажного полотна визначались за методикою, що представлена в роботі [3].

Загальне рівняння регресії, отримане за результатами досліджень, має вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2 + \dots \quad (1)$$

де y – вибіркова оцінка функції відгуку ξ .

Таблиця 2

Матриця планування та робоча матриця досліджуваних факторів

Номер дослідів	Матриця планування										Робоча матриця			Результати експерименту	
	x0	x1	x2	x3	x1 x2	x1 x3	x2 x3	x ² 1	x ² 2	x ² 3	x ₁	x ₂	x ₃	y ₁	y ₂
1	+	+	+	0	+	0	0	+	+	0	3	138	13	1,2	1,0
2	+	+	-	0	-	0	0	+	+	0	3	122	13	1,5	1,8
3	+	-	+	0	-	0	0	+	+	0	1	138	13	1,3	0,7
4	+	-	-	0	+	0	0	+	+	0	1	122	13	1,8	2,0
5	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	130	13	2,2	1,7
6	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+	3	130	16	1,2	1,5
7	+	+	0	-	0	-	0	+	0	+	3	130	10	1,8	1,2
8	+	-	0	+	0	-	0	+	0	+	1	130	16	1,7	0,8
9	+	-	0	-	0	+	0	+	0	+	1	130	10	1,5	1,7
10	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	130	13	2,5	1,5
11	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+	2	138	16	2,7	1,4
12	+	0	+	-	0	0	-	0	+	+	2	138	10	1,7	1,2
13	+	0	-	+	0	0	-	0	+	+	2	122	16	1,2	1,0
14	+	0	-	-	0	0	+	0	+	+	2	122	10	2,0	1,7
15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	130	13	2,0	1,7

Рівняння регресії для залишкової деформації трикотажних полотен у відповідності з прийнятим планом експерименту може бути представлено у вигляді:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2,$$

де b_0 – вільний член рівняння регресії;

b_1, b_2, b_3 – лінійні коефіцієнти;

$b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{22}, b_{23}, b_{33}$ – коефіцієнти подвійної взаємодії факторів.

Розрахунок коефіцієнтів в регресії проводився за стандартними формулами.

Величини коефіцієнтів в рівняннях регресії дозволяють оцінити ступінь впливу кожного раніше незалежного фактора на параметри оптимізації.

В результаті математичного планування були отримані два рівняння регресії, котрі характеризують: 1) залишкову деформацію по довжині полотна

$$y_1 = 2,2333 - 0,0749x_1 + 0,05x_2 - 0,0249x_3 + 0,05x_1x_2 - 0,1999x_1x_3 + 0,4499x_2x_3 - 0,5667x_1^2 - 0,2167x_2^2 - 0,1167x_3^2 \quad (3)$$

залишкову деформацію по ширині полотна

$$y_2 = 1,6333 + 0,0375x_1 - 0,2749x_2 - 0,1375x_3 + 0,125x_1x_2 + 0,2999x_1x_3 + 0,2249x_2x_3 - 0,1417x_1^2 - 0,1167x_2^2 - 0,1917x_3^2 \quad (4)$$

Знання дисперсії, що характеризує помилку відтворення, дає змогу оцінити значущість коефіцієнтів регресії. Дисперсія $S^2\{y_i\}$ параметра оптимізації визначається за результатами дослідів в центрі плану (досліди 5, 10, 15) [1].

$$S^2\{y_i\} = \frac{sE}{n_0 - 1}$$

Однорідність ряду дисперсії перевіряють за критерієм Кохрена:

$$G_P = \frac{s_{\max}^2}{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_N^2} \quad (5)$$

де s_{\max}^2 – максимальна дисперсія.

$$G_P = 0.3109 < G_T = 0.3346$$

Розрахункове значення критерію Кохрена не перевищує табличного значення, а отже дисперсії однорідні.

З загального рівняння залишкової деформації по довжині полотна (3) були виключенні коефіцієнти b_2 , b_{12} та b_{23} , оскільки вони менше довірчого інтервалу, тому їх можна признати статистичне незначними, що дозволяє виключити їх з рівняння регресії.

З рівняння залишкової деформації по ширині полотна (4) признали незначними та виключили з рівняння регресії коефіцієнти b_1 , b_2 , b_{12} та b_{23} .

Після виключення коефіцієнтів, рівняння регресії мають вигляд:

$$y_1 = 2.233 - 0.075x_1 - 0.025x_3 - 0.2x_1x_3 - 0.567x_1^2 - 0.217x_2^2 - 0.567x_3^2 \quad (6)$$

$$y_2 = 1.633 - 0.138x_3 + 0.3x_1x_3 - 0.142x_1^2 - 0.117x_2^2 - 0.192x_3^2 \quad (7)$$

З отриманих рівнянь видно, що на величину залишкової деформації по довжині (6) та ширині (7) трикутного полотна мають модуль петлі та час дублювання полотна.

Останнім етапом обробки результатів є перевірка гіпотези адекватності моделі. Перевірку проводять за критерієм Фішера:

$$F_P = \frac{s_{a\partial}^2}{s^2 \{y^2\}}, \quad (8)$$

де $s_{a\partial}^2$ – адекватність отриманої моделі.

$$s_{a\partial}^2 = \frac{s_R - s_E}{N - k' - (n_0 - 1)}, \quad (9)$$

де s_R – сума квадратів відхилень в усіх точках плану;

k' – кількість коефіцієнтів апроксимуючого полінома.

$$s_R = \sum \left(y_1 - \tilde{y}_1 \right)^2, \quad (10)$$

де y_1 – експериментальні значення;

\tilde{y}_1 –

y_1 - розрахункові значення.

$$F_{P_1} = \frac{0.1271}{0.0633} = 2.0079 < F_T = 19.3$$

$$F_{P_2} = \frac{0.1258}{0.0134} = 9.39 < F_T = 19.3$$

Відповідно, отримані моделі адекватні при 5-відсотковому рівні значущості.

Проведена перевірка моделей за критеріями Кохрена, Стьюдента та Фішера передбачає нормальний розподіл результатів експериментів.

Отже, результатом даної роботи став розроблений процес отримання формостійкого трикутного полотна. Встановлено, що найбільший вплив на процес мають модуль петлі та час дублювання полотна клейовою прокладкою.

Література

1. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
2. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981.

Надійшла 4.11.2008 р.

ВИКОРИСТАННЯ ПРЯМИХ ЕМУЛЬСІЙ ДЛЯ ЗНЕЖИРЕННЯ ТА ВІДБІЛЮВАННЯ ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА

В статті викладені результати досліджень по використанню прямих емульсій на основі перхлоретилену (ПХЕ) і водного розчину пероксиду водню для одночасного зняття жирових забруднень та відбілювання вовни. Для визначення оптимальних умов процесу знежирення та відбілювання вовни прямими емульсіями застосували трифакторний експеримент за планом Бокса В₃. Визначена руйнівна дія емульсійної обробки на волокна вовни. Наведена замкнена технологічна схема емульсійного відбілювання та знежирення вовняного волокна.

Постановка проблеми. Для відбілювання вовни традиційно використовують водні розчини поверхнево-активних речовин (ПАР) з додаванням відбілюючих агентів та підтриманням слаболужного середовища. Основними недоліками такої технології є: звалювання та деструкція вовни, які посилюються у лужному середовищі та підвищених температурах, значний об'єм стічних вод, які важко очищуються. Запропонована технологія відбілювання та карбонізації вовни у зворотних емульсійних системах на основі води і розчинників хімічної чистки, як і первинне очищення [1] не знайшла практичного застосування внаслідок посилення ефекту звалювання при проведенні процесу в машинах хімічної чистки.

Виклад основного матеріалу. У нашій роботі ми досліджували можливість використання прямих емульсій на основі перхлоретилену (ПХЕ) та водного розчину пероксиду водню для одночасного зняття жирових забруднень та відбілювання вовни. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі: отримати прямі емульсії ПХЕ/водний розчин H₂O₂, оптимізувати їх склад, співвідношення фаз, концентрацію H₂O₂ у водній фазі, умови процесу; оцінити властивості вовни, що оброблена за розробленою технологією. Ефективність відбілювання та миття ми оцінювали за двома показниками: ступенем зняття забруднення, розрахованим ваговим методом – Y₁ %, та ступенем зняття забруднення за зміною білизни зразка – Y₂ %. Між цими показниками існує кореляційна залежність з коефіцієнтом кореляції R=0,900. Працювали зі зразками тонкої мериносової вовни 70к жовтуватого забарвлення, що забруднена рослинними домішками, з середнім ступенем забруднення – 0,48, середньою білизою – 43 %. Прямі емульсії ПХЕ/H₂O отримували емульгуванням ПХЕ у 1,5 % розчин ПАР з пероксидом водню. В якості ПАР використовували: ВНПЖ, ОП-10, феноксол 8/10, тритон X1, сінтаф 7-12, тергітол, сульфоексидан. При одержанні емульсії змінювали порядок змішування, співвідношення фаз, концентрацію пероксиду водню, але отримати достатньо стійку емульсію не вдалося. Найбільшу стабільність мали прямі емульсії з ВНПЖ в якості емульгатора, час стійкості до розшарування становив від 5 хв до 10 хв. Стабільність емульсії зменшувалась, коли у водну фазу додавали розчин натрій силікату з метою одержати рН=10–11, яке необхідне для відбілювання вовни. Цей факт вказує на електростатичний фактор стійкості емульсії ПХЕ/водний розчин H₂O₂. Для стабілізації емульсії з ВНПЖ в якості стабілізатора ми використовували водні розчини високомолекулярних сполук: манутекса RS, крохмалю, натрій карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ).

У таблиці 1 показано вплив виду стабілізатора на стійкість прямої емульсії ПХЕ/водний розчин H₂O₂ з співвідношенням фаз 1: 9.

Таблиця 1

Вплив виду стабілізатора на стійкість прямих емульсій

Стабілізатор	Об'ємні частки складових емульсії			Стійкість емульсії, хв
	ПХЕ	3 %-й розчин H ₂ O ₂	розчин стабілізатора	
Манутекс RS, 1,5 % розчин	0,1	0,85	0,05	25
	0,1	0,80	0,1	35
	0,1	0,70	0,2	90
Крохмаль, 5 % розчин	0,1	0,80	0,1	10
Na-КМЦ, 5 % розчин	0,1	0,80	0,1	35

Бачимо, що найбільш ефективним стабілізатором є манутекс RS. Ми ж у подальшому працювали з КМЦ, як більш доступним та дешевим стабілізатором. Визначили вплив концентрації Na-КМЦ у розчині, який пропонується для стабілізації емульсії на її стійкість. При зменшенні концентрації від 5 до 0,75 %-стікість емульсії з співвідношенням фаз 9: 1 зменшується від 35 хв до 2 хв. В подальшому ми працювали з 5 % розчинами КМЦ, кінцева концентрація Na-КМЦ в емульсії становила 0,51 [% (мас.)]. Ми рахували за доцільне використовувати принцип розведення концентрованої вихідної емульсії (емульсійного препарату) до необхідних концентрацій як ПХЕ, так і H₂O₂. Готували пряму емульсію ПХЕ/H₂O₂ (33 % розчин) з співвідношенням фаз, рівним 6: 4 та 1,5 %-м вмістом ВНПЖ у водній фазі. Цю вихідну емульсію розбавляли

водою у різних співвідношеннях, додавали 5 % розчин Na-КМЦ та силікат натрію до рН=11. Зразки мериносової вовни з середньою білизнаю 43 % відбілювали розведеними емульсіями протягом однієї години при модулі ванни 10 і температурі 40 °С. Зразки промивали водою, висушували до постійної маси, вимірювали білизну. У таблиці 2 наведені відповідні результати.

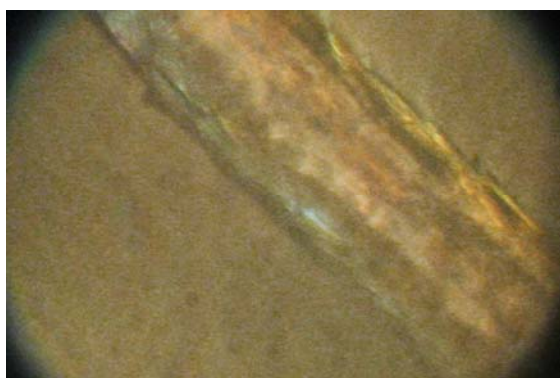
Таблиця 2

Характеристики розведених емульсій та їх здатність відбілювання

Кратність розведення емульсії ПХЕ: Н ₂ О	Стійкість емульсії, хв	Концентрація Н ₂ О ₂ у водній фазі	Середня білизна зразків, %	Ступінь зняття забруднень за білизнаю, Y ₂ %
1: 1	240	5,0	78	92
1: 4	55	2,0	71	64
1: 6	30	1,4	67	48

З наведених у таблиці 2 даних бачимо, що зменшення концентрації пероксиду водню до 2 % зменшує відбілюючу здатність системи. Тому у подальших дослідженнях ми працювали з системами, в яких концентрація пероксиду водню становила більше 5 %. Для визначення оптимальних умов відбілювання та знежирювання вовни прямими емульсіями провели трифакторний експеримент за планом Бокса В₃. В якості змінюваних факторів вибрали концентрацію пероксиду водню – С₁, концентрацію КМЦ – С₂ та тривалість відбілювання – τ. Координати центру плану: x₀₁ – 5 % розчин Н₂О₂; Δx₁ = 2; x₀₂ – 4 % розчин Na-КМЦ; Δx₂ = 1; x₀₃ – 24 год; Δx₃ = 22. На кожному рівні проводили по два паралельних досліди і визначали ступені зняття забруднень за масою (Y₁) та білизнаю (Y₂). Отримали відповідні статистичні моделі: Y₁ = 8,87 + 0,538x₁ – 0,755x₂ + 1,958x₃ – 1,572x₁x₂, F_{розр.} = 3,971; Y₂ = 76,36 + 0,870x₁ – 3,878x₂ + 9,985x₃ – 2,05x₁x₂, F_{розр.} = 1,871. Табличне значення критерію Фішера для обох рівнянь F_{табл.} = 4,6. Порівнюючи отримані рівняння можна зробити висновок, що для одержання оптимальної відбілюючої здатності треба збільшити концентрацію пероксиду водню, зменшити концентрацію КМЦ та збільшити тривалість відбілювання.

Значний час відбілювання (≥24 год) компенсує зменшення температури процесу від 40 °С до кімнатної. Але достатньо тривалий час обробки – 24 год – у слабко лужному середовищі з концентрацією пероксиду водню від 5 до 7 [% (мас.)] може призвести до деструкції вовни. Руйнуючу дію емульсійної обробки оцінювали за розчинністю вовни у 0,1 М розчині NaOH при температурі 65 °С [2]. Проведені дослідження показали, що ступінь деструкції вовни залежно від часу емульсійного відбілювання дуже добре описується експоненційною регресією $D = 7,8731 \cdot e^{0,0375 \cdot \tau}$, де D – ступінь деструкції вовни, %; τ - тривалість обробки вовни в емульсійній системі, год.; R = 0,998. Наприклад, при τ = 8 год., D = 10,62 %; при τ = 24 год., D = 19,36 %, а при τ = 46 год., D = 44,19 %. Виходячи з отриманих даних та даних, які наводяться у літературі [2], можна зробити висновок, що тривалість обробки не може бути більше доби, а ще бажано зменшити її до 8-10 годин. Були зроблені відповідні мікрофотографії зразків вовни, оброблених за запропонованою технологією, які наведені на рис. 1. Як видно з рис. 1, а, на поверхні вовняного волокна розташовані частинки жиру, які повинні бути видалені при емульсійному знежиренні. На рис. 2, б надано зовнішній вигляд вовняного волокна після 8 годин обробки в емульсії. Видно, що поверхня волокна практично не містить частинок жиру, причому кутікула волокна не пошкоджена, луски міцно пов'язані один за одним та з корковим шаром, який знаходиться усередині волокна.



а)



б)

Рис. 1. Мікрофотографії вовняного волокна: а) до обробки в емульсії; б) після обробки в емульсії

Мікрофотографії, як і дані по деструкції волокна, підтверджують доцільність використання технології емульсійного відбілювання при умові, що тривалість обробки не буде більше однієї доби. Обробка за технологією емульсійного відбілювання зразків тонкої мериносової вовни 70к з вмістом жиру 15 % привела до таких показників – вміст остаточного жиру після обробки – 4 %, білизна – 80 %. Це підтверджує основний висновок роботи – при емульсійному відбілюванні одночасно проходить і знежирювання вовни. Стічні води та

забруднена емульсія після відбілювання вовни швидко розшаровуються. Верхній шар – водний розчин водорозчинних забруднень, солей, залишкового пероксиду водню; нижній шар – розчин у ПХЕ вовняного жиру та ВНПЖ. Присутність у системі пероксиду водню сприяє антимікробній та антибактеріальній обробці стічних вод, тому промивні води після відстоювання та розшарування можна частково використовувати для промивання вовни після емульсійного відбілювання. З нижнього шару треба спочатку вилучити ПХЕ, а потім екстракцією ізопропіловим спиртом вилучити ВНПЖ, а хлороформом – вовняний жир. Замкнена технологічна схема емульсійного відбілювання та знежирення вовни представлена на рис. 2.

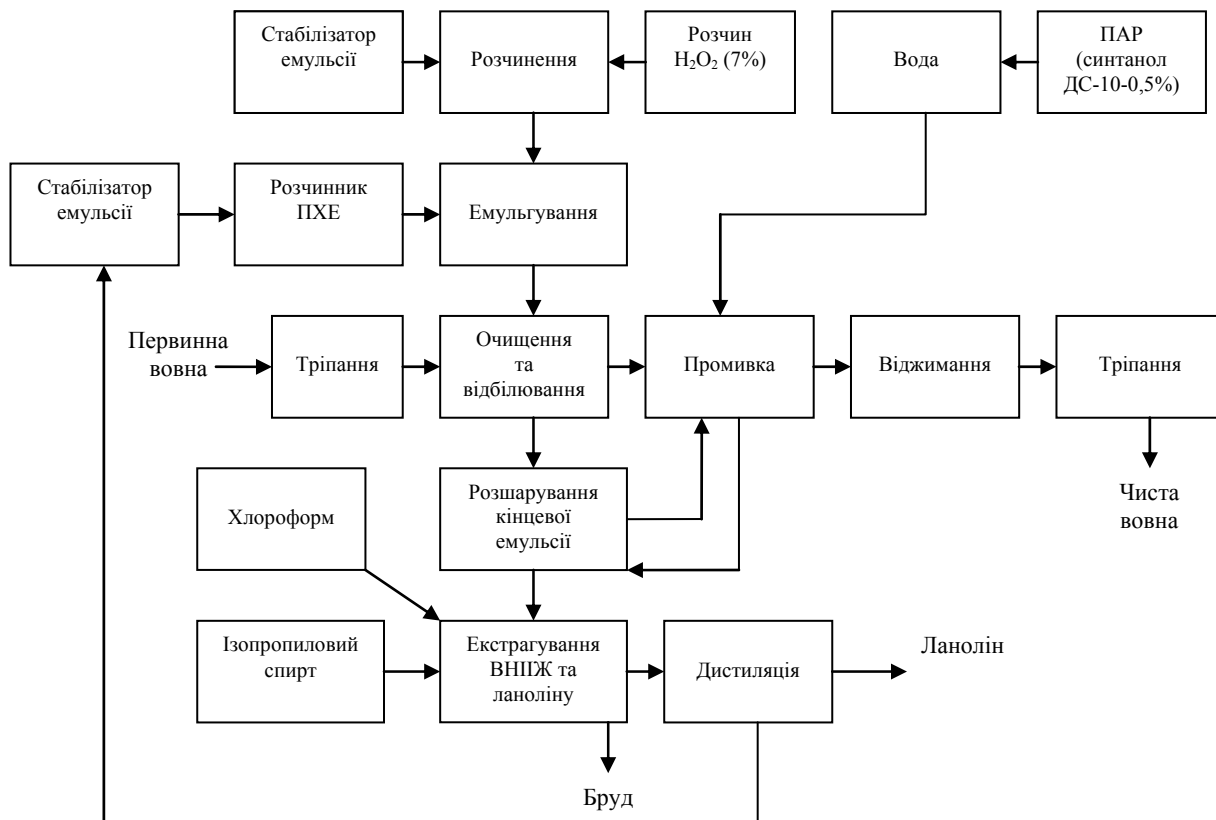


Рис. 2. Замкнена технологічна схема емульсійного відбілювання та знежирення вовняного волокна

При такому способі обробки вовни за рахунок застосування 5% розчину пероксиду водню та достатньо довгому знаходженню вовни в емульсійному середовищі проходить деструкція рослинних забруднень. Вони стають ламкими і вовна легко очищується від них тіпанням. Внаслідок цього зникає необхідність карбонізації вовни.

Висновки. Проведені дослідження показали, що обробка сирого вовняного волокна прямими емульсіями ПХЕ/H₂O₂ дозволяє: об'єднати процеси відбілювання та знежирення; не проводити карбонізацію вовни; проводити процес у замкненій системі, отримати поряд з чистим білим вовняним волокном також ланолін.

Література

1. Тарасова Г.І., Яровий В.В. Застосування емульсійних технологій для очищення вовняної сировини від природних забруднень // Вісник Технологічного університету Поділля. – 1998. – № 4. – С. 117-119.
2. Садова С.Ф., Новорядовская Т.С. Химия и химическая технология шерсти. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 273 с.
3. Тарасова Г.І., Брюхова І.Г., Кулаков О.І. Використання емульсій у замкнених схемах очищення вовни // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2001. – № 5. – С. 91-93.

Надійшла 10.11.2008 р.

ВИСОКОДИСПЕРСНІ МІНЕРАЛИ ЯК ЕМУЛЬГАТОРИ ПРИРОДНИХ ЖИРІВ ТА ОЛІЙ В ЕМУЛЬСІЙНОМУ ЖИРУВАННІ ШКІР

Досліджено вплив органо-мінеральних дисперсій на колоїдно-хімічні властивості жирувальних емульсій на основі природних жирів та олій. Модифікація мінеральних дисперсій аніонними поверхнево-активними речовинами обумовлює можливість використання їх як твердих емульгаторів для підвищення стабільності емульсії природних жирів та олій, сприяє ефективному емульсійному жируванню шкіряного напівфабрикату з метою покращення якості та експлуатаційних властивостей готових шкір.

Введення в шкіру жирувальних речовин сприяє підвищенню м'якості, пластичності, водостійкості готових виробів. В емульсійному способі жирування, як найпоширенішому, це досягається шляхом змашування структурних елементів дерми жирувальними речовинами під час розшарування емульсії жирів та масел. Такий спосіб також дозволяє досягти необхідних пружно-пластичних та експлуатаційних властивостей шкір різного цільового призначення.

Основою якісного виконання емульсійного жирування шкір природними жирами та оліями є агрегативна стійкість та дифузійна здатність їх емульсій [1]. Низька стійкість емульсій обумовлює передчасне розшарування та осадження жирових речовин на зовнішніх поверхнях шкіри, що викликає замаслювання лицьового та бахтармяного шарів, зниження м'якості готових шкір та погіршення адгезії покриття при оздобленні.

Для підвищення агрегативної стійкості та зручності використання жирувальних емульсій (типу «масло у воді») в технологічному процесі застосовують ряд способів модифікації природних жирів та олій, а саме, сульфатування, сульфатування, хлорування [2], або введення емульгаторів [3, 4]. Сульфатування жирів підвищує їх стабільність та емульгуючу здатність, але викликає додаткове розрихлення структурних елементів дерми, що знижує фізико-механічні властивості готових шкір. В якості емульгаторів найбільше застосування знайшли поверхнево-активні речовини. Але в разі використання природних жирів та олій для досягнення високої агрегативної стійкості необхідно введення значної кількості емульгатору, що при жируванні шкіряного напівфабрикату може викликати зворотній ефект і привести до знежирення структурних елементів дерми. В зв'язку з цим, підвищити стабільність жирувальної емульсії можливо введенням високодисперсних мінералів як твердих емульгаторів природних жирів та олій [5]. Модифікація мінералів аніонними поверхнево-активними речовинами підвищує емульгуючі властивості органо-мінерального комплексу, що позитивно впливає на отримання високостабільних жирувальних емульсій [6-8].

Об'єкт та методи досліджень

Об'єктом даної роботи є дослідження процесу емульсійного жирування шкір природними жирами та оліями, що стабілізовані модифікованими високодисперсними мінералами. **Предметом** досліджень є колоїдно-хімічні властивості жирувальних емульсій та експлуатаційні властивості отриманих шкір.

Як високодисперсні мінерали використовували бентоніт Дашуковського родовища Черкаської області. Вміст основного мінералу (монтморилоніту) в бентонітових породах склав 85 %. Обмінна ємність мінералу – 62 мг-екв/100 г сухої речовини. Для отримання органо-мінерального твердого емульгатору виконували обробку дисперсії бентоніту карбонатом натрію з метою максимального диспергування частинок дисперсії та подальшу модифікацію аніонно поверхнево-активною речовиною алкілсульфонатом натрію (C₁₆ – C₁₈) [9].

Як природні жирувальні речовини використовували риб'ячий жир, соняшникову олію, яловичий жир та суміш вищенаведених жирів та олій, мас. %: 45,35,20. Характеристики жирувальних речовин наведені в табл. 1.

Висококонцентровані жирувальні емульсії готували заздалегідь шляхом введення в розігрітий до 60°C жир розрахованої кількості органо-мінеральної дисперсії. Витрати аніонної поверхнево-активної речовини склали 5,0 %, бентоніту – 20 % (в перерахунку на суху речовину) від маси жирувальної речовини. Отримані жирувальні емульсії були використані для емульсійного жирування хромового напівфабрикату з витратою жирувальної речовини – 6,0 % від маси струганого напівфабрикату.

Колоїдно-хімічні властивості отриманих жирувальних емульсій оцінювали за показниками агрегативної стійкості, поверхневого натягу, кінетичної в'язкості та розміру частинок. Для визначення агрегативної стійкості жирувальну емульсію 5 %-ї концентрації вміщували в мірну пробірку об'ємом 20 мл з ціною ділення 0,1 мл і фіксували об'єм відшарованої жировмісної частини через 0,6; 0,2; 1,0 годин. Після визначення середньої швидкості розшарування визначали агрегативну стійкість за формулою, год:

$$\tau = \frac{H}{V};$$

де H – висота стовпа емульсії, см;

V – швидкість розшарування емульсії, см/сек.

Характеристики природних жирів та олій

Вид жирувального матеріалу	Стандарти на вид продукції	Колір та агрегативний стан	Число			
			Ефірне	Йодне	Кислотне	Омилення
Риб'ячий жир	ДСТ 11298-2004	прозора, світло-жовта масляниста рідина з характерним рибним запахом	117,3	119,5	35,52	152,9
Соняшникова олія	ДСТУ 4492: 2005	прозора, жовто-коричнева масляниста рідина	188,73	115,4	5,57	193,4
Яловичий жир	ТУ 61.1094-2001	тверда, жироподібна речовина, світло-коричневого кольору	154,3	57,74	23,6	177,9

Поверхневий натяг жирувальної емульсії (5 % концентрації) визначали за допомогою сталагмометру, а кінетичну в'язкість – за допомогою капілярного віскозиметру. Дослідження виконували за відповідними методиками [10]. Відносна похибка визначень складала – 5 %.

Розподіл частинок жирувальних емульсій за розміром визначали шляхом вимірювання кутової залежності розсіяного світлового потоку, що утворений He-Ne лазером на спектрометрі Microtrac FRA (Leed's & Northrup, USA). Для досліджень використовували жирувальні емульсії 10 % концентрації, розмір частинок визначали в межах 0,12-704 мкм. Схема приладу наведена на рис. 1. Відносна похибка вимірювань складала – 0,5 % [11].

Для досліджень ефективності використання отриманих жирувальних емульсій в технологічному процесі було скомплектовано 5 груп зразків розміром 100×150 мм з хромового напівфабрикату бичини легкої товщиною 1,7-1,8 мм після стругання, отриманих за діючої технологією ЗАТ «Чинбар» м. Київ. Зразки груп № 1-4 були дослідними та оброблялись експериментальними жирувальними емульсіями, відповідно, на основі риб'ячого жиру (варіант 1), соняшникової олії (варіант 2), яловичого жиру (варіант 3) та суміші природних жирів (варіант 4). Група зразків № 5 вважалась контрольною. В даному випадку для емульсійного жирування використовували жирувальну емульсію отриману шляхом емульгування жирувального матеріалу «Provol VA» («Zschimmer & Schwarz GMBH & Co», Німеччина) і неіоногенного ПАР «Савенол NWP» (ТУ 6-00-00205601-37-92) із загальною кількістю 6,0 % (в перерахунку на чистий жир) та 0,6 % від маси струганого напівфабрикату, відповідно.

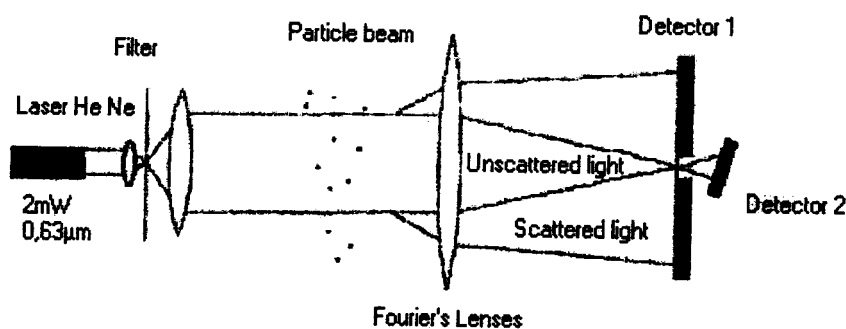


Рис. 1. Схема лазерного спектрометра Microtrac FRA

Ефективність використання емульсій природних жирів та олій для емульсійного жирування шкіряного напівфабрикату оцінювали за показника формування об'єму дерми, хімічного складу та фізико-механічних випробувань отриманих шкір. Хімічний склад та фізико-механічні показники зразків готової шкіри визначали за методиками [10]. Похибка у разі визначення фізико-механічних властивостей не перевищувала 5 %, показників хімічного складу – 3 %.

Постановка завдання

Метою даного дослідження є встановлення впливу стабілізації природних жирів та олій модифікованими високодисперсними мінералами на колоїдно-хімічні властивості їх емульсій з подальшим використанням для емульсійного жирування шкіряного напівфабрикату.

Результати та їх обговорення

В процесі виконання роботи були проведені комплексні дослідження колоїдно-хімічних властивостей жирувальних емульсій природних жирів та олій, що стабілізовані органо-мінеральною дисперсією на основі бентоніту та аніонної поверхнево-активної речовини (АПАР). Використання органо-мінеральної дисперсії як

емульгатора природних жирів та олій суттєво підвищує агрегативну стійкість жирувальних емульсій та знижує міжфазний поверхневий натяг її складових (табл. 2).

Таблиця 2

Колоїдно-хімічні властивості жирувальних емульсій (концентрація 5 – %)

Номер варіанту	Вид жирувальної речовини	Агрегативна стійкість, год	Поверхневий натяг, дин/см	Кінетична в'язкість, мм ² /с
1	Риб'ячий жир	10,2	30	2,8
2	Соняшникова олія	9,8	34	2,9
3	Яловичий жир	11,8	32	3,5
4	Суміш природних жирів	10,5	31	3,0
5	Provol BA	2,5	38	2,1

Зміна колоїдно-хімічних властивостей дослідних жирувальних емульсій обумовлена особливою дією орґано-мінеральної дисперсії. Модифікація мінеральної дисперсії викликає просторове структуроутворення за рахунок взаємодії гідрофільних радикалів АПАР з катіонзарядженими ребрами частинки бентоніту. При цьому площинна поверхня частинки зберігає аніонний характер, що викликає створення "каркасу" та дає змогу отримати стабільну в часі мінеральну дисперсію. В такому стані орґано-мінеральна дисперсія володіє властивостями твердого емульгатора. При взаємодії з жирувальними матеріалами гідрофобний радикал АПАР спрямований до поверхні жирувальної краплі, а її гідрофільна частина є блокованою частинкою бентоніту. Такий механізм модифікації жирувальних речовин обумовлює утворення просторової жирувально-мінеральної структури, чим пояснює суттєве підвищення агрегативної стійкості та кінетичної в'язкості емульсій природних жирів та олій порівняно з емульсією Provol BA. З іншого боку, відбувається солюбілізація жирових речовин за рахунок суттєвої гідрофілізації їх поверхонь, що виражається у зменшенні поверхневого натягу дослідних емульсій та свідчить про високі емульгуючі властивості бентонітових твердих емульгаторів. Частково це підтверджено нижче аналізом розміру частинок жирувальних емульсій.

Слід відмітити, що розподілення частинок за розмірами в емульсіях природних жирів та олій, що стабілізовані орґано-мінеральною дисперсією бентоніту, носить полімодальний характер, який визначається наявністю двох піків в гістограмах (рис. 2). Отже емульсії на основі риб'ячого жиру, соняшникової олії, яловичого жиру та суміші природних жирів – полідисперсні, при чому перший пік гістограми розподілу відповідає фракції частинок емульсії розмірністю 1,02-2,08 мкм (табл. 3). Відсоткова доля таких частинок в дослідних емульсіях становить 8-34 %. Фракція частинок емульсії розмірністю 9,46-49,35 мкм відповідає 66-92 % загальної їх кількості. Ймовірно, перший пік вказує на розмір елементарних частинок в емульсіях, тоді як інший – характеризує розмір агрегатів емульгованих частинок, утворених в результаті просторового структуроутворення в емульсіях, що також підтверджено їх колоїдно-хімічними показниками агрегативної стійкості та кінетичної в'язкості.

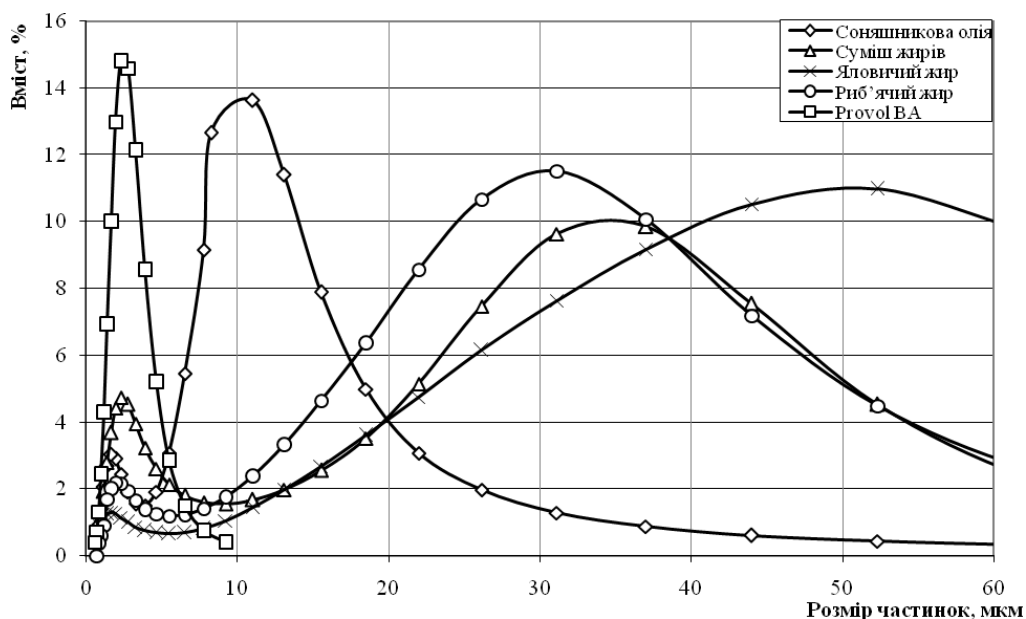


Рис. 2. Розподіл за розмірами частинок жирувальних емульсій

Для емульсії технічного жирувального матеріалу характер розподілення частинок за розмірами – мономодальний, визначається наявністю одного піку і вказує на присутність в емульсії частинок, переважно, розміром 2,21 мкм (рис. 2, табл. 3). Слід відмітити, що розмір елементарних частинок дослідних емульсій дещо

менший, а їх агрегативна стійкість практично в 4 рази вища порівняно з показниками емульсії технічного жирувального матеріалу.

Подальший аналіз ефективності застосування емульсій природних жирів та олій, що стабілізовані органо-мінеральною дисперсією, представлено показниками органолептичної оцінки та фізико-хімічних властивостей шкіряного напівфабрикату (табл. 4).

Таблиця 3

Показники розмірності частинок жирувальних емульсій (концентрація 10 – %)

Номер варіанту	Вид жирувальної речовини	Характер розподілення	Кількість фракцій	Відсоткова доля фракції, %	Середній розмір частинок фракції, мкм
1	Риб'ячий жир	полімодальний	2	$\frac{13}{87}$ *	$\frac{1,28}{29,84}$
2	Соняшникова олія	полімодальний	2	$\frac{16}{84}$	$\frac{1,02}{9,46}$
3	Яловичий жир	полімодальний	2	$\frac{8}{92}$	$\frac{1,31}{49,35}$
4	Суміш природних жирів	полімодальний	2	$\frac{34}{66}$	$\frac{2,08}{29,67}$
5	Provol BA	мономодальний	1	100	2,21

* - відповідає першому піку на гістограмі розподілу частинок

За органолептичною оцінкою зразки, що прожировані дослідними емульсіями та емульсією Provol BA, характеризувались пластичністю, м'якістю, повнотою, відсутністю замаслювання лицьової та бахтармяної поверхні напівфабрикату. В разі використання дослідних емульсій зразки були добре наповненими, з об'ємною та чітко вираженою зернистістю лицьової поверхні.

Таблиця 4

Фізико-хімічні показники прожированого напівфабрикату

Показник	Варіант обробки					
	1	2	3	4	контрольний	
Вихід напівфабрикату, % від струганого напівфабрикату	за площею	99,6	99,5	98,7	100,2	95,6
	за товщиною	107,5	107,3	108,2	108,4	102,3
Жорсткість за ПЖУ-12М, $\times 10^{-2}$ Н	21,9	23,1	25,2	22,3	26,4	
Вміст сполук, що екстраговані органічними розчинниками за шарами, %*	лицьовий	6,6	6,7	6,8	6,7	5,5
	середній	5,6	5,8	5,2	5,6	4,1
	бахтармянний	6,1	6,4	6,4	6,5	6,1
Вміст сполук, що екстраговані органічними розчинниками середнього шару, % від вмісту лицьового шару	84,9	86,6	76,5	83,6	74,5	

* - в перерахунку на суху речовину

Використання емульсій природних жирів та олій в емульсійному жируванні хромового напівфабрикату сприяє зростанню виходу дослідних шкір за площею та товщиною порівняно з контрольними на 3,1-4,6 % та 5,0-6,1 % відповідно. Присутність в складі жирувальної емульсії високодисперсних мінералів сприяє також наповнюванню напівфабрикату та покращує формування його волокнистої структури. При цьому зменшується жорсткість дослідних зразків до рівня $21,9-25,2 \times 10^{-2}$ Н порівняно з контрольними, особливо в разі використання для жирування напівфабрикату емульсій риб'ячого жиру та суміші жирів. Аналіз розподілу жирувальних речовин за шарами вказує на відмінності для дослідних та контрольних зразків. Ймовірно, при інтенсивному динамічному впливі в умовах емульсійного жирування відбувається руйнування агрегованих частинок дослідних жирувальних емульсій до мінімально розмірних, внаслідок чого покращується дифузія їх в структуру дерми. Це підтверджено розподілом речовин, що екстрагуються органічними розчинниками за шарами готової шкіри (табл. 4). В разі використання емульсій природних жирів та олій спостерігається зростання кількості речовин, що екстрагуються органічними розчинниками, в лицьовому шарі порівняно з бахтармянним, тоді як в контрольних зразках кількість таких речовин в лицьовому шарі менша. Це пояснює хорошу наповненість, об'ємність та виразність мереживки лицьової поверхні напівфабрикату варіантів 1-4. Також дослідні зразки характеризуються дещо більшим вмістом незв'язаних жирувальних сполук в середньому шарі, що становить 76,5-86,6 % їх вмісту лицьового шару та свідчить про рівномірне розподілення жирувальних речовин в структурі дерми порівняно з контрольним варіантом.

В цілому, позитивний технологічний ефект застосування емульсій природних жирів та олій, отриманих з використанням як емульгатору модифікованої дисперсії бентоніту, на експлуатаційні властивості шкіри [12] дозволяє розширити сировинну базу отримання жирувальних матеріалів та твердих емульгаторів для емульсійного жирування хромового напівфабрикату в шкіряному виробництві.

Висновки

В роботі було досліджено можливість використання дисперсій бентоніту, модифікованих аніонною поверхнево-активною речовиною, для стабілізації природних жирів та олій з метою подальшого емульсійного жирування шкір. Отримані жирувальні емульсії володіють високою агрегативною стійкістю та зменшеним поверхневим натягом на 10,5-21,1 % порівняно з емульсією технологічного жирувального матеріалу. Колоїдно-хімічні властивості емульсій природних жирів та олій пов'язані з механізмом просторового структуроутворення через властивості органо-мінеральної бентонітової дисперсії як твердого емульгатору, що підтверджено зростанням кінетичної в'язкості на 25-40 % та полідисперсністю емульсій за розмірами частинок. В результаті застосування стабілізованих емульсій природних жирів та олій в емульсійному жируванні хромового напівфабрикату встановлено зростання виходу шкір за площею та товщиною на 3,1-4,6 % та 5,0-6,1 %, відповідно, та зниження жорсткості на 4,5-17,1 % за рахунок глибокої дифузії та більш рівномірного розподілу жирувальних речовин в структурі напівфабрикату порівняно з діючим способом жирування.

Література

1. Страхов И.П. и др. Отделка кож. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 359 с.
2. Левенко П.И. Поверхностно-активные вещества в кожевенной и меховой промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 160 с.
3. А.с. № 1688585 СССР, МКИ С 14С 9/02. Состав для обработки кожевенного полуфабриката / В.С. Думнов, О.П. Титов, В.Д. Раднаева и др. – № 4615954/12; Заявлено 01.12.88; Опубл. 10.12.95, Бюл. № 34. – 8 с.
4. Эмульсии. Пер. с англ./под ред. А.А. Амбразона – Л.: Химия, 1972. – 448 с.
5. Овчаренко Ф.Д., Сало Д.П. Высокодисперсные минералы в фармации и медицине. – К.: Наукова думка, 1969. – 226 с.
6. Мокроусова О.Р. Використання твердих емульгаторів для стабілізації жирувальних емульсій при виробництві шкір // Тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції “XXI століття: Наука. Технологія. Освіта». – Мукачево. – 2007. – С. 40-41.
7. Mokrousova O. The modification of natural fats and oils by mineral dispersion in the fatliquoring of leather // Proceedings of IV International Scientific Conference „Light Industry– Management and Organization of Production, Materials Science, Technology and Designing”, Radom, 2007. – P. 87-92.
8. Mokrousova O., Smiechowski K. Modified natural materials in fatliquoring of leather // ICAMS-2008. – Romania. – 23-24 October 2008.
9. Патент на корисну модель № 23194, МПК С14С 9/00. Склад для обробки шкіряного напівфабрикату / Мокроусова О.Р., Олійник М.М. – U200613912; Заявлено 27.12.2006; Опубл. 10.05.07, Бюл. № 6. – 8с.
10. Данилкович А.Г. Практикум з хімії і технології шкіри та хутра. 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Фенікс, 2006. – 340 с.
11. Smiechowski K., Zarlok J., Liedtke M. Research on emulsifying castor oil with anionic surfactants for the tanning industry purposes // Proceedings of IV International Scientific Conference “Light Industry– Management and Organization of Production, Materials Science, Technology and Designing”, Radom, 2007. – P. 154-171.
12. Мокроусова О.Р., Ковтуненко О.В., Данилкович А.Г. Використання поліфункціональних сполук на основі природних мінералів для вдосконалення експлуатаційних властивостей шкіри // Вісник КНУТД. – Спеціальний випуск, 2008. – № 5 (43). – С. 212-217.

Надійшла 5.11.2008 р.

УДК 677.116

С.В. ПУТІНЦЕВА, О.Ф. БОГДАНОВА, Ю.В. БЕРЕЗОВСЬКИЙ
Херсонський національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ СТЕБЕЛ ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР

Розглядаються способи первинної переробки стебел луб'яних культур. Пояснено існування одночасно декількох способів обробки залежно від виду сировини та біологічної обробки.

Постановка задачі

Вивчення методів і підбір технології переробки рослинної сировини в даний час є актуальними.

Текстильні волокна в стеблах луб'яної рослини знаходяться в міцному зв'язку з навколишніми тканинами. Для виділення їх із стебла необхідно виконати ряд операцій, за допомогою яких навколишні тканини руйнуються і відділяються від волокон.

Аналіз досліджень та публікацій

Першою операцією по виділенню волокна із стебел є руйнування покривних і паренхімних тканин. Вона може виконуватися або біологічними, або хімічними способами.

З рисунку 1 видно, що при біологічній обробці в стеблах руйнуються тканини, навколишні луб'яні пучки. Після такої обробки потрібні лише механічні операції для відділення волокна.

На різних стадіях первинної обробки луб'яних культур оброблюваний матеріал має неоднаковий стан і відповідно різні найменування. Так, обмолочені стебла льону і середньоруських конопель називають соломою, а південних конопель і кенафу – стеблами. Після біологічної обробки стебла всіх луб'яних культур називають трестом.

Послідовність і характер операцій, за допомогою яких отримують луб'яні волокна, обумовлені особливостями будови різних луб'яних рослин, а також організаційно-економічними і технологічними міркуваннями. В даний час застосовують наступні способи первинної обробки луб'яних культур:

- сухої трести;
- мокрої трести;
- сухих стебел;
- зеленого лубу.

За першим способом переробляють льон і коноплі, причому він має два різновиди: А і Б (рис. 2). Розрізняються вони тим, що в одному випадку приготування трести здійснюється в господарствах (різновид А), в іншому (різновид Б) – на заводі. Поки найбільше розповсюдження має перший варіант, за яким стебла (солому), що тереблять і обмолочують, розстиляють на полях (льонищах) або лугах. У стеблах розвиваються різні мікроорганізми, які руйнують покривні і паренхімні тканини, навколишні луб'яні волокна. При цьому стебла перетворюються на тресту.

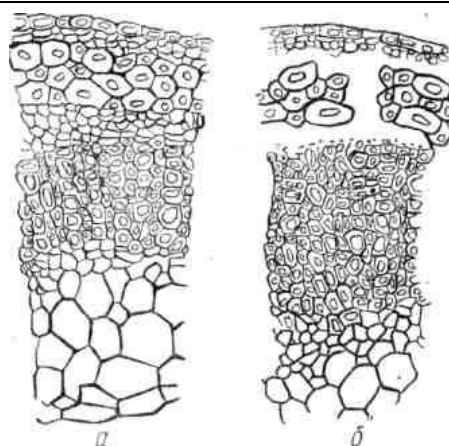


Рис. 1. Поперечний зріз лляного стебла:
а – до мочіння; б – після мочіння



ис. 2. Схема виробничого процесу обробки льону і конопель

Після розстиляння трести, зазвичай, має підвищену вологість, тому її підсушують, встановлюючи для цього в конуси безпосередньо на стелищі. Підсушену тресту зв'язують в снопи і відправляють на завод, де укладають для зберігання в шоби або скирти.

Обробку трести на заводі починають з того, що її підсушують. Це необхідно, оскільки природна вологість трести в місцях зберігання зазвичай вище технологічної, при якій отримують якнайкращі результати механічної обробки трести.

Підсушену тресту обробляють на м'яльних і тіпальних машинах. На м'яльних машинах сухі стебла ламають на дрібні ділянки, добиваючись порушення зв'язку між волокнистою тканиною і деревиною; на тіпальних машинах ударними діями видаляють з волокна деревину (кострицю) і залишки зруйнованих покривних і паренхімних тканин. Отримане довге волокно сортують і пакують для відправки на текстильні

фабрики.

При очищенні довгого волокна від деревини під тіпальну машину випадають відходи тіпання – суміш костриці і коротких переплутаних волокон, зідраних з довгого волокна при його обробці, а інколи і довгих волокон, що випали із затискного транспортера тіпальної машини. Відходи тіпання також обробляють, виділяючи з них чисте коротке волокно, широко використовуване в текстильній промисловості. Спочатку їх пропускають через трясильну машину для видалення більшої частки костриці, не пов'язаною з волокном, а потім підсушують і обробляють на куделеприготовчій машині, яка очищає коротке волокно від костриці майже повністю. На цій же машині обробляють короткостебельну тресту і плутанину, заздалегідь пропустивши її через м'яльну і трясильну машини, а також через сушильну. Отримане коротке волокно оцінюють, упаковують в кіпи і відправляють на склад.

Приготування трести на заводах (різновид Б). В цьому випадку об'єм сільськогосподарських робіт, пов'язаних з луб'яними культурами, різко зменшується. Господарства збирають врожай, підсушують його, обмолочують і відправляють на завод. При збиранні льону комбайнами одночасно обчісують насінні голівки: залишається лише підсушити соломі і відправити на завод.

На багатьох льоно- і пенькозаводах побудовані цехи мочки і пропарювання для біологічної або хімічної обробки стебел з метою перетворення їх в тресту. Отриману в цих цехах мокру тресту промивають і віджимають, потім висушують в потужних конвеєрних сушильних машинах (у літній період інколи використовують природну сушку). Всі подальші операції виконують так само, як і в першому різновиді способу.

На кенафні заводи в невеликій кількості поступають обмолочені стебла після видалення насіння. Спосіб їх переробки характеризується тим, що тресту, отриману в результаті мочки у воді, обробляють в мокрому вигляді на однопроцесних тіпально-промивних машинах. На цих машинах деревину ламають на дрібні ділянки, видаляють її, а також промивають волокно чистою водою від слизистих залишків покривних і паренхімних тканин. Отримане довге волокно сушать, потім пом'якшують на м'яльних машинах (при висиханні невідмиті слизисті речовини додають волокну грубість і жорсткість), сортують і пакують.

Потік мокрих відходів тіпання під тіпальною машиною збирають, збагачують, підсушують і обробляють на куделеприготовчих машинах для отримання чистого короткого волокна.

Третій спосіб первинної обробки, вживаний в невеликих кількостях для льону, полягає в тому, що спочатку проводять збагачення сировини – шляхом механічної обробки відокремлюють від стебел корову частку (луб). Для виділення з лубу волокна його піддають відповідній хімічній обробці, при якій руйнують і видаляють покривні і паренхімні тканини. Цю операцію виконують вже не на заводах, а на льонопереробних підприємствах.

Льоносолому на луб переробляють по-різному. Найбільш старим способом є обробка соломи на м'яльно-тіпальних агрегатах. У зв'язку з тим, що камбіальний шар, що з'єднує луб'яну частку стебла з деревиною, в сухому вигляді має високу міцність, соломі піддають інтенсивній механічній обробці, використовуючи для цього спеціальне устаткування. Отриманий довгий луб відправляють на льонопрядильні фабрики для подальшої переробки. Короткий луб використовують в інших галузях промисловості. За цією причиною даний спосіб обробки лубу не набув поширення.

Виділення нерозв'язаних частин

В даний час розробляють новий спосіб переробки льоносоломи на луб, який полягає в тому, що спочатку формують безперервну стрічку із стебел льону. Ця стрічка проходить через ряд м'яльних і трясильних механізмів і поступово звільняється від деревини. Отриману безперервну лубову стрічку упаковують і відправляють на льонопрядильні фабрики для подальшої переробки. Перевага даного способу полягає в тому, що все волокно виходить у вигляді довгого, а недолік – невисока продуктивність агрегату для отримання лубової стрічки.

Четвертий спосіб первинної обробки використовують для отримання волокна кенафу. За цим способом в господарствах луб виділяють зі свіжозрізаних стебел відразу після їх прибирання. Стебла прибирають в стані технічної стиглості, коли волокно має найбільш високу якість, а міцність камбіального шару невелика. Луб, виділений зі свіжозрізаних стебел, називається зеленим. Зелений луб виділяють на спеціальних однопроцесних тіпальних машинах. Отриманий луб сушать безпосередньо на полях, а потім направляють для переробки на завод. На заводі луб піддають біологічній мочці, очищенню на тіпально-промивній машині, віджиманню, сушінню, пом'якшенню, сортуванню і пакуванню.

Потік зібраних під тіпально-промивною машиною відходів тіпання збагачують, висушують і обробляють на куделеприготовчій машині і отримують чисте коротке волокно.

Формулювання цілей

Існування одночасно декількох способів первинної обробки пояснюється наступними причинами. Перший спосіб, використовуваний для льону і конопель, має той недолік, що після біологічної обробки доводиться висушувати великі маси сировини, витрачаючи на це багато праці і теплової енергії. Але спосіб обробки мокрої трести льону і конопель не застосовується, оскільки волокниста тканина цих культур в мокрому вигляді має невисоку міцність і легко розповзається під дією натягнень, що виникають при механічній обробці. Волокно ж кенафу внаслідок сильного одерев'яніння не втрачає в мокрому вигляді своєї міцності і навіть гнучкіше, ніж в сухому вигляді.

Тресту кенафу доцільно обробляти в мокрому вигляді і тому, що при обробці її в сухому вигляді

волокно виходить сильно забрудненим. Крім того, при обробці в сухому вигляді волокно цих культур стає жорстким, ламким, внаслідок чого збільшуються втрати його при механічній обробці.

Великим недоліком першого і другого способів є те, що біологічній обробці доводиться піддавати не лише коротку частку стебел, в якій розташовані волокна, але і деревину, що є свого роду баластом. При третьому і четвертому способах біологічній або хімічній обробці піддають лише луб, що дозволяє процес здешевити. Цим пояснюється те, що на кенафних заводах четвертий спосіб майже повністю витіснив другий спосіб отримання кенафного волокна, а в лляній промисловості приділяють багато уваги вдосконаленню і впровадженню у виробництво способу отримання льону з сухого лубу.

Четвертий спосіб, що використовується при переробці кенафу, має наступні достоїнства:

- з господарств на заводи перевозять не стебла, а луб, що становить близько 30 % від маси стебел (різко скорочуються транспортні операції в період збиральних робіт);
- зелений луб після виділення із стебел дуже швидко сохне (1– 2 дні), при цьому майже повністю усувається можливість ураження його грибовими захворюваннями;
- для отримання зеленого лубу стебла збирають в стані технічної стиглості, що забезпечує можливість отримання з нього волокна високої якості.

Висновки

Таким чином, при використанні будь-якого способу первинної обробки готовою продукцією заводів є довге і коротке волокно. Процентне співвідношення між цими двома видами продукції може бути різним залежно від виду сировини, організації виробництва, ступеня досконалості технологічного процесу і стану устаткування. Зусилля працівників промисловості направлені на те, щоб якомога більше отримати довгого волокна і відповідно скоротити кількість короткого. Довге волокно може бути використане для виготовлення виробів високої якості, тонких дорогих тканин, тоді як коротке волокно використовують лише для виготовлення виробів, до яких не пред'являють високих вимог. Вартість довгого волокна набагато вища за вартість короткого, і робота заводів значною мірою оцінюється по тому, який отриманий вихід довгого волокна із стебел або трести.

Роботу виконано за підтримки ДФФД МОН України (проект Ф 25).

Література

1. Жуплатова Л.М., Басанец Н.Н. К вопросу о нетрадиционном использовании конопли // Информационный листок. – Харьков: ХЦНТЭИ, 2002. – № 100. – 3 с.
2. Uschaporovsky L.V., and Kokurin N.L. Flax and Other Bast Plant Symposium, 30 Sept. And 1 Oct. 1997, Proceedings, Poland (1997), P. 165 – 166.
3. Кислухина О. И. Биотехнологические основы переработки растительного сырья. / О. Кислухина, И. Кюдулас. – Каунас.: Технология, 1997. – 183 с.

Надійшла 7.11.2008 р.

УДК 687.016.5: 572.087

О.П. СИРОТЕНКО, А.Л. СЛАВІНСЬКА
Хмельницький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОДЯГУ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СПОЖИВАЧА З УРАХУВАННЯМ ЙОГО МОРФОЛОГІЧНОГО ТИПУ

Розроблено методику визначення морфологічного типу індивідуального споживача з урахуванням проєкційних розмірів його фігури; розроблено базу даних раціональних конструктивно-декоративних рішень одягу для фігур нетипової тілобудови; запропоновано удосконалений спосіб формування зовнішнього вигляду моделі одягу з урахуванням індивідуальних особливостей фігури споживача.

Постановка проблеми

Забезпечення індивідуальних потреб населення з нетиповими фігурами в одязі високої якості здійснюють шляхом виготовлення одиничних виробів на підприємствах служби побуту. Однак, рівень їх естетичної якості вирішується на професійно-інтуїтивному рівні проєктанта і не завжди забезпечує належний результат. Це пов'язано з відсутністю автоматизованих систем оцінки естетичного рівня якості зовнішнього вигляду моделі як масового, так й індивідуального виробництва. До того ж значна відмінність форми та розмірів індивідуальних фігур від класичних пропорцій будови тіла обмежує можливості використання типових членувань конструкцій та декоративних деталей, розроблених в базах даних САПРО [1] для фігур типової тілобудови. Такі обставини обумовлюють необхідність багаторазового корегування ескізу моделі для індивідуального споживача і значно ускладнюють процес його художньої проробки.

Відповідно одним із завдань покращення якості виробів, виготовлених на підприємствах служби побуту, є завдання підвищенні естетичного рівня художньо-конструктивного розв'язання моделі без

збільшення затрат часу на одиницю виробу. Це питання може бути розв'язане шляхом впровадження новітніх технологій і високого ступеня автоматизації дизайнерських робіт на стадії ескізного проекту. Одним із новітніх способів побудови ескізу виробу є автоматизований процес проектування макету одягу на макеті фігури в системі 3D проектування [2]. Нерозв'язаним залишається питання вибору таких форм, об'ємів та членувань одягу, які здатні приховати недоліки індивідуальної фігури і тим самим забезпечити високий естетичний рівень зовнішнього вигляду моделі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогоднішній день в сфері художнього проектування одягу відомі автоматизовані способи побудови технічних ескізів моделей одягу шляхом "одягання" двовимірних абрисів та тривимірних манекенів типових фігур. Найбільш прогресивними в цій сфері є системи, засновані на теорії тривимірного проектування одягу (Picture Portfolio, Tex-Design, Photo Modeler; САПР "Ассоль", "Грация"), які дозволяють значно покращити якість розробок і підвищити продуктивність праці художника-модельєра. Побудову абрисів фігури, каркасу одягу певного силуету та модельних ліній виробу виконують за відповідним сценарієм [2]. При переході до абрису фігури індивідуального споживача каркас одягу автоматично трансформується у відповідний об'єм із збереженням параметрів повітряного зазору між тілом та одягом, характерного для обраного силуету. Модельні особливості цих виробів корегуються дизайнером на рівні інтуїції і рівень їх виконання повністю залежить від естетичного смаку та професійності проектанта.

Постановка завдання

Актуальним є питання удосконалення естетичного рівня дизайнерських робіт в умовах індивідуального виробництва, із використанням засобів гармонізації на етапі художнього проектування одягу.

Виклад основного матеріалу

Послідовність та структура робіт, виконуваних на стадії ескізного проектування одягу в умовах масового виробництва, за суттю близькі до робіт виконуваних при індивідуальному виробництві. Відповідно розроблені авторами раніше (на основі законів гармонізації) етапи удосконалення дизайнерської проробки моделі одягу масового виробництва [3] доцільно впроваджувати на творчих етапах робіт при індивідуальному виробництві (рис. 1).

Однак, специфіка проектування одягу для індивідуального споживача обумовлює необхідність розробки додаткових етапів удосконалення робіт стадії ескізного проекту. Першим з них є етап визначення морфологічних особливостей індивідуальної фігури споживача, другим – етап вибору переважних конструктивно-декоративних елементів одягу та раціональне їх розташування на ескізі виробу.

Для визначення морфологічного типу споживача сформовано базу даних із 25 розмірних ознак. Етап визначення морфологічного типу включає три проектні процедури: 1) визначення типу пропорцій; 2) визначення типу постави; 3) визначення типу тілобудови в фас та в профіль.

Кожна із проектних процедур включає по дві опції:

- 1) обчислення індексів співвідношень окремих розмірів фігури;
- 2) визначення морфологічного типу споживача за комбінацією значень індексів.

Параметрична характеристика індексів, взятих за основу для визначення морфологічного типу пропорцій, обрана за методикою Башкірова П.М. [4]; типу постави – за методикою ЦНДІШП [5]; типу тілобудови – за методикою Шершньової Л.П. [6]. На основі комбінації значень індексів авторами сформовані карти морфологічних типів. Вони містять назву морфологічного типу і діапазон значень індексів кожної морфологічної ознаки, що їх характеризує.

Для прикладу, параметрична характеристика та розрахункові формули для обчислення індексів горизонтальних пропорцій тулуба жіночих фігур наведені в табл. 2. На основі різних комбінацій параметрів цих показників формуються різні типи фронтальних пропорцій жіночих фігур [7]. Їх рубрикація розроблена на основі врахування ступеня розвитку анатомічних відділів тулуба на рівні трьох основних поясів – грудного, талієвого та стегнового. Відповідно кожен тип носить назву цих трьох ознак. Ступінь розвитку визначається трьома характеристиками: М – недостатній, Н – нормальний, В – надмірний.

В розрахункових формулах x – це відстань між фронтальною площиною дотичною до обхвату грудей третього та лінією талії зі сторони спини (рис. 2). Її обчислюють за формулою (3).

$$x = \frac{(T6 - T7) * T78}{(T7 * -T7)}$$

- де
- $T6$ – висота соскової точки, см;
 - $T7$ – висота лінії талії, см;
 - $T7*$ – висота найбільш виступаючих точок лопаток, см;
 - $T78$ – глибина талії перша, см.

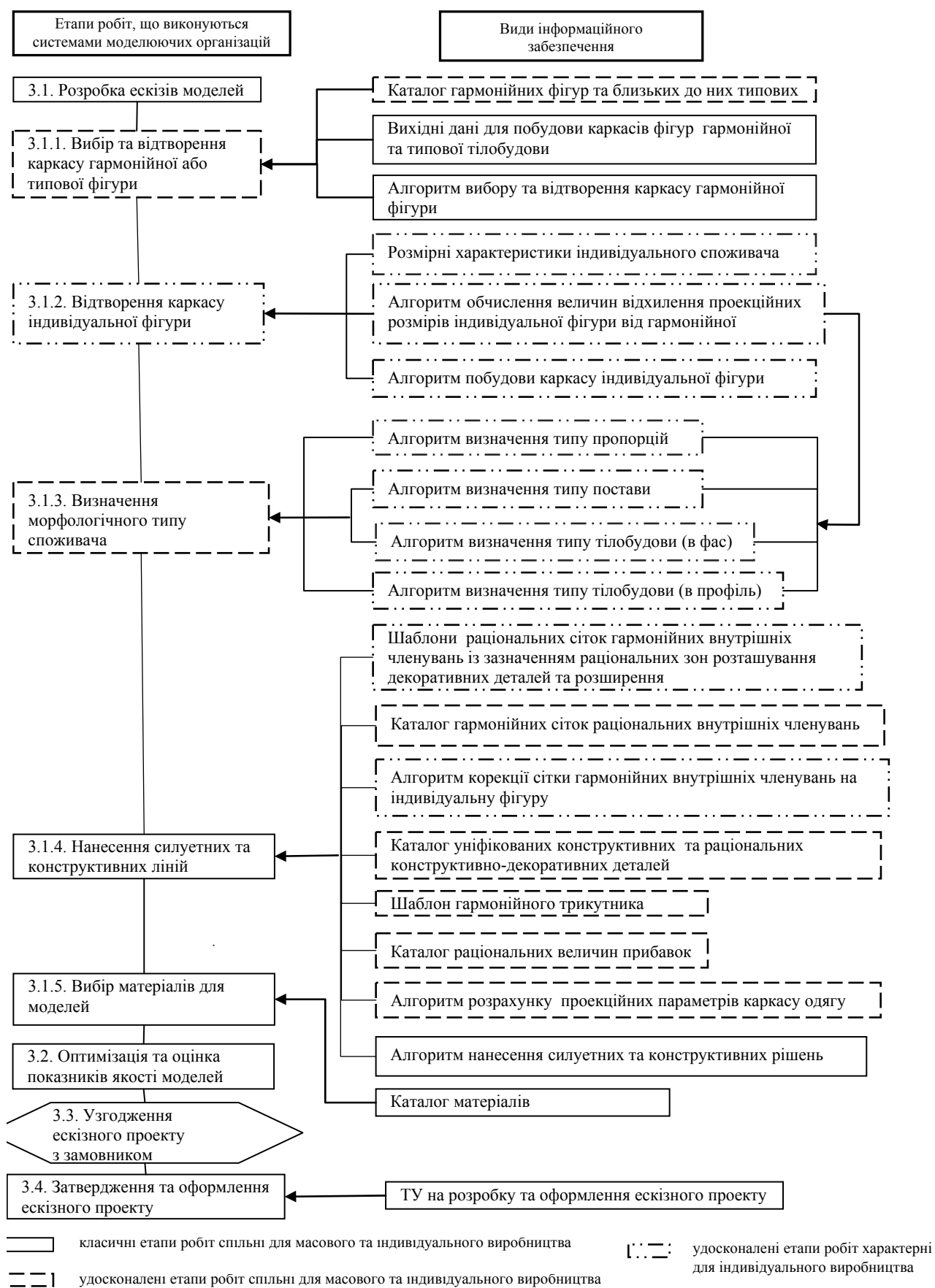


Рис. 1. Структурна схема стадії ескізного проекту в умовах індивідуального виробництва

Морфологічна карта фронтальних типів жіночих фігур

Форма тулуба на вигляді в фас	Анатомічні відділи						
	Грудні залози			Живіт		Стегна	
	ступінь розвитку			ступінь розвитку		ступінь розвитку	
	недостатня	нормальна	надмірна	нормальна	надмірна	нормальні	широкі
	Коефіцієнт визначення ступеню розвитку			Коефіцієнт визначення ступеню розвитку		Коефіцієнт визначення ступеню розвитку	
	$K_{т.н} = \frac{T16}{T1}$			$K_{з.ф.т} = \frac{T55}{T99}$		$K_{з.ф.} = \frac{T53}{T56}$	
М-В-В	0,45-0,56				0,9-1,1		0,8-0,9
М-Н-В	0,45-0,56				0,9-1,1		0,8-0,9
М-Н-Н	0,45-0,56				0,9-1,1		0,8-0,9
Н-Н-Н		0,57-0,63		0,8-0,9		0,9-1,1	
Н-Н-В		0,57-0,63		0,8-0,9			0,8-0,9
Н-В-Н		0,57-0,63			0,9-1,1	0,9-1,1	
Н-В-В		0,57-0,63			0,9-1,1		0,8-0,9
В-В-В			0,66-0,85	0,8-0,9		0,9-1,1	

Примітка: T1 – зріст, T16 – обхват грудей III, T55- поперечний діаметр талії, T99 – поперечний діаметр грудей, T53 – плечовий діаметр, T56 – поперечний діаметр стегон.

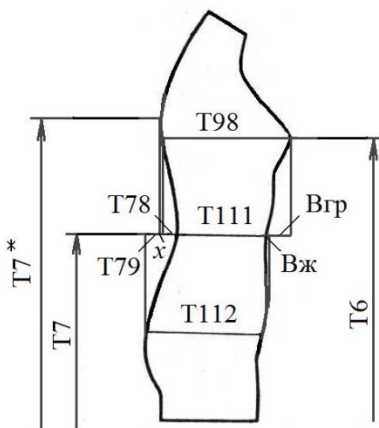


Рис. 2. Співвідношення поперечних проекційних розмірів тулуба на профільній проекції жіночої фігури

На основі цього каталогу побудовані шаблони узагальненої моделі морфологічного типу фігури (рис. 3) з нанесеними на неї раціональними рівнями горизонтальних, вертикальних та діагональних ліній членувань, переважних зон розташування декоративних елементів. Сітки раціональних членувань для кожного типу пропорцій та тілобудови були побудовані шляхом корекції сіток гармонійних членувань розроблених авторами для гармонійних фігур [7]. Як правило, в сітках були залишені ті лінії членувань, які рекомендовані для даного типу фігури за законами зорових ілюзій, всі інші – видалені.

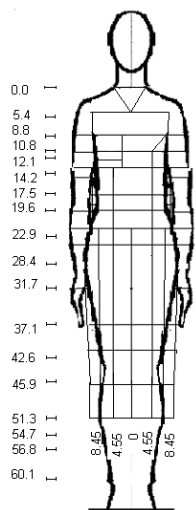


Рис. 3. Шаблон раціональних ККР для фігури типу М-Н-Н

На основі кореляції [7] обхватних параметрів тулуба з підлеглими розмірами інших анатомічних відділів фігури для різних типів фігур розроблено описову характеристику властивих їм морфологічних ознак: ширини шиї, плечей, талії, грудей, довжини грудної клітки, довжини кінцівок і т.д., які включені в однойменні каталоги морфологічних типів індивідуальних фігур.

На основі цих даних з урахуванням законів зорових ілюзій розроблено каталог переважних конструктивно-композиційних рішень моделей одягу із зазначенням практичних рекомендації з проектування декоративних елементів для фігур з відхиленнями.

Переважними декоративними елементами обрано такі деталі та елементи одягу, розміри яких співвідносяться з габаритними проекційними розмірами фігури за законами гармонії, а їх форма та рівні розташування відповідають законам зорових.

Етап відтворення модельних особливостей виробу для індивідуальної фігури полягає в корегуванні габаритних параметрів сітки раціональних внутрішніх членувань розроблених для конкретного морфологічного типу фігури. Принцип корекції аналогічний принципу корекції гармонійних сіток для типових фігур [7] і відповідає відхиленню зросту та поперечного діаметру грудей індивідуальної фігур від гармонійної. Відповідно сітку розтягують або подовжують при додатному відхиленні; вкорочують або звужують – при від’ємному.

Принцип суміщення трансформованої сітки внутрішніх членувань з технічним ескізом фігури аналогічний принципу описаному для типових фігур. Якщо реальна фігура має відхилення і за типом пропорцій і за типом тіло будови, то на технічний ескіз фігури накладають дві сітки – одну рекомендовану для типу пропорцій, другу – для типу тіло будови.

Із системи горизонталей залишають тільки ті, що співпадають при накладанні одна на одну сіток, рекомендованих для типу пропорцій і тілобудови. Якщо реальна фігура має відхилення лише за одним типом, то на її технічний ескіз накладають сітку, що відповідає цьому типу. Далі виконують детальну прорисовку модельних особливостей виробу за бажанням замовника. Послідовність виконання розробленими авторами додаткових етапів проектних робіт зазначена в алгоритмі виконання стадії ескізного проекту (рис. 1).

Висновки

Розроблена авторами методика визначення морфологічного типу індивідуального споживача дозволяє дослідити особливості будови тіла типових фігур (-II, -I, 0, V, VI, VII повноти), для яких не виготовляється одяг в умовах масового виробництва. На основі цих даних доцільно сформулювати рубрикацію сумісності фронтальних та профільних типів фігур, з метою подальшої розробки типових конструкцій одягу на фігури нетипової тіло будови. Ці конструкції доцільно використовувати за базові при індивідуальному виробництві одягу, оскільки за будовою вони будуть значно ближчі до конструкцій індивідуальних фігур ніж конструкції типових. Це прискорить процес корегування вихідних базових основ на фігури з відхиленнями.

Література

1. Современные методы формирования графических изображений при автоматизированном проектировании одежды / Кривобородова Е.Ю., Коблякова Е.Б. и др // Швейная промышленность. – 2000. – № 5. – С.46-47.
2. Проектирование внешнего вида изделий в САПР "Ассоль" / Андреева М.В., Холина Т.Ю., Андреева К.Г., Немцева О.А., Чижик О.Н // Швейная промышленность. – 2001. – № 5. – С.36 – 41.
3. Сиротенко О.П., Славінська А.Л. Особливості застосування методу гармонізації композиційних рішень жіночого плечового одягу на етапах ескізного проектування // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, том 1. – 2007. – № 6 – С.50-54
4. Никитюк Б.А. Чтецов В.П. Морфология человека. – М.: Изд-во МГУ – 1990. – 344с.
5. Янчевская Е.А. Конструирование женской легкой одежды. – М.: Легкая и пищ. пром., 1983. – 128с.
6. Шершнева Л.П. Конструирование женских легких платьев. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 256с.
7. Сиротенко О.П. Удосконалення методу гармонізації конструктивно-композиційних рішень жіночого легкого одягу. Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04 / ХНУ. – Хм., 2005. – 145 с.

Надійшла 7.11.2008 р.

УДК 687.016.5:658.512

С.Г. КУЛЕШОВА

Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ХУДОЖНЬОГО ПРОЕКТУВАННЯ КОЛЕКЦІЇ МОДЕЛЕЙ З НАТУРАЛЬНОЇ ШКІРИ В СТИЛІ ПЕЧВОРК

Стаття присвячена проектуванню швейних виробів з натуральної шкіри в стилі печворк в автоматизованому режимі. Розроблено рекомендації для зміни геометричних параметрів модулів клаптевої мозаїки при проектуванні колекції одягу в стилі печворк. Розроблено алгоритм графічної реалізації художньо-конструктивних рішень моделей колекції одягу в стилі печворк і алгоритм узгодження предметів колекції між собою по кольору, візерунку модулів, фактурі тканини, розміру і стилю.

Постановка проблеми

Останнім часом йде інтенсивний пошук додаткових джерел ресурсів і натуральної сировини для виготовлення якісних та конкурентоспроможних швейних виробів. Товари легкої промисловості, які виробляють вітчизняні підприємства, піддають жорсткому санітарно-гігієнічному контролю, в тому числі щодо складу сировини, застосування хімічних матеріалів, барвників, оздоблювальних матеріалів тощо [1, 2]. Тому, доцільно скористатися досвідом минулих поколінь стосовно розробки сучасних методів безвідходних технологій.

Зберігання зв'язку з найкращими традиціями минулого, а також модне направлення декоративно-прикладного мистецтва з використанням тканин «печворк» ще називають клаптевою технікою.

Ів Сен-Лоран, модельєр гарних і заможних, в кінці 60-х років ХХ сторіччя – з початком епохи хіпі – вперше ввів в моду клаптеві тканини. Тканини з різними малюнками з'єднувалися в художні полотна і створювали новий стиль в моді. Шматочки тканини, шкіри, замши різноманітних форм дозволяють дизайнерам моделювати і створювати оригінальні ефекти.

Необхідність розширення асортименту одягу, забезпечення високої динаміки змінюваності моделей, збільшення об'ємів та складності конструкторської проробки, урахування різноманітності чинників, які визначають ефективність виробництва та збуту продукції зумовили значне ускладнення процесу художнього проектування одягу. При цьому, виконання більшості проектних операцій повинно бути автоматизованим, як того вимагають умови конкуренції на світовому ринку.

Таким чином, наявність потужної технічної бази, вимоги споживчого ринку, необхідність зниження матеріальних витрат ставлять актуальну задачу по формалізації робіт творчого характеру при проектуванні колекції моделей з натуральної шкіри в стилі печворк.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Модне направлення декоративно-прикладного мистецтва з використанням тканин і шкіри «печворк» ще називають клаптевою технікою [3].

Клаптева техніка розвивається у двох напрямках з різними технологіями виконання:

1. Клаптева мозаїка – створення єдиного клаптевого полотна зі шматочків тканин без видимих швів на його лицьовій поверхні.

2. Аплікація – нашивання контрастних клаптиків на тканину одного тону.

В виробках, які виконують в традиційній манері клаптевої техніки, поєднуються обидва технологічних напрямки. При цьому клаптева мозаїка превалує.

Клаптева мозаїка і аплікація відомі дуже давно. Їх застосовували разом з іншими технологіями шиття, коли створювали одяг і предмети інтер'єру з тканини [4].

Результати проаналізованих робіт [3-7] свідчать про можливість використання технології виготовлення клаптевих полотен, для того, щоб створювати сучасні по формі і застосуванню швейні вироби.

Проведений аналіз показує, що в клаптевій техніці є свої особливості і закони, яких необхідно дотримуватися не тільки при проектуванні виробів, а також при формалізації та комп'ютерному моделюванні цього процесу.

Робота по створенню колекції одягу «Клаптевий калейдоскоп» в клаптевій техніці в автоматизованому режимі складається з наступних етапів:

1. Побудова геометричної композиції клаптевих виробів.
2. Розробка орнаментів-модулів.
3. Побудова кольорової композиції модулів і виробів в цілому.
4. Розробка технології текстуризації виробів колекції.

Метою даного дослідження є розробка методики і алгоритмів автоматизованого проектування виробів в стилі печворк з натуральної шкіри.

Для досягнення поставленої мети у процесі досліджень розв'язувались наступні основні взаємопов'язані задачі:

- вивчення побудови орнаментів і створення каталогу традиційних візерунків клаптевої мозаїки;
- розробка колекції моделей одягу з використанням комбінаторних методів формоутворення і методу модульного проектування;
- систематизація використання графічного редактору GIMP, прикладаючи його до художньої проробки моделей одягу.

Виклад основного матеріалу

Перший етап проектування колекції в стилі печворк полягає в розробці ахроматичної графічної реалізації художньо-конструктивних рішень моделей:

1. Побудова геометричної композиції клаптевих виробів.
2. Розробка орнаментів-модулів.

Проаналізувавши різні літературні джерела та дослідивши схеми побудови мозаїчних орнаментів можна зробити висновки, що традиційні візерунки клаптевої мозаїки систематизуються наступним чином:

- візерунки з використанням смужок,
- візерунки з квадратів та прямокутних трикутників;
- візерунки, які виконуються по радіальній сітці;
- візерунки, які виконуються по технології подолання тупого кута;
- візерунки з колоподібних деталей;
- візерунки, які виконуються по зміненим сіткам;
- об'ємні клаптеві елементи.

Але необхідно пам'ятати, що полотно, яке виконано по технології клаптевої мозаїки, дуже декоративно і визначає рішення всього костюма в цілому. Тому рекомендується при проектуванні колекції одягу «Клаптевий калейдоскоп» в клаптевій техніці в автоматизованому режимі застосовувати прості, а також видозмінені сітки з візерунками з квадратів та прямокутних трикутників, а також візерунки, які виконуються по радіальній сітці, таблиця 1.

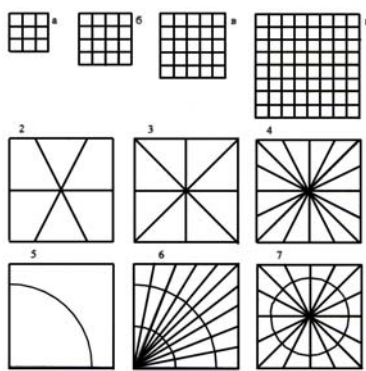
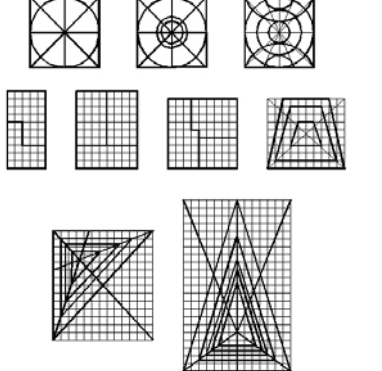
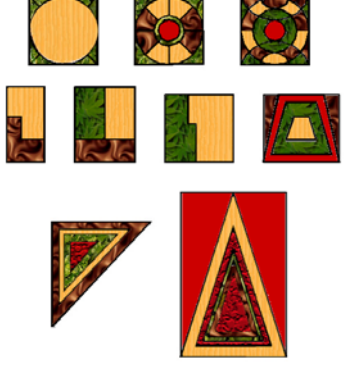
Головна умова для створення гармонійного, гарного клаптевого виробу – ретельний попередній відбір клаптиків по кольору і візерункам.

Головна умова виготовлення мозаїчних візерунків хорошої якості – акуратність і абсолютна точність при виконанні усіх технологій клаптевої мозаїки.

Похибка може бути допущена вже на стадії викроювання деталей візерунку, тому необхідно щоб усі однотипні деталі були однакові по розміру. Для цього необхідно застосовувати спеціальні **шаблони**, або **модулі**.

Отже на основі структурно-порівняльного аналізу дослідження традиційних візерунків клаптевої мозаїки, теорії основ творчості, законів, методів та засобів композиції костюма, та з точки зору ефективності і універсальності, найбільш перспективним є процес комбінаторного синтезу графічного зображення об'єкта проектування за рахунок взаємозамінності та поєднання базових компонентів – модулів. Такими модулями при проектуванні колекції одягу «Клаптевий калейдоскоп» в автоматизованому режимі є прості геометричні фігури, які в комп'ютерній графіці називають примітивами, а саме – коло, овал, квадрат, трикутник, прямокутник, багатокутник.

Поетапна розробка орнаментів – модулів колекції одягу в стилі печворк

		
<p>1-й етап: сітки, які рекомендується використовувати для побудови виробів в стилі печворк:</p> <p>1 – прості прямокутні сітки: а – 3x3; б – 4x4; в – 5x5; г – 7x7</p> <p>2 – сітка шестикутників і шестикінцевих зірок;</p> <p>3 – радіальна сітка;</p> <p>4 – сітка вісьмикінцевих зірок;</p> <p>5 – сітка чверті кола;</p> <p>6 – сітка для візерунку «Віяло»</p> <p>7 – сітка для візерунку «Розетка»</p>	<p>2-й етап: сітки, які розроблено видозмінням, для побудови колекції в стилі печворк:</p> <p>а) радіальні сітки;</p> <p>б) прості прямокутні сітки: 5x10, 9x9, 8x10, 13x14, 13x22;</p> <p>в) видозміна основної радіальної сітки методом зсуву верхньої частини до лінії середини</p>	<p>3-й етап: графічні модулі для розробки хроматичних ескізів колекції в стилі печворк в автоматизованому режимі</p>

Комбінаторні методи є основними методами проектування з застосуванням комбінування. До них відносяться: комбінаторика, трансформація, кінетизм.

Комбінаторика – метод формування в дизайні, що базується на пошуку, дослідженні і застосуванні закономірностей варіантного вимірювання просторових, конструктивних, функціональних і графічних структур, а також на засобах проектування об'єктів дизайну і типізованих елементів [25].

Комбінаторика – це варіантний пошук, який поділяється на такі прийоми:

1. Комбінування елементів на площині при створенні текстильних композицій, рапортних тканин чи трикотажних полотен.

2. Комбінування типізованих стандартних елементів (модулів) при створенні цілісної форми.

3. Комбінування деталей, пропорційних членувань всередині визначеної форми.

4. Комп'ютерний пошук готових варіантів організації готових комплексів.

Такими чином, ахроматичні ескізи колекції одягу побудовано прийомами комбінування модулів: перестановкою, групуванням, поворотом, організацією ритмів.

Як підсумок першого, «ахроматичного» етапу побудови колекції, розроблено алгоритм графічної реалізації художньо-конструктивних рішень моделей колекції одягу в стилі печворк, який наведено на рис. 1.

Функціонування кольору в системі проектування колекції в стилі печворк та розробка вимог до її колористики

Колір є одним з найважливіших засобів виразності художньої композиції. Він в багатьох випадках визначає образ виробу та сприйняття його форми.

Систематизація проблем колористичного проектування та визначення його специфіки дозволяє розробити вимоги до колористики виробу, що проектується, та згрупувати їх у відповідності з рівнями формування та сприйняття кольору [8-17].

Колір, як об'єкт дизайну, розглянуто у системі «культура – соціум – виробництво», рисунок 2.

На стику соціуму та культури вирішуються проблеми моди, на стику виробництва та культури – проблеми технології та технічного прогресу, на стику виробництва та соціуму – проблеми торгівлі.

Всі три комплекси проблем колористичного проектування взаємопов'язані та взаємообумовлені; вони однаково важливі, тобто неможливе розв'язання лише одного комплексу проблем проектування без врахування двох інших. В іншому випадку проектування кольору буде позбавлено системної цілісності та повноти.

Ми бачимо, що сучасний період в розвитку науки про колір характеризується розвитком узагальнюючої теорії, удосконаленням колориметрії, систематизацією кольорів, а також накопиченням значного досвіду в галузі кольорового оформлення одягу. Це створює можливість науково обґрунтованого, цілеспрямованого застосування кольору в автоматизованому художньому проектуванні моделей одягу.

Комплексна реалізація проблем автоматизації колористичного проектування одягу дозволяє забезпечити єдність різних сторін проекту, зберегти багатозначність кольору, а також відобразити складність та

специфіку діяльності колориста-дизайнера.



Рис. 1. Алгоритм графічної реалізації художньо – конструктивних рішень моделей колекції одягу в стилі печворк

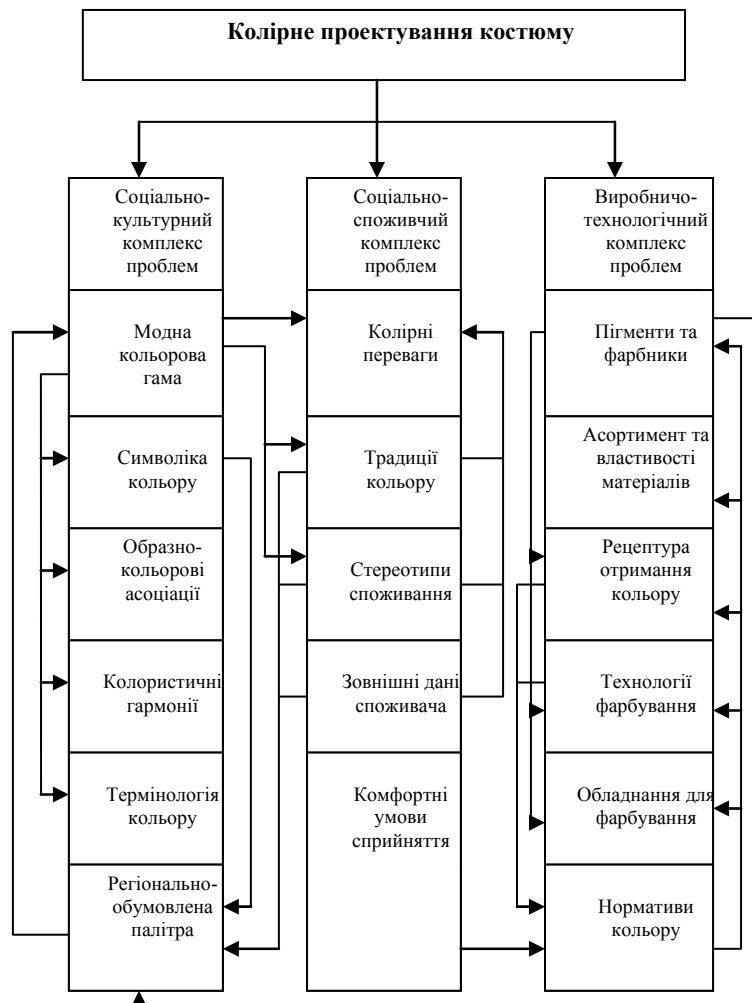


Рис. 2. Три комплекси проблем у системі колористичного проектування одягу

Можна зробити висновок, що другий етап проектування колекції в стилі печворк полягає в розробці кольорової реалізації художньо-конструктивних рішень моделей, а саме в побудові кольорової композиції модулів і виробів в цілому.

На цьому етапі виконано пошукове ескізування, розробку колористичних зразків та базового кольорового розв'язання колекції, а також виявлення відповідності пошукових ескізів основній ідеї колекції у відповідності до гармонії кольорів.

Ці дані служать достатньою інформацією для розробки алгоритму узгодження предметів колекції між собою по кольору, візерунку модулів, фактурі тканини, розміру і стилю, який наведено на рис. 3.

Систематизація використання графічного редактору GIMP, прикладаючи його до художньої проробки моделей одягу

Для художнього оформлення зображення пропонується використовувати програму GIMP. Ця програма є найпопулярнішою серед редакторів растрової графіки, найдосконалішою і зручною. Широкі функціональні можливості, підтримка різних графічних форматів і часте використання роблять її найпоширенішим редактором графічних файлів.

Половину функціональних можливостей програми становлять інструменти малювання, які представляють для нас інтерес, як засоби художнього оформлення зображень. Ці інструменти нагадують звичні для будь-якого художника інструменти, але робота з ними досить відрізняється від роботи вручну, тому вимагає певних навичок, як теоретичних, так і практичних [18, 19].

Для роботи над ескізами колекції всю графічну інформацію поділено на два класи, залежно від виду костюмного ескізу:

- геометричну, яка характеризує просторові (площинні) властивості об'єкта проектування і його

компонентів. В основі геометричної інформації в програмі GIMP полягає лінія (контур) для створення форм-ескізу;

- колористичну, в основі якої лежить поверхня, пляма. Стосовно до виробів колекції, колористична інформація описує колір, фактуру, декор шкіри.

Для реалістичного зображення рішень моделей колекції одягу «Клаптевий калейдоскоп» необхідні досить широкі знання можливостей комп'ютерних відображень текстурних поверхонь.

В комп'ютерній графіці словом «текстура» найчастіше означають всілякі імітації реальних поверхонь – шкіри, мармуру, дерева, цеглин і т.п. – які частіше використовуються для фонового заповнення. Але ці матеріальні текстири представляють собою лише один з класів текстур, достатньо вузький за своїм застосуванням.

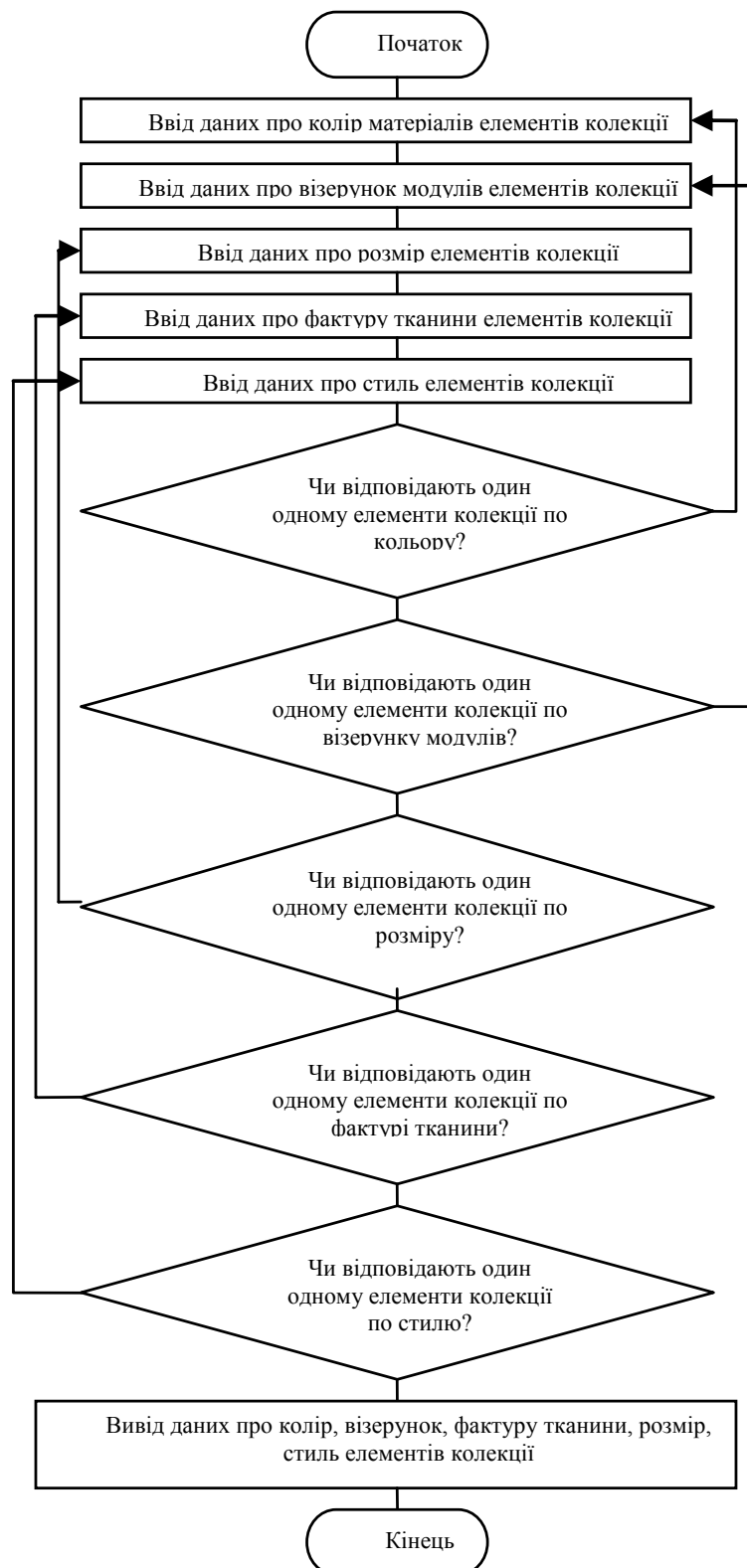


Рис. 3. Алгоритм узгодження предметів колекції між собою по кольору, візерунку модулів, фактурі тканини, розміру і стилю

Оскільки роздільна здатність комп'ютерного екрана значно менша роздільної здатності будь-якого пристрою для друку, екранні текстури не можуть мати таку ж тонку структуру, як ті, які можливо відтворити на папері. Однак самовипромінююча природа комп'ютерного екрана, його більш широкий кольоровий обсяг і специфічна піксельна поверхня дозволяють реалізувати багато цікавих ефектів. З технічної точки зору цей аспект напряму пов'язаний з глибиною кольору – чим складніша текстура, тим більше необхідно кольорів для її адекватної передачі [18].

Робота над ескізами колекції в автоматизованому режимі складається з формування кольорового і фактурного рішення моделей. Внутрішня поверхня замкнутого контуру може заливатися кольором, а потім накладається малюнок і фактура тканини, також можливо одразу відобразити фактурний малюнок, попередньо відредагувавши його за колористичними даними.

Таким чином, для адекватної інтерпретації ескізів моделей колекції одягу «Клаптевий калейдоскоп» засобами комп'ютерної графіки в графічному середовищі растрової графіки GIMP рекомендується використовувати наступний програмний набір інструментів:

- інструменти для створення форми моделі;
- інструменти для створення і редагування малюнків тканини і натуральної шкіри;
- інструменти для підбору кольорів і текстур (відповідні палітри та каталоги);
- інструменти для накладання текстури на технічний ескіз моделі.

Висновки

Розробка засобів автоматизованого художнього проектування колекції моделей з натуральної шкіри в стилі печворк покликана автоматизувати художній етап проектування одягу, що дозволяє прискорити процес виробництва нових, модних, відповідаючих найсучаснішим вимогам виробів, зменшити при цьому ресурсні витрати і підняти відносини з споживачем на якісно новий рівень.

Формалізація будь-яких видів робіт припускає розв'язання, як мінімум, наступних задач: використання єдиної термінології, стиснення початкової інформації без втрати її інформативності.

Отже, метою наукового дослідження є автоматизація 1-го і 3-го етапів робіт творчого характеру, а саме – розробка ескізу моделі і створення найліпшого для споживача варіанту фасону виробу. Програмний продукт GIMP це також набір графічних інструментів, які дозволяють повністю автоматизувати етап ескізного проектування моделей одягу і оптимізувати його з точки зору затрат часу і інших ресурсів.

Ця програма для дизайну одягу. Вона працює з ескізами, технічними малюнками і текстурами матеріалів. Дозволяє створювати бібліотеки моделей і матеріалів, на їх основі розробляти віртуальні колекції одягу. За допомогою інструментів програми вибрана текстура накладається на модель, що дозволяє, не виконуючи пошив, миттєво визначити, як виглядає та чи інша модель в вибраному кольоровому і стилістичному вигляді.

Література

1. Мумров В.М. Про стан легкої промисловості України в 2007 р // Легка промисловість. – 2007. – № 4. – С. 5 – 8.
2. Васильєв М.О. Відходи у прибуток чи прибуток у відходи? // Легка промисловість. – 2008. – № 1. – С. 7 – 9.
3. Муханова И.Ю. Лоскутное шитье // Мозаика и аппликация, традиционные и современные узоры. – М.: ЗАО «МИЧ», 1998. – 156 с.
4. Максимова М.В., Кузьмина М.А. Лоскутики. Заботы маленькой хозяйки. – М.: ЗАО «Издательство «Ексмо – Пресс»», 1998. – 256 с.
5. Куллер Д.М. Лоскутное шитье. Покрывала, подушки, мелочи для кухни: Пер. с англ. Ю.К. Рыбаковой. – М.: ООО «ТД «Издательство Мир книги», 2006. – 112 с.
6. Гильман Р.А. Иголлка и нитка в умелых руках. – М.: ЗАО «Издательство «Ексмо – Пресс»», 2005. – 278 с.
7. Скоблова Ю.В. Пэчворк – лоскутное богатство // Ателье. – 2004. – № 4 – С. 26 – 31.
8. Основы теории проектирования костюма / Под ред. Т.В. Козловой. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 352 с.
9. Козлова Т.В. Цвет в костюме. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 56с.
10. Бердник Т.О. Основы художественного проектирования костюма и эскизной графики. (Сер. «Учебники XXI века»). – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 320с.
11. Миннарт М. Свет и цвет в природе. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 89с.
12. Драгунский В.В. Цветовой личностный тест: Практическое пособие. – М.: АСТ, Мн.: Харвест, 2003. – 145 с.
13. Алешина Л.С. Технология создания адресной модной цветовой гамы // Текстильная промышленность. – 2002. – № 10. – С. 14 – 15.
14. Жученкова С.Н. Системный подход к цветовому проектированию костюма: Конспект лекций. М., РИО МГТА, 1999. – 21 с.
15. Мищенко С.С., Василевич А.П., Жученкова С.Н. Модная цветовая гамма: опыт создания и апробации // Швейная промышленность. – 1998. – № 2. – С. 30 -31.

16. Устинов А.Г. Цветовая форма. Вопросы семантики // Техническая эстетика. – 1988. – № 12. – С. 15-16.
17. Ершов А.П., Хархаров А.А.. Цвет и его применение в текстильной промышленности. – Л.: Изд-во ленинградского университета, 1974. – 345 с.
18. Кирсанов Д.А. Веб-дизайн. – СПб.: Символ – Плюс, 1999. – 376 с.
19. Бурлаков М. Самоучитель по компьютерной графике. – К.: Издательская группа BHV, 2000. – 640 с.

Надійшла 4.11.2008 р.

УДК 687.016.5

К.І. БОНДАР, Н.В. МАЗУР
Хмельницький національний університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОЛОВІЧИХ ПІДЖАКІВ

У статті виконано аналіз технології виготовлення чоловічих піджаків, яку використовують вітчизняні швейні підприємства за замовленням зарубіжних фірм. Запропоновано технологічну документацію на виготовлення виробів даного асортименту на основі використання різноманітних технологічних рішень і обладнання.

Постановка проблеми

Сучасна мода пропонує новий класичний одяг, який набагато зручніший і практичні ший попереднього, інакше він просто не зацікавив би чоловіків, які високо цінують в одязі комфорт та функціональність. Як і в минулі роки, так і на сьогоднішній день важливе місце в чоловічому гардеробі займає піджак.

Відомо, що сучасний ринок пропонує для виготовлення чоловічих піджаків великий асортимент матеріалів, який значно розширився та оновився за рахунок випуску тканин верху з новими властивостями і прокладкових матеріалів провідних фірм, що відрізняються структурою та дисперсністю клейового покриття. Саме це потребує вивчення поведінки матеріалів під впливом різних факторів, вибору режимів обробки та внесення змін в технологію виготовлення деталей, вузлів та швейного виробу в цілому [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Провідні фірми світу, які спеціалізуються на випуску швейного обладнання, постійно оновлюють парк своїх машин. Вони пропонують великий вибір устаткування, яке розроблене з урахуванням технологічних вимог сучасного швейного виробництва і сприяє підвищенню продуктивності праці та поліпшенню якості виробів. Останнім часом велике розповсюдження знаходять мікропроцесори, які значно спрощують виконання технологічних операцій. Це потребує розробки нових технологій та впровадження їх в процес виготовлення чоловічих піджаків [3, 4].

Основою будь-якого процесу виготовлення швейного виробу є технологічна документація, на використанні якої базується забезпечення випуску якісного конкурентоспроможного одягу.

Встановлено, що існуюча нормативно-технічна документація на виготовлення чоловічих піджаків не може бути застосована в сучасному швейному виробництві, тому що не повністю відповідає його вимогам. Вона відображає процес виготовлення тільки однієї конкретної моделі з використанням одного варіанту обробки кожного із вузлів та виробу в цілому. Крім того вона містить застарілі технології обробки та швейне обладнання [5].

Документація, яку надають іноземні фірми для забезпечення процесу виготовлення чоловічих піджаків на підприємствах України, не містить технологічної послідовності обробки виробів, що пошиваються за замовленням.

Мета досліджень

Тому мета даної роботи передбачає вдосконалення структури технологічної документації на виготовлення чоловічих піджаків.

Виклад основного матеріалу

На першому етапі роботи з метою вивчення сучасного стану технології обробки чоловічих піджаків виконано аналіз варіантів, що застосовуються вітчизняними підприємствами, які останнім часом працюють в основному за технологіями зарубіжних фірм. Найбільш відомими із них є німецькі фірми "Пфафф" і "Кірстен", які розробляють процеси виготовлення чоловічих піджаків, впроваджуючи різноманітні технологічні рішення основних складальних одиниць на основі використання сучасного обладнання.

В результаті вивчення конструктивних особливостей, які характерні для сучасних моделей чоловічого піджака, було встановлено, що актуальними залишаються такі елементи, як кишені.

Однією із кишень, яка використовується практично у всіх піджаках, є верхня прорізна кишеня з листочкою. За технологією, яку застосовує фірма "Пфафф", обробка листочки полягає в наступному. Листочку з попередньо запрасованими бічними зрізами дублюють і запрасовують по довжині.

Фірма "Кірстен" навпаки пропонує спочатку продублювати листочку, а потім запрасувати її бічні зрізи.

Особливість обробки кишені з такою конструкцією листочки полягає в тому, що листочку пришивають до пілочки, відгинаючи підлисточку. Другою строчкою пришивають підзор з підкладкою до основної деталі. Розрізання входу в кишеню здійснюється вручну.

Більш вдосконалений варіант обробки такої кишені передбачає використання напівавтомату, наприклад 745-28Д кл. фірми "Дюркопп – Адлер". При цьому пришивання листочки і підзору, а також розрізання входу в кишеню виконуються за один прийом. Листочка повинна бути оброблена повністю, тобто її бічні зрізи шиті або зафіксовані за допомогою клейової павутинки.

Серед бічних прорізних кишеней найбільш поширеними в сучасних піджаках, як і в минулі роки, являються кишені з клапанами і двома обшивками. При обробці даної кишені фірма "Пфафф" пропонує використовувати напівавтомат 3542-24/45 кл., який дозволяє одночасно пришити до пілочки клапан, обшивку і нижню частину підкладки кишені та розрізати вхід в кишеню.

На відміну від вище запропонованої технології, фірма "Кірстен" не використовує підзор із підкладкової тканини. Крім того вона повністю реалізує можливості напівавтомату 745-5-21 кл. фірми "Дюркопп – Адлер", а саме: одночасно з розрізанням входу в кишеню надсікаються кутики.

При виготовленні чоловічих піджаків велику увагу приділяють обробці бортів, тому що від їх якості залежить зовнішній вигляд виробу в цілому.

Обшивання пілочок підбортами за технологією фірми "Кірстен" виконується на універсальних машинах з механізмом ножів, що підрізають обидва припуски шва однакової ширини.

Фірма "Пфафф" пропонує для обшивання бортів використовувати спеціальну машину 3822-1/24 кл. з посадкою одного шару матеріалів на відповідних ділянках та одночасним ступінчастим підрізанням припусків шва.

Закріплення краю бортів обидві фірми здійснюють за допомогою клейової павутинки, яку прокладають з боку одного із припусків шва одночасно з їх розпрасовуванням. Для більшої фіксації фірма "Кірстен" використовує додатково термоклейову стрічку, яку з'єднують з пілочками на відстані 5 см від шва обшивання на машинах потайного стібка.

Крім клейової технології припуски шва обшивання можуть бути закріплені за класичним варіантом на універсальній машині.

Одним із вузлів, що завершує оформлення верхньої частини піджака, являється комір, який за конструкцією частіше відкладний з лацканами.

Методи і послідовність обробки цього вузла залежать від їх конструкції, моделі виробу, матеріалів, що застосовуються, та способів з'єднання деталей. Верхній комір в чоловічих піджаках передбачають в основному з відрізною стійкою. Використання клейової павутинки дозволяє закріпити не тільки припуски шва з'єднання цих деталей, але і додатково нижній комір з верхнім по лінії регину стійки.

Фірма "Пфафф" пропонує кінці нижнього коміра із нетканого матеріалу типу "фільтр" настручувати на додаткові деталі із підкладкової тканини, які попередньо продубльовані.

З'єднання нижнього коміра з верхнім по відльоту виконується в основному накладним швом з відкритими зрізами з одночасним підкладанням клейової павутинки.

Обробка кінців коміра виконується фірмами по-різному, але частіше обшивним швом. Фірма "Пфафф" на відміну від інших пропонує при цьому строчку прокладати не по нижньому коміру, а по додаткових деталях. Це забезпечує в подальшому потоншення кінців коміра в готовому виробі.

На основі проведеного аналізу встановлено, що на швейних підприємствах використовують різні варіанти обробки та обладнання при виготовленні одних і тих же вузлів чоловічого піджака.

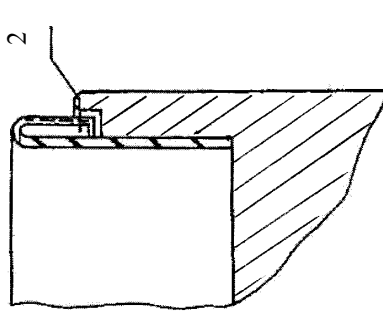
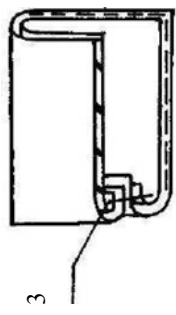
На наступному етапі було розроблено технологічну документацію на виготовлення чоловічих піджаків, яка містить текстову, графічну та нормативну інформацію. Текстова інформація представлена переліком неподільних операцій, які відображають різноманітні технологічні рішення складальних одиниць, різним за призначенням обладнанням та видами робіт; нормативна – затратами часу та технічними умовами на виконання кожної неподільної операції і технологічними параметрами швів (частотою строчки і шириною шва). Графічна інформація відображає ескізи неподільних операцій у вигляді складальних схем.

Фрагмент технологічної документації, в якому розглядається один із етапів процесу виготовлення чоловічих піджаків: "Обробка листочки" подається в таблиці 1. Він наглядно відображає різні варіанти заготовки листочки на основі використання машинної і клейової технологій.

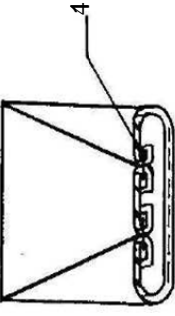
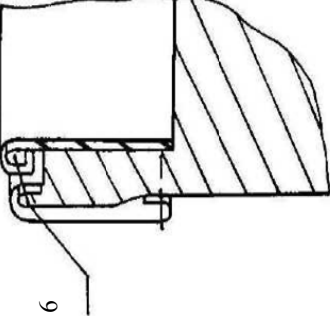
Таким чином, запропонована технологічна документація на виготовлення чоловічих піджаків дозволяє вдосконалити процес обробки виробів на етапі впровадження та виробництва нових моделей завдяки наявності необхідної інформації, режимів та технічних умов обробки деталей та вузлів.

Таблиця 1

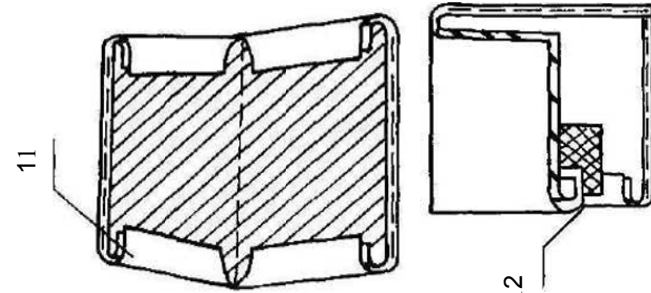
Фрагмент технологічної документації на виготовлення чоловічих піджаків

Ескіз операції	Но- мер опе- рації	Назва неподільної операції	Фах	Роз- ряд	Загра- ти часу,с	К-сть стіб- ків в 10 мм	Ши- рина шва, мм	Технічні умови виконання операції	Обладнання (клас, фірма - виробник)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обробка листочки									
	1	Підігнати малюнок тканини на листочки, нанести крейдяні лінії, обрізати нерівності	Р	1	20	-	-	Накладають листочку на пілочку, суміщуючи малюнок тканини. Контури деталі листочки наносять по лекалу, нерівності обрізають по намічених лініях	Крейда, лекало
	2	Пришити до верхнього зрізу листочки підлисточку, яка суцільновикроєна з підкладкою кишені	М	3	20	4-5	5-7	Підлисточку пришивають до листочки, урівнюючи зрізи	5489-814/01-748/56 “Пфафф” 272-140442 “Дюркопп-Адлер” АЕС-112 “Джукі”
	3	Обшити бічні сторони листочки	М	3	38	4-5	4-5	Листочку складають лицевою стороною всередину	5489-814/01-748/56 “Пфафф” 272-140442 “Дюркопп-Адлер” АЕС-112 “Джукі”
									

Продовження табл. 1

 	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	Зшити бічні сторони листочки	М	3	40	4-5	4-5	Листочку перегинають вдвоє по ширині, випускаючи на 15-20 мм нижній край зовнішньої сторони листочки	5489-814/01-748/56 "Тфафф" 272-140442 "Дюркопп-Адлер" АЕС-112 "Джукі"
	5	Пдрізати залишки тканини в кутиках листочки	Р	1	15	-	-	Припуски шва в кутах листочки пдрізають, залишаючи припуск 2-3 мм	Ножиці
	6	Обшити листочку по верхньому зрізу підлисточкою, яка настрочена на підкладку кишени	М	2	13	4-5	4-5	Листочку обшивають підлисточкою з настрочуваною підкладкою, урівнюючи верхні зрізи листочки	5489-814/01-748/56 "Тфафф" 272-140442 "Дюркопп-Адлер" АЕС-112 "Джукі"
	7	Вісікти листочку, підлисточку і підкладку по верхньому краю і кутиках листочки	Р	1	10	-	-	Припуски шва по верхньому краю листочки пдрізають, залишаючи припуск 5-7 мм, в кутах залишаючи припуск 2-3 мм	Ножиці
	8	Вивернути листочки на лицеву сторону, виправити кутики	Р	1	18	-	-	Листочку вивертають на лице, виправляючи кути листочки	Спеціальний кілок
	9	Приprasувати листочку з виправленням канту по бічних сторонах	П	3	37	-	-	Листочку приprasовують з лицевої сторони	НД 2000 "Вайт" FR-105+СДР-420 "Наомото"

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	10	Приprasувати листочку за допомогою шаблону	П	3	20	-	-	Листочку приprasовують з лицевої сторони, вставляючи шаблон	НД 2000 "Вайт" FR-105+CDP-420 "Наомото"
	11	Заprasувати бічні зрізи листочки, яка суцільновикресна з підлисточкою	П	3	26	-	-	Зріз листочки заprasовують по шаблону	НД 2000 "Вайт" FR-105+CDP-420 "Наомото"
	12	Заprasувати листочку, зафіксувати заprasовані бічні зрізи	П	3	18	-	-	Бічні сторони фіксують за допомогою клейової павутинки	НД 2000 "Вайт" FR-105+CDP-420
	13	Заprasувати листочку, зігнувши її навпіл	П	3	10	-	-	-	НД 2000 "Вайт"
	14	Нанести на листочці лінійно пришивання її до пілочки	Р	2	16	-	-	Лінійно пришивання наносять за допомогою лекала	Лекало, крейда

Література

1. Бондар К.І., Степанова Л.С., Мазур Н.В. Оптимізація режимів процесу дублювання при виготовленні

- чоловічих піджаків // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки. – 2003. – № 1. – Ч.1. – С.59-62.
2. Азбука подбора прикладных материалов для дублирования тканей. Рекомендации фирмы "Хензель Текстиль" (Германия). – 2002. – 16 с.
3. И.Ю.Эскин. Выставка УМВ-2006 // Швейная промышленность. – 2006. – № 4. – С. 31-34.
4. Бондар К.І., Терещенко Т.Д., Дубач В.С. Довідник швейного обладнання провідних фірм: Навчальний посібник. – Хмельницький: ХНУ, 2006. – 162 с.
5. Типовая техническая документация по конструированию, технологии изготовления, организации производства и труда, основным и прикладным материалам, применяемым при изготовлении мужских костюмов. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1983. – 183 с.

Надійшла 7.11.2008 р.

УДК 677.024.07.017

А.М. СЛІЗКОВ, В.Ю. ЩЕРБАНЬ, С.М. КРАСНИЦЬКИЙ
Київський національний університет технологій та дизайну

СТОХАСТИЧНІ ЗАДАЧІ В ДОСЛІДЖЕНІ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В статті розглядаються питання, які пов'язані із застосуванням деяких стохастичних задач в дослідженні зміни властивостей текстильних матеріалів з подальшою можливістю прогнозувати такі зміни.

Практично на всіх етапах людської діяльності, яка пов'язана із створенням або експлуатацією промислових виробів доводиться мати справу з явищем змінювання їх властивостей, які використовуються для одержання певних результатів зазначеної діяльності або самі являються результатами такої діяльності.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктами дослідження є властивості текстильних матеріалів, математичні методи зміни та перетворення властивостей текстильних матеріалів в процесі їх функціонування.

Постановка завдання.

Нехай деякий процес призначений спеціально для створення певного текстильного матеріалу. Такий процес є послідовністю тих чи інших дій, що застосовуються до початкових (вихідних) матеріалів. На різних етапах такого процесу мають місце належні перетворення властивостей певних матеріалів, що й приводить до створення потрібного виробу. Процес експлуатації текстильних виробів супроводжується їх зношуванням, що означає направлену зміну тих їх властивостей, які характеризують їх придатність для подальшої експлуатації. Однією з важливих задач прогнозування властивостей текстильних матеріалів є визначення часу, за який властивості виробу (устаткування) досягнуть заданої (потрібної) множини станів. При цьому процес зміни властивостей (надалі ПЗВ) текстильних матеріалів часто має характерні риси стохастичного (імовірнісного, випадкового) процесу [2-4].

Результати та їх обговорення.

При побудові математичних моделей ПЗВ буває доцільно виділяти той процес, вплив якого спричиняє зміну властивостей (надалі ЗВ) текстильного матеріалу. Зокрема, таким процесом є виробничий процес, у рамках якого і створюється текстильний виріб. При аналізі конкретних варіантів буває необхідним давати схематичний або навіть детальний опис цього процесу, з аналізом його фізичної сутності.

В інших випадках, коли для опису ситуації застосовуються ті чи інші математичні моделі, процес, який впливає на ЗВ, може зображатися математичною моделлю, що носить феноменологічний характер і свідомо ігнорує реальні деталі того, що має місце у дійсності. Прикладом тут може бути модель удару, що використовується при дослідженні процесів накопичення пошкоджень [1], де процес, що спричиняє пошкодження, моделюється імовірнісною схемою Бернуллі.

Визначимо, що процес, який спричиняє ЗВ текстильного матеріалу або визначає його хід, буде називатися процесом впливу (надалі ПВ). В подальшому подекуди використовується термін «рівень властивостей», який є неформальним, але який повинен чітко визначатися у конкретних випадках. Наприклад, це може бути значення лінійної густини волокнистого продукту, процентний вміст складових у суміші, ступінь зносу зразків з текстильних матеріалів тощо. Конкретні значення «рівня властивостей», будуть називатися *станами* ПЗВ. Сукупність станів ПЗВ буде називатися його *фазовим простором*.

Виділимо два важливі типи задач ПЗВ, маючи на увазі, що зазначені процеси розвиваються, змінюючи з часом своє положення у фазовому просторі.

У задачах, які умовно назвемо задачами першого типу, вважається, що час, в який спостерігається ПЗВ, не є заздалегідь обмеженим. При цьому фіксується деяка множина станів і вивчається час досягнення вказаної множини процесом ЗВ. В задачах цього типу загальний час спостереження ПЗВ не є фіксованим.

В задачах другого типу, навпаки, процес спостерігається на часовому проміжку фіксованої довжини або в фіксовані моменти часу. Вивчається питання про стани, в яких опиняється ПЗВ у кінцевий момент зазначеного часового проміжку або у вказані моменти часу. В обох випадках вважається відомим початковий

стан процесу ЗВ, а сам час може бути дискретним або неперервним. В задачах цього типу загальний час спостереження ПЗВ є фіксованим.

До задач першого типу відносяться наступні. В процесі зміни властивостей інколи потрібно визначити час, за який властивості виробу (устаткування) досягнуть заданої (потрібної) множини станів. ПЗВ часто має характерні риси стохастичного (імовірнісного, випадкового) процесу [2-4]. У таких випадках має сенс поставити більш загальну задачу. Ця задача полягає у визначенні середньої величини часу, за який ПЗВ досягає заданої множини станів. При цьому мова може йти про зразок матеріалу, який знаходиться під впливом циклічних навантажень доти, доки не трапиться його руйнування. І тоді знаходять середнє значення кількості циклів навантажень до руйнування зразка.

Інколи, при визначенні доцільного набору імовірнісних характеристик часу досягнення заданої множини станів даним ПЗВ, можна ставити задачу про знаходження не тільки середнього значення кількості циклів навантажень до руйнування, як в попередній задачі, а й про визначення дисперсії цієї величини, моментів різних порядків, квантилів та оцінки функції її розподілу.

Наведемо приклади задач другого типу. При заданому часовому інтервалі спостереження визначити стан, в якому опиниться ПЗВ в останній момент спостереження. Зауважимо, що ця задача включає в себе формально і більш загальну задачу про визначення стану процесу в довільний фіксований момент часу з заданого часового інтервалу спостереження (досить назвати момент часу, про який йде мова, «останнім» моментом спостереження). Врахування стохастичності ПЗВ у даному прикладі веде до дещо більш загальної постановки задачі.

Якщо в умовах попередньої задачі потрібно визначити довірчу множину для стану ПЗВ в останній момент спостереження (під довірчою множиною вважається така множина станів ПЗВ, в якій з заданою ймовірністю опиниться вказаний процес в останній момент спостережень).

Виділимо один частинний випадок попередніх задач. Розглянемо ПЗВ текстильних матеріалів, що перероблюються у певному виробничому процесі при створенні того чи іншого виробу. Задача полягає в з'ясуванні питання, які саме доцільні властивості буде мати остаточний продукт такого процесу. Важливим є розв'язання вказаного питання в термінах початкового стану ПЗВ y^0 , під яким розуміється стан вихідних матеріалів (мається на увазі значення достатньо повного набору характеристик якості зазначених матеріалів).

Якщо точне розв'язання сформульованого питання неможливе, то бажано дати відповідь на питання наступної задачі. В умовах попередньої задачі потрібно знайти довірчу множину стану ПЗВ в термінах вектора y^0 .

Дві останні задачі можуть бути узагальнені в тому напрямку, щоб визначити стан або довірчу множину станів кінцевого виробу в термінах не тільки початкового стану y^0 , а й вектору тих чи інших впливових факторів.

Наступні дві задачі є принципово важливими, хоча в реальних ситуаціях одержати їх точні розв'язки є досить проблематичним. Одна з них полягає в тому щоб знайти імовірнісний розподіл стану ПЗВ в останній момент спостереження.

Розв'язок другої задачі повністю характеризує імовірнісні аспекти поведінки ПЗВ. Для довільних фіксованих моментів часу t_1, \dots, t_n з інтервалу спостереження T знайти сумісний імовірнісний розподіл станів ПЗВ в моменти t_1, \dots, t_n .

Розглянемо приклад розв'язання задач другого типу за допомогою математичної моделі. Визначимо деякий виробничий процес, кінцевий продукт якого створюється за скінченну кількість N етапів. Течія і результати кожного k -го етапу процесу ($1 \leq k \leq N$) залежать від значення певного (взагалі кажучи, векторного) контрольованого параметру $x^k = (x_1^k, \dots, x_{n_k}^k)$, $1 \leq k \leq N$ (вектор виробничих умов етапу) і значенням вектора ознак (характеристик якості) продукту $y^{k-1} = (y_1^{k-1}, \dots, y_{m_{k-1}}^{k-1})$ ($1 < k \leq N$), які даний продукт набув на попередньому ($k-1$)-му етапі – «вхід» етапу. «Вихід» k -го етапу характеризується значенням вектора ознак $y^k = (y_1^k, \dots, y_{m_k}^k)$. Вектор y^0 характеризує початковий набір ознак текстильного матеріалу, з якого виготовлюється виріб. Цей вектор, як і вектори x^k , $1 \leq k \leq N$, вважаються відомими. За означенням, виробничий процес завершується задовільно, якщо вектор ознак y^N останнього N -го етапу належить заздалегідь визначеній підмножині евклідового простору R^{m_N} .

Дії кожного етапу виробничого процесу направлені на зміну в потрібному напрямі значення вектора ознак. З математичної точки зору це означає, що існують певні залежності, яким повинні задовольняти параметри процесу x^k і вектори ознак продукту y^j . З іншого боку, виробничим процесам притаманна певна стохастичність: відомо, що навіть при найбільшому можливому степені налагодженості виробництва буде існувати та або інша дисперсія параметрів властивостей продукту (координат вектору ознак) [2-4]. Останнє зауваження означає, що в математичні залежності, про які щойно йшла мова, повинні бути включені випадкові складові.

На практиці, щоб уникнути необґрунтованого ускладнення досліджень, часто припускають, що вказані залежності можливо представити у явному вигляді відносно змінних y^k :

$$\begin{aligned}
 y^1 &= f^1(x^1; y^0; \theta^1; \varepsilon^1), \\
 y^2 &= f^2(x^1, x^2; y^0, y^1; \theta^2; \varepsilon^2), \\
 &\dots\dots\dots \\
 y^k &= f^k(x^{k-q}, \dots, x^k; y^{k-r}, \dots, y^{k-1}; \theta^k; \varepsilon^k), \\
 &\dots\dots\dots \\
 y^N &= f^N(x^{N-q}, \dots, x^N; y^{N-r}, \dots, y^{N-1}; \theta^N; \varepsilon^N).
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де $f^k, k = 1, \dots, N$ – деякі функції; $\theta^k = (\theta_1^k, \dots, \theta_{l_k}^k)$ – параметри залежностей (на відміну від введених вище параметрів технологічного процесу); ε^k – випадкові складові.

Наявність у виразі f^k , крім змінних y^{k-1}, y^k, x^k , ще й деяких змінних з числа $\{y^j, j \leq k-2\}$ та $\{x^j, j \leq k-1\}$ пояснюється тим, що у загальному випадку апіорі неможливо виключити ситуацію залежності від так званих лагових змінних [5, 6]. Зрозуміло, що на базі математичної моделі (1), в принципі, можливо визначити довірчу множину для значення кінцевого вектора ознак y^N через значення векторів $x^{N-q}, \dots, x^N; y^{N-r}, \dots, y^{N-1}$.

Наприклад, нехай експериментальні данні дають змогу застосувати загальну лінійну модель регресійного аналізу [7, 8], так що кожному компоненту y_j^N вектора y^N можна представити у вигляді

$$y_j^N = (\theta^j)'z + \xi, \tag{2}$$

де вектор-стовпець z утворюється всіма скалярними компонентами векторів $x^{N-q}, \dots, x^N; y^{N-r}, \dots, y^{N-1}$; і, можливо, деякими функціями вказаних компонент; θ^j – вектор-стовпець коефіцієнтів; $'$ – знак транспонування; ξ – випадкова величина.

Надаючи у достатньо великій кількості n значень зазначеним компонентам, утворимо матрицю експерименту Z . Тоді, як відомо [5, 7, 8], для довільного значення z_* вектора z довірчий інтервал рівня $1 - \alpha$ для відповідного значення y_j^N дається виразом

$$\hat{y}_j^N(z_*) \pm t_{n-p}^{\alpha/2} S(v_* + 1)^{1/2}, \tag{3}$$

де \hat{y}_j^N – оцінка величини y_j^N з (3.2) за методом найменших квадратів; p – розмірність вектора z ; $t_{n-p}^{\alpha/2}$ – квантиль рівня $\alpha/2$ розподілу Стюдента з $n - p$ степенями свободи; S – оцінка дисперсії величини ξ за моделлю $y_j^N, v_* = z_*'(Z'Z)z_*$.

Однією з очевидних можливостей реального використання виразів типу (3) у розглянутих задачах є послідовне адекватне оцінювання величин $y_j^k, k = 1, \dots, N$ за допомогою моделей (1) з застосуванням інтервальної оцінки (3) на останньому кроці.

Наведемо приклад виконання щойно визначеної послідовності дій. Розглянемо процес перетворення властивостей для виготовлення чистововняної пряжі [9]. Весь виробничий процес зміни властивостей волокнистого продукту від волокна до пряжі розподілявся на ділянки у відповідності до кожного окремого виробничого перетворення (жмутки, стрічка, рівниця, пряжа). Для цього використовуємо результати вимірювань (бази даних) більше 20 партій чистововняної пряжі. При цьому позначимо, що y^0 – вектор ознак сировини; $y^k = (y_1^k, y_2^k)'$ – вектор ознак продукту для етапу $k = 1$ (наприклад $-y_1^1$); $y^k = (y_1^k, y_2^k, y_3^k)'$ – вектор ознак продукту для етапу $k = 2$ (наприклад $-y_1^2$) тощо.

Перелік похідних властивостей волокон та жмутків, досліджувані властивості (параметри) волокнистих продуктів, структури баз даних, структури відгуків, а також структури математичних моделей були визначені у відповідності до попередніми матеріалами [10].

За допомогою ЕОМ (ПК) та пакету прикладних програм обробки статистичних даних «Statgraphics» plus for Windows отримані адекватні математичні моделі лінійних залежностей волокнистих продуктів в процесі зміни їх властивостей у відповідності з виробничим процесом.

Для прикладу нижче наведені отримані математичні моделі (при $P_0=0,95$) для наступних продуктів:

- жмутків після тіпання:

$$Y_1^1 = 16,5 - 0,6 Y_2^0 - 0,123 Y_3^0 + 0,096 Y_4^0 - 0,4 Y_5^0; \tag{4}$$

$$Y_2^1 = 181,87 - 0,763 Y_1^0 - 6,139 Y_2^0 + 1,12 Y_6^0; \tag{5}$$

де Y_1^1 – поверхнева густина жмутка після тіпання, г/см²; Y_2^1 – коефіцієнт варіації за поверхневою густиною жмутка після тіпання, %; Y_1^0 – довжина волокна, мм; Y_2^0 – тонина волокна, мкм; Y_3^0 – питоме розривальне зусилля волокна, сН/мтекс; Y_4^0 – лінійна густина волокна, мтекс; Y_5^0 – поверхнева густина жмутка до тіпання, г/см²; Y_6^0 – коефіцієнт варіації за поверхневою густиною жмутка до тіпання, %.

- чесаної стрічки:

$$Y_1^2 = 478,28 - 2,632 Y_1^0 - 11,63 Y_2^0 - 223,8 Y_1^1 \tag{6}$$

$$Y_2^2 = 19,39 - 0,08 Y_1^0 - 0,373 Y_2^0 - 0,035 Y_2^1; \tag{7}$$

$$Y_3^2 = 0,959 - 0,025 Y_2^0 + 2,271 Y_1^1; \tag{8}$$

де Y_1^2 – лінійна густина чесаної стрічки, ктекс; Y_2^2 – коефіцієнт варіації стрічки за лінійною густиною, %; Y_3^2 – ступінь розпрямленості та паралелізації волокон стрічки, – .

.....
- рівниці:

$$Y_1^{14} = 0,0112 Y_1^{13} + 0,408 Y_3^{13} ; \quad (9)$$

$$Y_2^{14} = -22,35 + 2,0 Y_2^{13} + 20,0 Y_3^{13} ; \quad (10)$$

$$Y_3^{14} = 1,008 Y_3^{13} + 0,0009 Y_2^{14} + 0,00071 Y_{79}; \quad (11)$$

$$Y_4^{14} = 29,74 - 44,068 Y_1^{14} - 0,322 Y_{77}; \quad (12)$$

$$Y_5^{14} = 0,743 Y_2^{14} + 6,524 Y_3^{14} - 0,428 Y_{79}; \quad (13)$$

де Y_1^{13} – лінійна густина стрічки попереднього переходу, ктекс; Y_2^{13} – коефіцієнт варіації за лінійною густиною стрічки, %; Y_3^{13} – ступінь розпрямленості та паралелізації волокон стрічки, – ; Y_1^{14} – лінійна густина рівниці, текс; Y_2^{14} – коефіцієнт варіації за лінійною густиною рівниці, %; Y_3^{14} – ступінь розпрямленості та паралелізації волокон рівниці, – ; Y_4^{14} – питоме розривальне зусилля рівниці, мН/текс; Y_5^{14} – коефіцієнт варіації за крутінням рівниці, %; Y_{77} – коефіцієнт крутіння рівниці, -; Y_{79} – витяжка, -.

- пряжі

$$Y_1^{15} = -0,0145 + 0,176 Y_1^{14} - 0,0022 Y_{87} ; \quad (14)$$

$$Y_2^{15} = -7,817 - 0,333 Y_2^{14} + 11,667 Y_3^{14} ; \quad (15)$$

$$Y_3^{15} = 29,126 + 120,81 Y_1^{15} + 0,242 Y_{84} ; \quad (16)$$

$$Y_4^{15} = 23,969 Y_1^{15} + 0,681 Y_2^{15} ; \quad (17)$$

$$Y_5^{15} = 27,014 Y_3^{14} - 481,22 Y_1^{15} + 1,739 Y_{84} ; \quad (18)$$

де Y_1^{15} – лінійна густина пряжі, текс; Y_2^{15} – коефіцієнт варіації за лінійною густиною пряжі, %; Y_3^{15} – питоме розривальне зусилля пряжі, мН/текс; Y_4^{15} – коефіцієнт варіації за крутінням пряжі, %; Y_5^{15} – відносне видовження на момент розірвання пряжі, %; Y_{84} – коефіцієнт крутіння пряжі, -; Y_{87} – витяжка, -.

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтована доцільність застосування деяких типів стохастичних задач для визначення зміни властивостей текстильних матеріалів.

2. Отримані математичні моделі (4 – 18) зміни властивостей волокнистих продуктів в виробничому процесі отримання чистововняної пряжі.

3. За допомогою отриманих математичних моделей можливо прогнозувати зміни властивостей чистововняної пряжі залежно від особливостей сировини при збереженні певного виду устаткування та послідовності виробничого процесу.

Література

1. Богданов Дж., Козин Ф. Вероятностные методы накопления повреждений. – М.: Мир, 1989 – 343 с.
2. Севостьянов Л.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: МВТУ им. А.Н. Косыгина, ООО «Совъяз Бево», 2007 – 646 с.
3. Мостеллер Ф., Тьюки Дж. Анализ данных и регрессия, в 2-х т. – М.: Финансы и статистика, 1982, т.1 – 320 с., т.2. – 240 с.
4. Основы управления технологическими процессами (под редакцией Райбмана Н.С.). – М.: Наука, 1978, – 440 с.
5. Кендалл М.Дж., Стьюарт А. С. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973 – 900 с.
6. Джонстон Дж. Эконометрические методы. – М.: Статистика, 1980 – 446 с.
7. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. М.: Мир, 1980 – 456 с.
8. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – Москва-Санкт-Петербург-Киев: ДИАЛЕКТИКА, 2007 – 912 с.
9. Слізков А.М. Застосування системного аналізу для розв'язання практичних задач текстильного виробництва // Вісник КНУТД, № 5, 2006
10. Слізков А.М., Щербань В.Ю., Красницький С.М. Застосування принципів ідентифікації в системі прогнозування властивостей текстильних матеріалів // Вісник КНУТД, № 4, 2008.

Надійшла 6.11.2008 р.

ВИБІР ОРНАМЕНТІВ УКРАЇНСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ВИШИВКИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЖІНОЧИХ КОСТЮМІВ ДЛЯ УРОЧИСТИХ ПОДІЙ

Наведено результати дослідження щодо визначення орнаментів української національної вишивки, якими найчастіше оздоблювали верхній жіночий одяг. На основі опитування експертів проведено розрахунки частот використання груп орнаментів вишивки, побудовано діаграму і визначено, які з груп орнаментів частіше використовували у верхньому жіночому одязі. Проаналізовано види орнаментів з двох обраних експертами груп. За результатами розрахунків побудовано діаграму частот використання видів орнаментів рослинної і геометричної груп вишивок, якими найчастіше оздоблювали верхній жіночий одяг в кінці XIX на початку XX століття Подільського регіону України.

Вступ. Становлення і розвиток України як незалежної держави, супроводжується відновленням української культури і, як наслідок, вироби, створені у фольклорному стилі, користуються великим попитом у споживачів і працюють на імідж країни [1]. Тому при вираженні в сучасному одязі цінностей національної культури і яскравому висвітленні естетичних уподобань, світогляду нації виникає потреба створення жіночих святкових костюмів з елементами оздоблення українською вишивкою. Такий одяг виготовляють з використанням конструкторських і художніх рішень. Як оздоблення, застосовують етнографічні елементи, в тому числі вишивку. В українській культурі вишивка здавна має особливе значення. Впродовж століть майстри постійно розвивали, доповнювали, спрощували орнаменти вишивки, які завжди відображали духовний спадок нашого народу.

Виробів, оздоблених вишивкою, надзвичайно багато і кожен виріб – це індивідуальний витвір мистецтва, який залежить від регіональних особливостей [2]. Проте, одиничні зразки, виконані у стилі українських національних традицій, не можуть задовольнити попит в одязі. Тому виникає потреба у проектуванні і виготовленні костюмів, оздоблених національною вишивкою, на підприємствах масового виготовлення одягу.

Постановка проблеми. Поряд з іншими питаннями, які вирішують в процесі проектування жіночих костюмів для урочистих подій, оздоблених національною символікою, в масовому виробництві існує проблема вибору орнаментів для оздоблення їх вишивкою. Бажано використовувати такі орнаменти вишивки, які виразніше відображають національні традиції і саму психологію українського народу.

Одному, навіть дуже досвідченому фахівцю, важко обирати орнаменти, які відповідають зазначеним вимогам, оскільки українських орнаментів вишивки налічують сотні. Для обґрунтованого вибору оздоблення із застосуванням орнаментів Подільського регіону, які використовували у верхньому жіночому одязі у XIX – XX століттях, виникла потреба опитування фахівців в області національної культури і одягу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Раніше нами була запропонована класифікація, яка вміщує практично всі види орнаментів, поділяє їх на класи, групи і дозволяє розмістити орнаменти в пам'яті ЕОМ, за певними принципами [3]. За допомогою числового коду, класифікація дозволяє здійснити швидкий перегляд і вибір існуючих орнаментів, що дозволяє при необхідності скомпонувати новий орнамент.

Постановка мети і завдань досліджень. Мета дослідження – визначення орнаментів української національної вишивки, якими найчастіше оздоблювали верхній жіночий одяг в кінці XIX на початку XX століття в Подільському регіоні України (для подальшого їх використання при проектуванні жіночих костюмів для урочистих подій).

Виклад основного матеріалу. Велика кількість варіантів орнаментів вишивки обумовила використання, для опитування і обробки результатів, методики PATTERN.

Анкети складено з використанням “Класифікації орнаментів вишивки українського національного одягу” [3]. Для дослідження обрано види орнаментів, якими (за аналізом літературних джерел) оздоблювали верхній жіночий одяг. Всі інші орнаменти вишивки не використовували. Перша анкета вміщувала перелік груп орнаментів, якими оздоблювали верхній жіночий одяг: рослинні; геометричні; зооморфні; геральдичні; антропоморфні; пейзажні; предметні; каліграфічні.

З відношення (1) визначено частоти використання груп орнаментів і частоти використання орнаментів всередині групи.

$$Ч_{вг} = \frac{(m \cdot n) - R_{ij}}{\sum [(m \cdot n) - R_{ij}]}, \quad (1)$$

де $Ч_{вг}$ – частота використання групи орнаментів, або ($Ч_{вог}$ – орнаменту в групі); m – кількість експертів; n – кількість груп орнаментів, або кількість видів орнаментів в групі; R_{ij} – ранг наданий експертом групі орнаментів, або виду орнаменту в групі.

Результати опитування оброблено за допомогою програми Open Office Calc. За даними розрахунків, при високому збіганні думок експертів (коефіцієнт конкордації $\omega=0,83$), критерій Пірсона розрахунковий

($\chi p=75,77$) більший за критичний ($\chi_{кр}=14,07$) при ступенях свободи $f=7$.

За результатами побудована діаграма частот використання груп орнаментів вишивки у верхньому жіночому одязі в XIX – XX століттях (рис. 1).

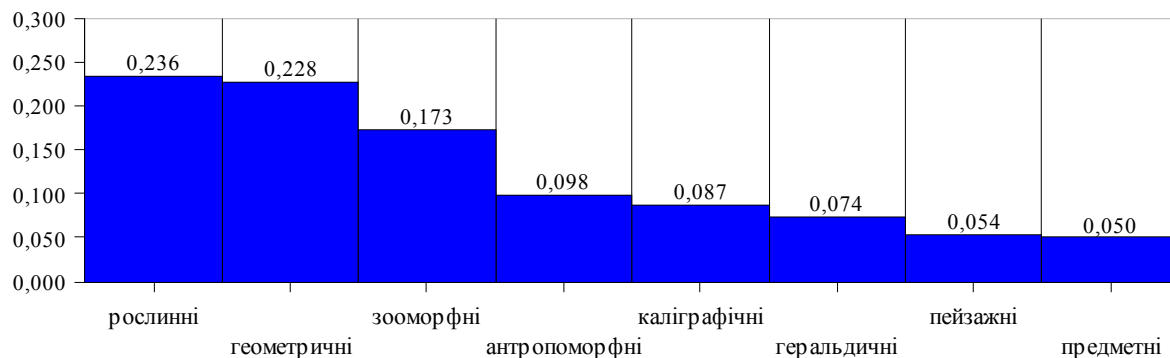


Рис. 1. Діаграма частот використання груп орнаментів вишивки

Найбільш використовувані групи орнаментів: рослинні ($\chi_{вог}=0,236$); геометричні ($\chi_{вог}=0,228$); зооморфні ($\chi_{вог}=0,173$).

Інші групи орнаментів менш часто використовували для оздоблення верхнього жіночого одягу. Подальшими консультаціями і співпрацею із спеціалістами музеїв Поділля та мистецтвознавцями встановлено, що орнаментами зооморфної групи також недостатньо часто оздоблювали одяг, що підтверджує, отримана експертним шляхом, частота використання цієї групи – $\chi_{вог}=0,173$.

В наступній анкеті експертам було представлено види орнаментів вишивки рослинної і геометричної груп, як найчастіше використовувані. Ранжування щодо використання орнаментів експерти проводили в кожній із зазначених груп окремо.

За підсумками обробки результатів, розподіл частот використання видів орнаментів в групі рослинних орнаментів (при $\omega=0,59$, $\chi p=136,91$ більше $\chi_{кр}=26,29$ і $f=18$) відображує рис. 2, а в групі геометричних орнаментів (при $\omega=0,76$, $\chi p=157,4$ більше $\chi_{кр}=28,87$ і $f=16$ – рис. 3).

Встановлено, що в групі рослинних орнаментів найчастіше використовували орнаменти видів: барвінок ($\chi_{вог}=0,096$); хмель ($\chi_{вог}=0,092$); чорнобривці ($\chi_{вог}=0,083$); калина ($\chi_{вог}=0,081$); листя ($\chi_{вог}=0,080$); троянда ($\chi_{вог}=0,068$); волошки ($\chi_{вог}=0,060$); дерево життя ($\chi_{вог}=0,059$); рожа-сенцифолія ($\chi_{вог}=0,054$); братчики ($\chi_{вог}=0,051$); дзвоники ($\chi_{вог}=0,045$); ромашка ($\chi_{вог}=0,044$); фуксія ($\chi_{вог}=0,032$); терен ($\chi_{вог}=0,030$); ягоди ($\chi_{вог}=0,028$); яблуко ($\chi_{вог}=0,027$); тюльпан ($\chi_{вог}=0,024$); гвоздика ($\chi_{вог}=0,024$); виноград ($\chi_{вог}=0,022$).

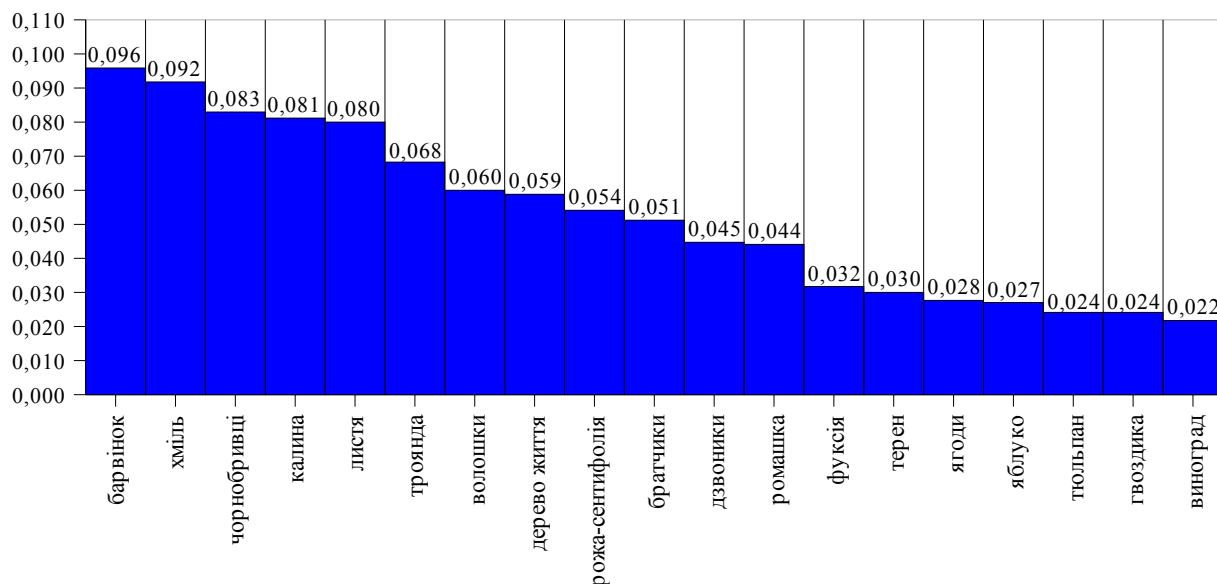


Рис. 2. Діаграма частот використання видів орнаментів вишивки в рослинній групі

На нашу думку, ці види орнаментів є такими, що відповідають орнаментам-символам Подільського регіону і значно розширюють область подальшого їх використання. Орнаментам з частотою використання менше ($\chi_{вог}=0,080$) надалі в роботі може бути приділено менше уваги.

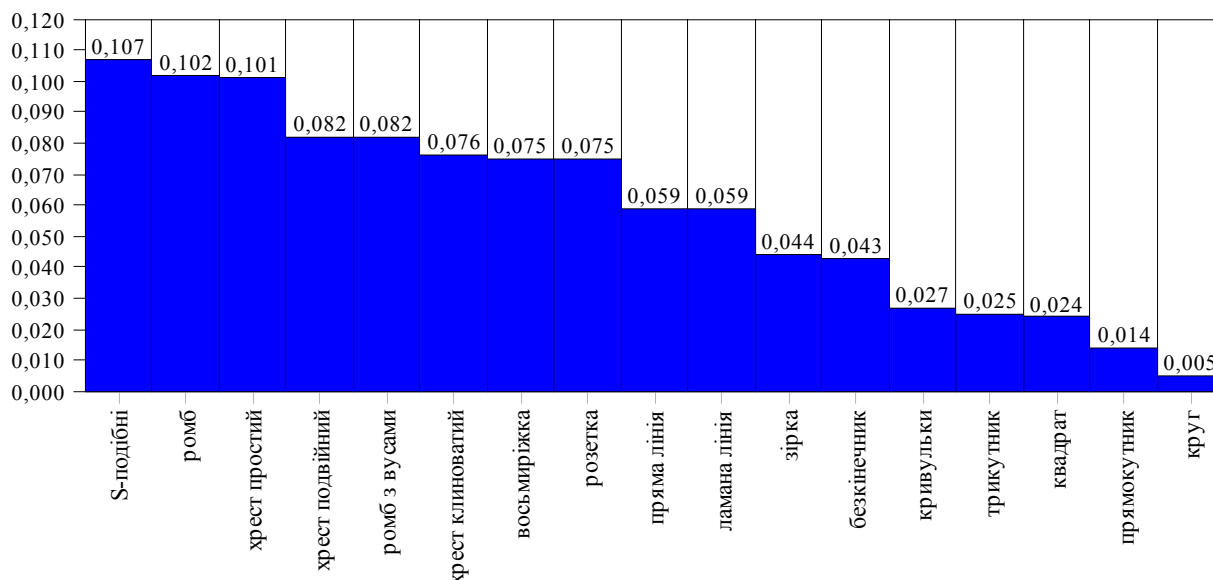


Рис. 3. Діаграма частот використання видів орнаментів вишивки в геометричній групі

За розрахунками частот використання орнаментів вишивки геометричної групи, що підтверджує діаграма (рис. 3) – найчастіше використовували орнаменти: S-подібні $Ч_{во} = 0,107$; ромб – $Ч_{во} = 0,102$; хрест простий – $Ч_{во} = 0,101$.

Значення частот використання видів орнаментів рослинної і геометричної груп серед всіх видів визначено за формулою:

$$Ч_{во} = Ч_{вг} \cdot Ч_{вог}, \quad (2)$$

де $Ч_{во}$ – частота використання орнаменту; $Ч_{вг}$ – частота використання групи орнаментів; $Ч_{вог}$ – частота використання орнаменту в групі.

Для визначення частот використання орнаментів рослинної і геометричної групи проведено розрахунки (табл. 1, 2) і побудовано діаграму (рис. 4).

Таблиця 1

Частоти використання орнаментів рослинної групи серед всіх видів орнаментів

барвінок	братчики	виноград	волошки	листя	гвоздика	деревожиття	дзвоники	калина	рожа-сенти-фоля	рошака	терен	троянда	тюльпан	фуксія	хміль	чорнобривці	яблуко	ягоди
0,023	0,012	0,005	0,014	0,019	0,006	0,014	0,01	0,019	0,013	0,01	0,007	0,016	0,005	0,008	0,022	0,019	0,006	0,007

Таблиця 2

Частоти використання орнаментів геометричної групи серед всіх видів орнаментів

S-подібні	безкінечник	восьмиріжка	зірка	квадрат	кривульки	круг	ламана лінія	пряма лінія	прямокутник	розетка	ромб	ромб з вусами	трикутник	хрест клиноватий	хрест подвійний	хрест простий
0,024	0,009	0,017	0,01	0,005	0,006	0,001	0,013	0,013	0,003	0,017	0,023	0,019	0,006	0,017	0,019	0,023

Домінантними серед всіх видів орнаментів є S-подібні ($Ч_{во} = 0,024$); на декілька одиниць нижче, за значеннями, але майже рівними, є орнаменти: хрест простий ($Ч_{во} = 0,023$); барвінок ($Ч_{во} = 0,023$); ромб ($Ч_{во} = 0,023$). Далі розташовані орнаменти: хміль ($Ч_{во} = 0,022$), який також відповідає категорії найбільш значущих орнаментів. З деяким відривом на діаграмі розміщено рівнозначні орнаменти: хрест подвійний, калина, ромб з вусами, листя, чорнобривці з частотою використання ($Ч_{во} = 0,019$), які також можливо використовувати, як етнографічні елементи при проектуванні і виготовленні сучасного жіночого костюму для урочистих подій.

Автори вдячні експертам – фахівцям в області національної культури і одягу: викладачам кафедр технології і конструювання швейних виробів та дизайну Хмельницького національного університету, науковим співробітникам Хмельницького обласного краєзнавчого музею, що прийняли участь в дослідженні.

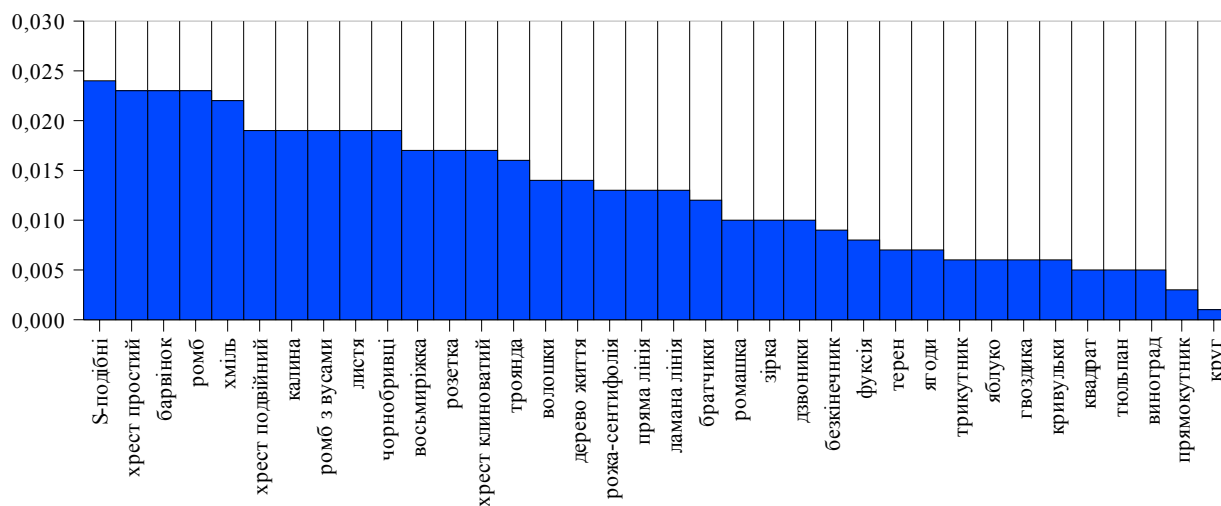


Рис. 4. Діаграма частот використання видів орнаментів рослинної і геометричної груп вишивок

На рис. 5 графічно зображено найбільш вагомими, за аналізом розрахунків, орнаменти. Різноманітні поєднання цих орнаментів дозволяють створити художньо-конструкторські рішення сучасних жіночих костюмів для урочистих подій з урахуванням національних традицій.

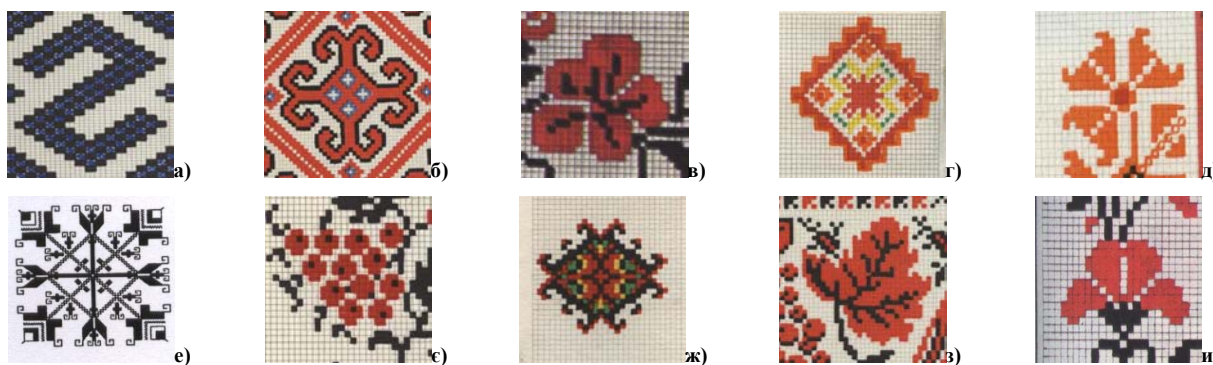


Рис. 5. Види орнаментів вишивки рослинної і геометричної груп: а) S-подібні; б) хрест простий; в) барвінок; г) ромб; д) хміль; е) хрест подвійний; є) калина; ж) ромб з вусами; з) листя; и) чорнобривці

Висновки. На основі опитування експертів визначено частоти використання орнаментів української національної вишивки, якими найчастіше оздоблювали верхній жіночий одяг в кінці XIX на початку XX століття Подільського регіону України.

В подальшому заплановано проектування художньо-конструкторських рішень сучасних жіночих костюмів для урочистих подій з урахуванням національних традицій.

Література

1. Український Тиждень Моді // Легка промисловість. – 2007. – № 1. – С. 40.
2. Кара-Васильєва Т.В., Заволокіна А.О. Українська народна вишивка. – Київ: Либідь, 1996. – 96.; іл.
3. Бузиль І.О., Сарана О.М., Засорнов О.С. Класифікація орнаментів вишивки українського національного одягу // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2008. – № 3. – С. 204.
4. Булгакова Л.П. – Етнокультурна характеристика народної вишивки Поділля (кінець XIX – 30-і роки XX ст.): Дис.... канд. істор. Наук: 07.00.05 – НАН України. Ін-т українознав. ім. І. Крип'якевича. – Л., 2000. – 328 с.

Надійшла 15.11.2008 р.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЖІНОЧОГО ЄВРЕЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО КОСТЮМА З БІБЛЕЙСЬКИХ ЧАСІВ І ДО НАШИХ ДНІВ ЯК ДЖЕРЕЛО НАТХНЕННЯ ДЛЯ СУЧАСНИХ ТВОРЦІВ ОДЯГУ

У статті дана загальна характеристика розвитку жіночого єврейського одягу з біблейських часів до наших днів на основі різних літературних джерел з метою використання матеріалу в учбовому процесі при вивченні курсу «Історія костюма» студентами, конструкторами та модельєрами.

Постановка проблеми

Для підготовки фахівців швейної галузі важливою дисципліною є «Історія костюма», яка входить до учбового плану.

Історичний костюм являється одним з основних джерел творчості в роботі модельєрів та конструкторів. В різноманітних літературних джерелах недостатньо відображено розвиток і різноманіття національного костюму одного з найдавніших народів планети – єврейського.

Єврейська спільнота посідає значне місце в багатонаціональній Україні і заслуговує на гідне висвітлення історії розвитку національного одягу цього народу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В результаті дослідження виявлено, що єврейський національний костюм зазнав незначних змін від біблейських часів до сучасності, суворо дотримуючись вікових традицій [2-5].

Протягом багатьох століть на розвиток одягу євреїв впливали історичні події, що відбувалися на території Ізраїлю, та одяг інших народів. Про характер єврейського одягу свідчать Біблія і знайдені в Ніневії зображення знатних євреїв.

Виклад основного матеріалу

Жінка (євр. – іша) у євреїв в стародавні часи займала краще становище, ніж у інших східних народів. Жінки та дівчата того часу вільно та невимушено брали участь в життєвих справах та розвагах громадських святкуваннях.

Жінки в Ізраїлі могли також займати офіційні посади. Як жінка, мати і господиня, жінка описується в Біблії в найпривабливішому вигляді. Закон Ізраїлю піднімає жінку з того приниженого стану, в якому вона знаходилася у інших народів. Єврейська поговорка говорить: «Чоловік повинен одягатися нижче своїх можливостей, дітей одягати відповідно своїм можливостям, а жінку одягати вище своїх можливостей». По одягу жінки судили про благополуччя сім'ї.

Жіночий костюм біблейської епохи був широким, з багатьма складками і дуже нагадує сучасний одяг жінок «біблейських країн», особливо арабських (за винятком штанів). Різниця між жіночим та чоловічим одягом (рис. 1,а) була невеликою. Так в Сирії, наприклад, часто на великій відстані важко було відрізнити фігуру жінки від чоловіка. Але все ж існувала відмінність між жіночим та чоловічим костюмом, яка полягала в якості тканин (у жінки вони більш тонкі), та в прикрасах (їх носили жінки), тому що закон забороняв чоловікам носити жіночий одяг і навпаки. Пошиттям одягу у євреїв займалась жінка, навіть найшляхетніша не вважала це заняття для себе непристойним. Традиційно для дитини мати виготовляла верхній одяг щорічно і дарувала їй разом з чоловіком. Вся сім'я її була одягнута в подвійні одежі, що захищали їх від стужі.

Жінки також, як і чоловіки, носили нижню білизну або сорочку і верхній одяг – мантію. Нижньою білизною слугувала вузька сорочка, іноді з рукавами, довжиною до колін. Верхній одяг – мантія – являла собою чотирикутний кусок тканини, який накидався на плечі і покривав все тіло (хто ходив без мантії, називався оголеним). Між цими двома одежами іноді носили третю – довгу одягу без рукавів.

Верхній жіночий одяг відрізнявся кольором, тонкими матеріалами і розкішно. Це могла бути мантія із візерунчатих коштовних матеріалів, з тонкого льону або пурпуру (тканини червоно-фіолетового кольору), тканих золотом. Тканина могла бути привозною, або виготовлятися вдома.

Великий гардероб вважався багатством. В царіці були особливі службовці, які доглядали за її гардеробом.

Використовували мантію по різному. Інколи в поли мантії зав'язували те, що хотіли приховати. Пізніше у виняткових випадках мантію використовували як покривало (євр. цайф), наприклад, як прикрасу або коли наречену приводили до нареченого під покривалом.

Головними прикрасами жінки слугували вінці та діадеми (рис. 1,б). Вінці робилися із золота, дорогоцінного каміння та інших коштовних матеріалів. З цих же матеріалів виготовлялися інші жіночі прикраси: ланцюжки для ніг, зірочки, кільчики, намиста, пояси, посудинки з парфумами, підвіски, персні, опахала, браслети.

Взуття жінок складали сандалії із шкіри чи дерева. Вони прив'язувалися до ніг ремінцями, з яких один оперізував п'ятку і, зустрічаючись з другим кінцем, пропущеним між великим та іншими пальцями, зв'язувався з ним. Внаслідок того, що таке взуття залишало більшу частину ноги неприкритою, необхідно було часто

омивати ноги. На жіночих сандалях були прикраси. Розкішне жіноче взуття по-єврейськи називалося тахаш. Пістряве або пурпурове взуття вважалося розкішною.



Рис. 1. Жіночий єврейський костюм різних часів: а) жіночий костюм 2000 р. до н. е.; б) костюм цариці 1000 р. до н. е.; в) жіночий єврейський костюм початку нашої ери; г) жіночий костюм XVIII ст.; д) костюм кінця XIX, початку XX ст.

Пізніше, в часи Талмуда, жінка накидала на голову покривало з вуаллю, яке підтримувала ошатним обручем (тканим, металевим або в'язаним), плетеною тонкою пов'язкою або капюшоном.

Ходити босій жінці вважалося непристойним, але під час скорботи, в день Ава дев'ятого і в Йом – Кіппур заборонялося носити шкіряне взуття. Босими або в особливому взутті ходили відлучені від синагоги.

В епоху Талмуда дуже багато жіночого одягу виготовлялося з бавовняних тканин, що завозилися з Індії або виготовлювалися з бавовни, вирощеної в районі Бет – Шеана. Дуже дорогим був шовковий одяг (рис. 1, в). В часи Талмуда жінки використовували одяжі ціною до 300 тис. динарів. Наприклад, сукня, що пропитана благо душицями, була продана за 12 тис. динарів.

В Післяталмудівську епоху жіночий гардероб став значно скромнішим. Весь образ, одяг, зачіска повинні були бути скромними. Заміжній жінці заборонялось з'являтися на людях з непокритою головою. В суботу і свята належало одягати святковий одяг. Пізніше одяг єврейок з вишуканого і цінного став скромним, пристойним, вони повинні були утримуватися від дорого стоячого одягу, зокрема від мальовничих суконь з крашених в пурпурові кольори тканин, а також від одяг, які носили не єврейки.

В середні віки одяг єврейської жінки був досить консервативним. Свою частку внесла дискримінація, постанови мусульманських і християнських правителів, які приписували жінкам єврейського походження носити розпізнавальні знаки на своєму одязі, зокрема жовту вуаль або накидку. На фоні готичної розкоші яскраво виділялося скромне вбрання єврейок.

В XIV ст. жінки носили вовняні сукні і капу (різновид плаща), що скріплялася брошкою на грудях. Святковим жіночим одягом був покритий шовком жакет з вузькими рукавами. В XV ст. жінки носили плащ, який скривав фігуру і з під якого видно було довгий хітон, з капою. Модних в XV ст. рукавів з фестонами і складок у вигляді рубців в костюмі єврейської жінки не було, але взуття відповідало тенденціям моди XV ст.

В епоху Ренесансу одяг жінки був консервативним, але все ж допускалися деякі елементи, що перетворювало єврейський костюм в поєднання моди і анахронічних деталей. Жінки одягали блузу, спідницю, фартух і чіпець.

В пізніші часи за носіння єврейського національного одягу накладався штраф. Наприклад, в царський Росії жінкам заборонялося голити голову і закривати перукою. Автор книги «З Миколаївської епохи. Євреї в Росії» А. Паперна пише: «Вперше обмеження на нетрадиційний одяг було запроваджено в Росії в 1804 р. Довгий час це положення в межах осілости практично не використовувалося, хоча не однократно підтверджувалося в законодавчому порядку.

В 1830 – 1850 р. носіння національного одягу каралося значними штрафами. Штраф за носіння перуки досягав 5 руб., що в той час становило значну суму. Наскільки значною була ця сума, можна зрозуміти, порівнявши з нею ціни на продукти: індичка коштувала 15 коп., великий півень – 30 коп.»

Вікові традиції вважалися обов'язковими для жіночого одягу, наприклад, носіння перук. Жінка, виходячи з дому, покривала голову перукою. В кінці XIX ст. через штрафи перуки стали замінятися хустками, мереживними або шовковими шаллями. Хустка зав'язувалася під підборідям, деколи залишаючи відкритими вуха. Замість перук в 1890 -х роках носили декотру накидку, зроблену з тканини під колір волосся, носили під чіпцем, про що згадується в «Начерках кавалерійського життя» А. Крестовського: «До тих пір вона, як добра старозаконна єврейка, за відсутності перук, ховала своє сиве волосся під стареньку накладку із поржавілого від часу, колись чорного атласу з прошитою посередині борозенкою проділу і поверх цієї накладки начепила

тюлевій чіпець з широкими бантами і яскраво-червоними трояндами». У Шолом – Алейхема в романі «Стемпенко» героїня зображена таким чином: «Рохеле була уже пов'язана і разодягнена за останньою модою місцевого дамського кравця. На ній була шовкова сукня небесно– блакитного кольору з білим мереживом і широкими рукавами, які тоді носили в містечку, де мода вже запізнювалася на декілька років. Крізь накинута на голову ажурну хустку просвічувалися повойник і коси... правда, чужі коси; її власне біляве волосся вже давно острижене, заховане від людських очей назавжди, навіки. Потім вона начепила на себе, як годиться, весь набір добропристойних для цього випадку прикрас; декілька ниток перлів, довгий золотий ланцюжок, брошку, браслети, сережки, кільчики».

Застібали одяг і чоловіки, і жінки справа наліво. Вважалося, що правий борт – символ мудрості, накладаючись на лівий – символ злого духа, оберігає скромність і праведність жінки.

Декольте в жіночому одязі не схвалювалося. Поверх сукні (рис. 1, г) звісно одягався фартух, який крім основного свого призначення вважався захистом від недоброго ока. За словами П. Венгерової: «Фартух був неодмінною вимогою повного наряду. Його носили і на вулиці і, звісно, під час всіх свят. Він був довгим і доходив до подолу спідниці. Самостійні жінки купляли на фартух пістряву шовкову тканину або дорогоцінний білий батист, вишитий оксамитовими квітами або розшитий найтоншими візерунками золотими нитками. Бідніші жінки задовольнялися вовняними тканинами або кольоровими ситцями».

І все ж, на території якої держави не жили б євреї, вони повинні були одягатися скромно. « Слід відмітити, що боротьбу проти розкоші єврейських костюмів вели і кращі представники єврейських общин того часу, – відмічає С. Дубнов, о дин з авторів «Історії єврейського народу», -Краківський кагал видав у 1595р. ряд правил відносно спрощення одягу і звільнення його від розкоші, особливо в жіночих костюмах, встановив грошовий штраф за порушення цих правил». Всі ці міри були запроваджені, щоб не викликати ворожнечу і задріст з боку місцевого населення, іновіріців.

Неможливо не згадати одяг нареченої: дівчина обов'язково закривала обличчя вуаллю. Пояснюється це тим, що перед шлюбом молодий повинен був підняти вуаль і подивитися на наречену, щоб не помилитися. Цей ритуал походить із Тори: Якову пообіцяли, як відомо, за дружину Рахіль, а віддали Лію.

Серед заборон на розкіш в одязі уже в XIX ст. існувала і така: «У весільному вбранні не нашивати на сукню ніяких мережив. Вартість верхнього одягу нареченого, тобто сюртука і шинелі, не повинна перевищувати 20 руб. Для нареченої сукня і верхня накидка повинні бути не дорожче 25 руб. сріблом».

В другій половині XIX ст., в пору освічення і, відповідно, асиміляції, багаті жінки незалежно від релігійних настанов стали одягатися за загальноєвропейською модою. Вже в 1870-х роках кринолін змінили турнюром, талія опустилася нижче, змінився корсет. Він став стягувати не тільки талію, а й стегна. Одяг такого роду, з вузькими рукавами, облягаючим ліфом і турнюром зустрічався лише в заможній частині населення, яка практично відмовилась від традицій. В цілому ж жінки шили одяг за модою 10 – 20-літньої давнини.

На початку XX ст. дами з багатих єврейських родин вже одягаються, слідуючи останнім паризьким настановам, одягають величезні капелюхи, прикрашені квітами, стрічками, бантами і т.п. Белла Шагал не забула, як в суботу, святковий день, одягалась їхня кухарка: «Ось вона поправила останню складку на сукні, одягала капелюх з квіточками і гордою ходою пішла до дверей».

Користувався популярністю і незвичайний головний убір, який Шолом Алейхем називав повойником (на ідиші – копке). Одягали його заміжні жінки в свята. Складався він з семи частин, виготовлявся з парчі, вишивався перлами, але при цьому одна його частина залишалась нічим не прикрашеною. Вважалося, що неможлива повна втіха, поки Єрусалимський храм лежить в руїнах. У П. Венгерової більш детально описаний повойник: «У заможних він являв собою суттєву частину багатства. Це головний убір, чорна оксамитова пов'язка, дуже нагадувала російський кокошник. Край, вирізаний химерним зигзагом, прикрашався великими перлами та діамантами. Пов'язку носили на лобі поверх облягаючого чіпця (копке). В середині копке кріпився бант з тюлевої стрічки і квітів. На потилиці від вуха до вуха тягнулася мереживна оборка, обшита ближче до очей і скронь маленькими діамантами. Ця дорогоцінна пов'язка складала головну частину жіночого приданого»

В ті часи жінки майже всі вміли шити і обшивати себе і всю свою сім'ю, а кравцям замовляли тільки святкове вбрання складного крою. На початку XX ст. жінки із заможних родин замовляли собі одяг по модних журналах з Парижу. Жінки стали носити традиційні довгі сукні з прилягаючим корсажем, який при вмілому крої підкреслював груди і талію. Корсаж був дуже вигадливим, з багатьма зборками, складками, мереживами, гудзичками, майстерною ручною вишивкою. Літні єврейки, в більшості релігійні, дотримувалися традицій і одягалися скромніше. Літом вони віддавали перевагу світлим тонам, зимою – темним, різним відтінкам синього та коричневого кольорів (рис. 1, д). Молоді жінки носили одяг зеленого і червоного кольорів, старші – сірого, бежевого і сіро-голубого. Чорний колір означав скорботу. Обов'язковим елементом жіночого одягу були золоті і срібні прикраси, типові для того часу ланцюжки, браслети, брошки, персні, медальйони, часто з дорогоцінним камінням. Дівчатам повитуха зразу після народження проколувала вушка і пропускала через дірочки білу нитку, потім їх прикрашали крихітними золотими кульчиками.



Рис. 2. Сучасні моделі за мотивами єврейського жіночого костюму різних часів

В наші часи одяг єврейської жінки нічим не відрізняється від одягу жінок великого мегаполіса, цивілізація бере верх над традиційним костюмом. Ритм життя, глобалізація відображаються і на костюмі єврейської жінки, він нічим не відрізняється від одягу жінок інших цивілізованих країн.

Висновки

Національний і історичний костюм безперечно являється невичерпною скарбницею, з якої протягом довгого часу творці одягу черпають натхнення і матеріал для створення сучасного, необхідного і в той же час неординарного одягу. Єврейський національний костюм може служити невичерпним джерелом для сучасних дизайнерів. Прояв такого натхнення можна бачити в ескізах, розроблених за мотивами єврейського національного костюма (рис. 2) студентами-конструкторами швейного виробництва.

Література

1. Мартин Гилберт. Атлас по истории еврейского народа // Библ. Алия «Молодежная серия», 1990. – 47с.
2. Блу Гринберг. Традиционный еврейский дом. – М.: Гешарим, 1998. – 126с.
3. Комисаржевский Ф. История костюма. – Минск.: Современный литератор, 2000. – 238с.
4. Стамеров К. К. Нариси з історії костюмов. – К.: Мистецтво, 1978.
5. Кибалова Л., Гребенова О., Ламарова М. Иллюстрированная энциклопедия моды. – Прага: Артия, 1988. – 608с.
6. Андреева Р. П. Энциклопедия моды. – Санкт – Петербург: Литера, 1997. – 416с.
7. Народы мира. Историко-этнографический справочник/Ред. Бромлей Ю. В. – М.: Советская энциклопедия, 1988.

Надійшла 9.11.2008 р.

УДК 687.016.5:515.1

О.В. ЗАХАРКЕВИЧ, Н.Г. САВЧУК, С.Я. САДОВА
Хмельницький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗМІЩЕННЯ І ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛЕЙ БІЧНИХ КИШЕНЬ ТИПУ «ПП-ПГ» У ДВОСТОРОННІХ ВИРОБАХ

Розглянуто питання визначення місця розміщення бічних кишень типу „ПП-ПГ” (прорізна похила – прорізна горизонтальна) у двосторонніх виробках. Встановлена залежність між допустимим кутом нахилу похилої прорізної кишені і розміро-зростом. На основі залежності виконано гармонізацію кутів нахилу бічної похилої кишені. Розроблена уніфікована схема побудови лекала спільної підкладки бічних кишень типу „ПП-ПГ”.

Постановка проблеми

При побудові конструкції виробу необхідно дотримуватися всіх розмірів та пропорцій з метою виготовлення високоякісного та естетично-гармонійного одягу. Тому надзвичайно важливим фактором є конструктивне оформлення кишень (місце розміщення, напрямок лінії входу) [1].

Двосторонні вироби, на відміну від традиційних, характеризуються наявністю кишень на зовнішньому

і внутрішньому шарах. Як відомо [2], суміщення видів кишень впливає на баланс виробу, оскільки від вибору типу поєднання залежить можливість закріплення кишень між собою. Таким чином, для двосторонніх виробів важливим є місце розміщення кишень на протилежних сторонах виробу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У методичних вказівках з практичного конструювання пропонуються різні способи побудови всіх видів кишень з горизонтальним, вертикальним та похилим напрямками ліній входу [3-9].

При визначенні місця розміщення горизонтальної кишені за [1, 3, 5-7] джерелами застосовуються розмірні ознаки: $Dm.c.$ та $Dm.n.ii$. У [1, 3, 5, 6, 8, 9] місце розміщення прорізної кишені з горизонтальним входом (тип ПГ) визначається шляхом розрахунку відстані від лінії талії до лінії кишені за узагальненою формулою, яка має вигляд:

$$T_7K = \frac{Dm.c.}{4} - k, \quad (1)$$

де T_7K – відстань від лінії талії до лінії кишені, см; $Dm.c.$ – довжина спинки до талії, см;
 k – вільний член згідно з [1, 3-5, 7-9] змінюється в межах від 0 до 7.

За іншими джерелами місце розміщення горизонтальної кишені може визначатись за формулою [4]:

$$T_7K = \frac{Dm.n.ii}{5} - (0,5 \div 1,0), \quad (2)$$

де $Dm.n.ii$ – довжина талії переду II, см.

Крім того, в [5, 7] вказується відстань від лінії борту до початку горизонтальної кишені, яка становить 13 – 14 см. А в [4, 9] відкладають $2/3 Dk$ (довжини кишені) в сторону борту від т. K , яка знаходиться на перетині ліній кишені та продовженні ліній пройми виробу.

При побудові кишені з вертикальною лінією входу (тип ПВ) в [1, 5] вказується відстань від лінії талії до початку кишені, і становить 3 – 5 см. У [4] представлена побудова вертикальної кишені на базі горизонтальної: від т. K , яка знаходиться на перетині ліній пройми та горизонтальної кишені, в сторону борту відкладають 5 – 6 см. Таким чином, отримана т. K_0 , визначає положення вертикальної кишені. Далі від т. K_0 вгору відкладають 3 – 6 см і отримують т. K_{01} . Лінію кишені з вертикальним входом будують паралельно лінії борту, відкладаючи від т. K_{01} довжину входу в кишеню відповідно до розміру.

Для побудови всіх похилих прорізних кишень (тип ПП) орієнтиром є вертикальні або горизонтальні кишень [1, 4]. Згідно з [1] побудова похилої кишені здійснюється лише на основі горизонтальної шляхом повороту її навколо точки, яка знаходиться на відстані $1/3 Dk$ від початку кишені. Кут нахилу кишені залежить від моделі.

Отже, в результаті виконаного аналізу встановлено, що побудова кишень різних напрямків виконується на основі горизонтальної.

Постановка мети та завдань дослідження

Мета дослідження – розробити рекомендації по визначенню взаєморозміщення бічних кишень типу „ПП-ПГ” у двосторонньому виробі, які б дозволили уніфікувати як конструкцію, так і технологію обробки поєднання різнонаправлених кишень у двосторонніх виробках.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити загальні правила розміщення бічних прорізних кишень на кожній із сторін двостороннього виробу;
- встановити залежність між допустимим кутом нахилу похилої кишені та розміро-зростом;
- розробити уніфіковану схему побудови лекала спільної підкладки бічної кишені типу „ПП-ПГ” у двосторонньому виробі.

Виклад основного матеріалу

Як раніше було встановлено, для всіх напрямів кишень основною лінією є напрям горизонтальної кишені. Тому, для визначення оптимального місця розміщення кишені розглянуті усі формули розрахунку відстані від лінії талії до лінії кишені [3, 5-8].

В результаті встановлено, що формула (2) становить лише 12,5 % від загальної кількості формул. Тому для подальших розрахунків доцільно використовувати формулу (1).

Розмах варіювання значення величини k (рис. 1) дорівнює 7 см, що ускладнює однозначність визначення місця розміщення кишені. Тому необхідно визначити оптимальну величину вільного члена у формулі (1).

Тобто:

$$T_7K = \frac{Dm.c.}{4} - k_{opt}, \quad (3)$$

де k_{opt} – оптимальна величина вільного члена.

Як відомо, при кількості вимірів більше 30 середньозважене значення сукупності вимірів досить близько наближається до його дійсного значення. Оскільки у конкретному випадку в наявності є 32 виміри, то

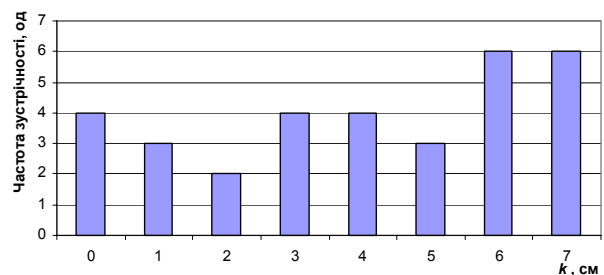


Рис. 1. Гістограма зустрічності значень величини k

значення k_{opt} розраховується як середньозважена величина ($k_{opt}=4,0$). Тоді, загальна формула визначення місця розміщення горизонтальної кишені від лінії талії буде мати вигляд:

$$T_7K = \frac{Дт.с.}{4} - 4,0. \quad (4)$$

У [1, 3, 6-8], крім способів визначення місця розміщення горизонтальної, вертикальної та похилої кишені вказується формула розрахунку довжини входу в кишеню:

$$Дк = 0,15C_{2II} + n, \quad (5)$$

де C_{2II} – півобхват грудей II, см; $n = 6 \div 8$ см.

Оскільки довжина входу в кишеню уніфікована по групах розмірів і коливається в межах 14 – 18 см [3], то доцільно прийняти нормалізований ряд величин входу в кишеню з інтервалом 0,5 см. В результаті розрахунку довжини входу в кишеню за формулою (5) отримана величина округлюється до найбільшого ближчого значення із нормалізованого ряду.

Для забезпечення умов технологічності обробки (можливості закріплення) лінія входу в кишеню з похилим напрямком не повинна перетинати лінію входу в кишеню з горизонтальним напрямком, тому важливо встановити максимальний кут її нахилу.

Оскільки, похила прорізна кишеня має розміщуватися вище відносно горизонтальної, то необхідно встановити допустиме нижнє положення горизонтальної кишені. Якщо розглядати вираз (1) як функцію $y = f(k)$, де $y = T_7K$, а $f(k) = \frac{Дт.с.}{4} - k$, в якій k – аргумент, а решта величин – сталі, то дослідивши дану функцію на екстремуми, маємо:

$$y_{max} = T_7K_{max}, \text{ при } k = 0. \quad (6)$$

Тоді допустиме нижнє положення горизонтальної кишені визначається величиною

$$T_7K = \frac{Дт.с.}{4}. \quad (7)$$

Положення лінії горизонтальної кишені, на основі якої буде будуватися похила, визначається за формулою (4). Згідно з розрахунковою схемою (рис. 2) та співвідношеннями, що існують у прямокутному трикутнику $\Delta K_0M_0L_2$ допустимий кут нахилу визначається наступним чином:

$$\alpha_{доп.} = \arcsin\left(\frac{K_0M_0}{K_0L_2}\right) = \arcsin\left(\frac{6,0}{Дк_{норм}}\right), \quad (8)$$

де $Дк_{норм}$ – нормалізована довжина входу в кишеню, см.

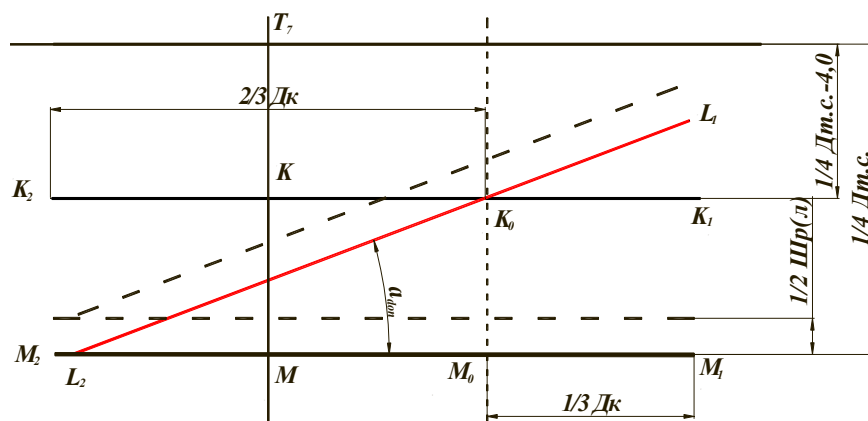


Рис. 2. Розрахункова схема допустимого кута нахилу похилої кишені

$$Шр(л)_Г \leq Шр(л)_П, \quad (9)$$

де $Шр(л)_Г$ – ширина рамки (листочки) кишені з горизонтальною лінією входу, см;

$Шр(л)_П$ – ширина рамки (листочки) кишені з похилою лінією входу, см.

З метою встановлення залежності між параметрами кишені та ведучими розмірними ознаками проведено повний двофакторний експеримент. За нульову гіпотезу прийнято наступне: між зростом, обхватом грудей III та допустимим кутом нахилу похилої кишені існує лінійна залежність.

Розрахунки проводились у табличному процесорі Excel з використанням вбудованого модуля «Аналіз даних».

Крім того, на основі рис. 2 встановлено: для дотримання основної умови побудови похилих кишеней та для забезпечення технологічності обробки ширина рамки (листочка) кишені з горизонтальною лінією входу повинна бути меншою або рівною ширині рамки (листочка) кишені з похилою лінією входу.

За даними експерименту побудована графічна залежність між розміро-зростом та допустимим кутом нахилу кишені (рис. 3).

Розрахована точність апроксимації $R^2 = 1$ свідчить про те, що експериментальні дані відображаються адекватно.

Отримане рівняння регресійної залежності дає можливість виконати розрахунок допустимого кута нахилу кишені для різних обхватів грудей (T_{16}). Оскільки у ГОСТі 17522 – 72 «Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды» мінімальний обхват грудей III становить 72 см, а максимальний – 136 см, то для розрахунку прийнятий саме такий інтервал: 72 см ÷ 136 см. Для групи розмірів 72 ÷ 76 допустимий гармонійний кут нахилу кишені становить 25°, а для 80 ÷ 136 – 18°.

Тоді, відповідно до ряду гармонійних кутів [10], для розмірів 72 ÷ 76 рекомендовані наступні кути нахилу кишені: 11°, 18°, 25°; для 80 ÷ 136 – лише 11° та 18°. Оскільки в практиці конструювання прийнято, що нормалізований кут нахилу визначається відносно вертикалі, то вказані величини кутів приведені до відповідного вигляду.

Таким чином, підготовлена інформація для розробки уніфікованої схеми, побудови лекал спільних деталей кишень, що дозволяє виконати побудову для кожного конкретного розміру.

При проектуванні бічних кишень у двосторонніх виробках форма та розміри деталей верху кишень (а саме листочки, обшивок) не змінюється. Суттєво змінюється форма та розміри підкладки, зокрема підкладки суцільновикроєної з підзором, у випадку, коли вона є спільною для кишень протилежних сторін двостороннього виробу.

Отже, визначені допустимі кути нахилу кишень дозволяють уніфікувати спільну підкладку кишені суцільновикроєну з підзором для групи розмірів 72÷76 та 80÷136.

Уніфікована схема побудови лекал спільної підкладки кишень представлена на рис. 4, а її уніфіковані параметри – в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри спільної підкладки кишень для різних розмірів (фрагмент)

Групи розмірів	Величини параметрів				
	a, см	b, см	c, см	α, град	R ₂ , см
72 – 76	14	4,7	18	25	6,7
80 – 84	14	4,7	18	18	6,7
88	14,5	4,8	18,5	18	6,8
92 -96	15	5	19	18	7
100	15,5	5,2	19,5	18	7,2

Висновки

Встановлено залежність між параметрами кишень та ведучими розмірними ознаками.

Розроблена уніфікована схема побудови лекала спільної підкладки суцільновикроєної з підзором для кишень у двосторонньому виробі дозволяє розробити уніфіковану технологію обробки кишень у двосторонніх виробках.

Література

1. Гурьянова Н.И., Зуйкова В.Н. Конструирование одежды. – М.: Легкая индустрия, 1974.
2. Суворова О.К. До розв'язання балансових завдань під час конструювання поверхонь одягу // Легка промисловість. – 1999. – № 3. – С. 44 – 46.
3. Конструирование одежды с элементами САПР: Учеб. для вузов / Е.Б. Коблякова, Г.С. Ивлева, В.Е. Романов и др.; Под ред. Е.Б. Кобляковой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.: ил.
4. Конструирование мужской и женской одежды: Учеб. для нач. проф. образования / Б.С. Сакулин, Э.К. Амирова, О.В. Сакулина, А.Т. Труханова – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 1999. – 304 с.
5. Матузова Е.М., Гончарук Н.С., Соколова Р.И. Разработка конструкций изделий по моделям. – М.: Легкая индустрия, 1975.

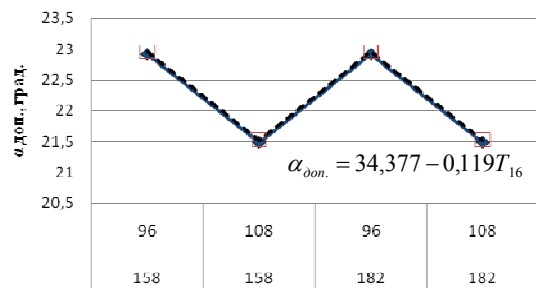


Рис. 3. Залежність між ведучими розмірними ознаками та величинами допустимих кутів нахилу кишень:
 $\alpha_{доп.}$ – допустимий кут нахилу кишені, град;
 T_{16} – обхват грудей III, см

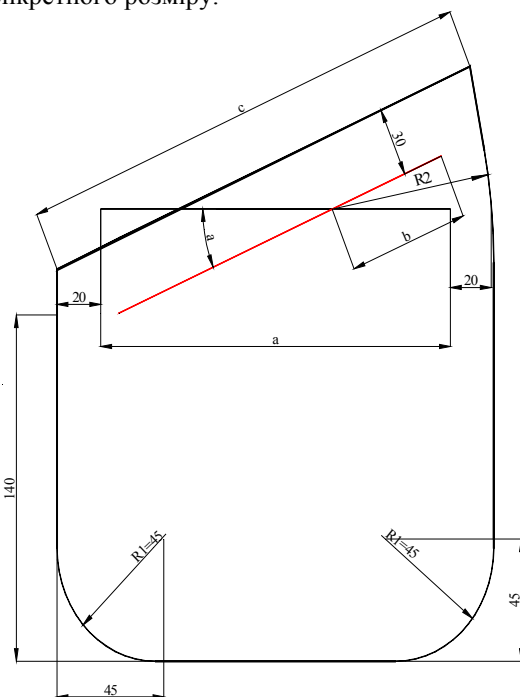


Рис. 4. Уніфікована схема побудови лекала спільної підкладки кишень

6. Основы конструирования одежды: Учебник / Коблякова Е.Б., Савостицкий А.В., Ивлева Г.С. и др. – 3-е изд., перераб. и доп.; Под общ. ред. Е.Б. Кобляковой. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 448 с., ил.
7. Справочник по конструированию одежды / В.М. Медведков, Л.П. Боронина, Т.Ф. Дурьгина и др.; Под общей ред. П.П. Кокеткина. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1982. – 312 с.
8. Саламатова С.М. Конструирование одежды: Учебн. для средн. спец. учебн. заведений. – М.: Легкая и пищевая пром – ть, 1984. – 272 с., ил.
9. Медведков В.М. Конструирование и моделирование женских пальто и плащей из синтетических материалов. – Изд-во «Легкая индустрия», 1968. – 108 с.
10. Сиротенко О.П. Удосконалення методу гармонізації конструктивно – композиційних рішень жіночого легкого одягу: Дис: . канд. техн. наук: 05.19.04 / ХНУ. – 2005. – 242 с.

Надійшла 11.11.2008 р.

УДК 687.1

О.В. ПОПОВИЧ, М.О. КУЩЕВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ НЕТРАДИЦІЙНИХ СПОСОБІВ ФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ

Авторами проведено аналіз нетрадиційних способів формування деталей швейних виробів, у результаті якого виявлено особливості, недоліки та переваги кожного з них, що дозволить вирішити завдання, пов'язані з пошуком альтернативних технологій в даній сфері.

Вступ

Для кращої посадки швейного виробу на фігурі людини, необхідно надати йому об'ємної форми на певних ділянках у відповідності із задумом художника або анатомічними особливостями будови тіла. Дане завдання реалізується за рахунок використання конструктивних елементів (виточок, рельєфів), виконання операцій волого-теплого оброблення (ВТО), а частіше всього комбінування попередніх способів [1]. Для надання текстильним матеріалам бажаної форми шляхом ВТО необхідно перевести їх із склоподібного стану у високоеластичний (завдяки дії робочого середовища і температури) та зафіксувати отриману деформацію охолодженням полімеру [2-3].

Відмітимо, що формування деталей швейних виробів може відбуватися за рахунок застосування традиційних або нетрадиційних технологій. До традиційних слід віднести методи формотворення з використанням прасок, пресів та пароповітряних манекенів. Вказані способи мають ряд недоліків:

- неоднаковий тиск поверхні подушок на текстильні матеріали при їхньому наближенні;
- незначна активність грубої структури текстильних матеріалів та складність у дотриманні умови відповідності форм верхньої та нижньої подушок;
- використання однотипних подушок для асортиментних виробів на операціях формування неможливе через їхні розміро-повнотні відмінності;
- незначна зміна сітчастих кутів за рахунок малоактивної роботи «грубої» структури тканини;
- значне механічне навантаження на тканину за рахунок дії маси подушок або праски.

Таким чином, враховуючи розглянуті недоліки традиційних способів формування, виправданим є пошук нетрадиційних технологій формотворення деталей швейних виробів. Аналіз літератури показує, що до нетрадиційних способів формування можна віднести:

- мембранний спосіб;
- спосіб формування за рахунок відцентрових сил;
- спосіб формування в полі надвисокої частоти (НВЧ);
- спосіб формування в пульсуючому електромагнітному полі;
- гідромеханічний спосіб;
- гідровібраційний спосіб;
- гідродинамічний спосіб.

Саме тому, метою роботи було визначення переваг та недоліків нетрадиційних способів формування деталей швейних виробів для подальшого пошуку альтернативних технологій, які дозволять підвищити якість швейних виробів.

Основний розділ

Сутність мембранного методу, розглянутого в роботі [4], полягає в тому, що формування тканини виконується за рахунок використання еластичної мембрани 2, під яку подається стиснене повітря постійного чи пульсуючого тиску (рис. 1, а). З метою вдосконалення процесу ВТО суцільна поверхня формуючого елемента замінена металевою об'ємною сіткою 1 (рис. 1, б). Недоліком даного способу є складне виготовлення змінних

форм матриці та пуансону. До переваг можна віднести активну роботу «грубої» структури тканини, стійку форму та відсутність полисів.

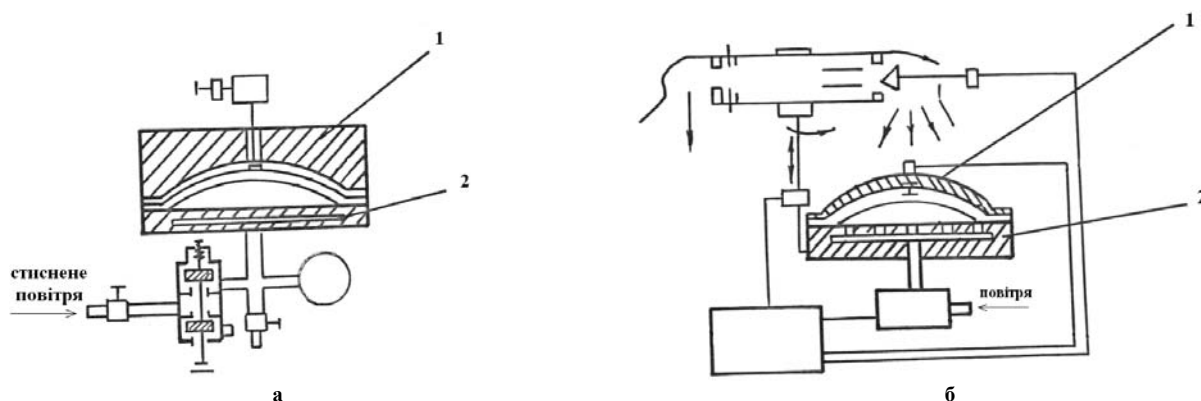


Рис. 1. Схема пристрою для мембранного способу формування:
 а – з використанням формуючого елемента (1 – формуючий елемент; 2 – еластична мембрана);
 б – з використанням металевої об'ємної сітки (1 – металева об'ємна сітка; 2 – еластична мембрана)

У роботі [5] описані принцип дії та переваги відцентрового способу ВТО деталей одягу. Отримання і закріплення форми деталей одягу здійснюється під дією відцентрових сил і робочого середовища у процесі обертання легких формуючих елементів разом з деталлю. Робочим середовищем може бути як пароповітряна суміш, так і рідина. Деталь одягу знаходиться в герметично закритій камері на формуючих елементах, які не потребують додаткового нагрівання. Реалізація обробки виробів різних розміро-ростових та повнотних груп спрощується за рахунок заміни формоутворюючих елементів. Слід також відзначити, що застосування даного способу ВТО деталей одягу дозволяє відмовитись від металомістких подушок, зменшити сумарні витрати електроенергії в порівнянні з пресом та на 90 % збільшити продуктивність праці.

Під час формування в полі НВЧ виріб одягають на формуючий елемент і обробляють робочим середовищем окремі ділянки або виріб в цілому [6]. Виріб нагрівається в полі НВЧ до закипання вологи, в результаті чого тканина активно зволожується, а потім висушується під дією того ж поля. При обробці багатшарових пакетів тканини здійснюється обертотний рух формуючого елемента разом з виробом, при якому виконується додаткове аеродинамічне формування ділянок, що були недостатньо деформовані.

Перевагою даного способу є об'єднання в одному циклі обробки операцій формування та формозакріплення.

Для формування деталей одягу в пульсуючому магнітному полі використовуються два електромагніти 1, 2, один з яких кріпиться до об'ємного формуючого елемента 3, в ролі якого виступає перфорована алюмінієва матриця. Деталь швейного виробу розміщується між магнітами (рис. 2). Для створення силового поля необхідної величини і конфігурації, яке діє на тканину, використовується допоміжний постійний магніт з концентратором та замкнутий магнітопровід [7].

Перевагами даного способу є зменшення метало- та енергомісткості конструкції за рахунок відсутності габаритних формуючих елементів і приводів до них, зменшення енерговитрат шляхом подачі електроенергії лише в момент формування виробу, об'єднання в одному циклі операцій формування та формозакріплення.

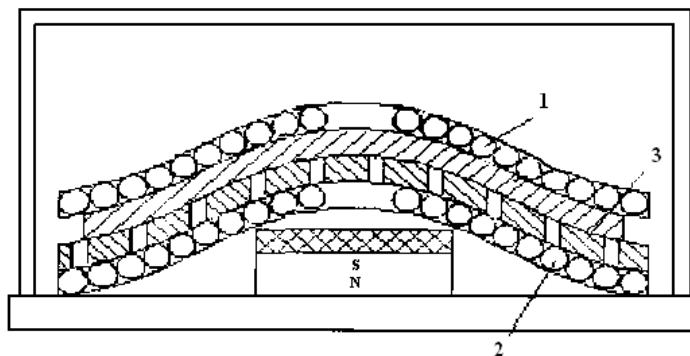


Рис. 2. Схема пристрою формування деталей одягу в пульсуючому магнітному полі:
 1 – верхній електромагніт; 2 – нижній електромагніт; 3 – формуючий елемент; SN – постійний магніт з концентратором

Останнім часом за робоче середовище запропоновано використовувати не пароповітряну суміш, а рідинно-активне робоче середовище (РАРС). У порівнянні з пароповітряною сумішшю, використання РАРС має наступні переваги:

- виконує функції теплоносія та пластифікатора тканини;
- виконує роль силового поля (як статичного, так і динамічного);
- зменшує коефіцієнт тертя між системами ниток, активізує роботу «грубої» структури та забезпечує зміну сітчастих кутів;

- значно покращує деформаційні властивості тканини на рівні «тонкої» структури [8];
- дозволяє перенести у «грубу» структуру частинки клею у колоїдному стані [3].

У роботі [8] продемонстровано, що під час використання гідромеханічного способу формування деталі відбувається за рахунок гідродинамічного ефекту, який виникає при русі рідинно-активного середовища (РАРС) через формуючий елемент 1 та структуру тканини 2 (рис. 3). Механічним фактором, що викликає обортові потоки РАРС, є активатор 4. У результаті чого відбувається зміна зусилля РАРС на тканину 2. Форма воронки РАРС, що утворюється під час обертання активатора, зумовлює зменшення зусилля потоку вздовж осі активатора 4 та його значне збільшення на стінках камери для формування 3. Саме тому, для рівномірного розподілу зусилля потоку РАРС по зовнішній поверхні формуючого елемента 1 та деталі 2 експериментально визначено місце розміщення активатора 4. Недоліком способу є те, що під час формування утворюється пілінг на поверхні пальтової та костюмно-пальтової тканин. Саме тому, даний спосіб рекомендований для формування тканин, які не пілінгуються.

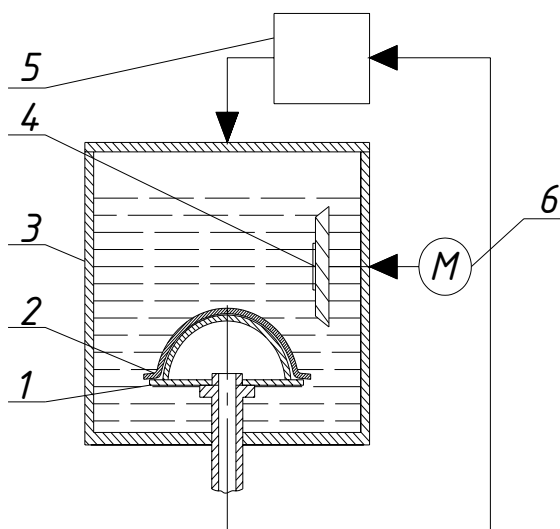


Рис. 3. Схема пристрою для гідромеханічного формування: 1 – формуючий елемент; 2 – деталь швейного виробу; 3 – камера для формування; 4 – активатор; 5 – вузол подачі та відсмоктування РАРС; 6 – двигун

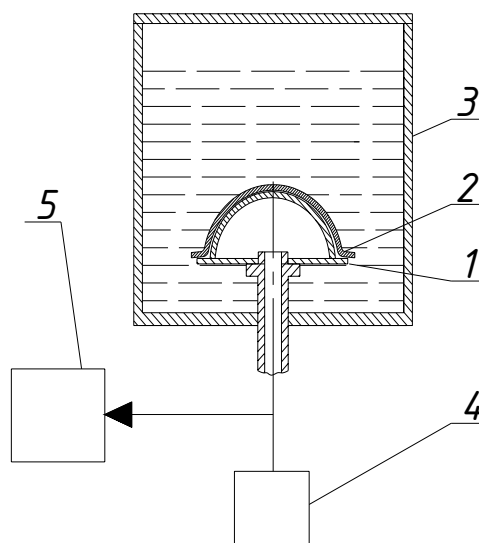


Рис. 4. Схема пристрою для гідровібраційного формування: 1 – формуючий елемент; 2 – деталь швейного виробу; 3 – камера для формування; 4 – вузол створення вібраційних коливань; 5 – вузол відсмоктування РАРС

Гідровібраційний спосіб формування, запропонований в роботі [9], передбачає вібраційне формування тканини в РАРС. При використанні даного способу об'ємна форма тканини створюється за рахунок її пластифікації та дії потоків РАРС, утвореними у процесі вібрації формуючого елемента 1 з деталлю 2 (рис. 4). Процес формування включає цикл вібраційних коливань формуючого елемента 1 та деталі 2 з подальшим відсмоктуванням крізь них РАРС.

При застосуванні гідродинамічного способу [8], тиск створюється за рахунок зовнішнього зусилля на РАРС пульсуючим стисненим (рис. 5). Даний спосіб ґрунтується на властивості середовища рівномірно розповсюджувати формувальне зусилля. Формування деталей відбувається при створенні в камері перепаду тиску, внаслідок чого виникають вібраційні коливання РАРС. Після чого проводять відсмоктування РАРС.

Недоліком гідровібраційного та гідродинамічного способів є те, що формувальне зусилля діє на всю поверхню деталі рівномірно, незалежно від конфігурації поверхні формуючого елемента, і не має можливості концентрації на

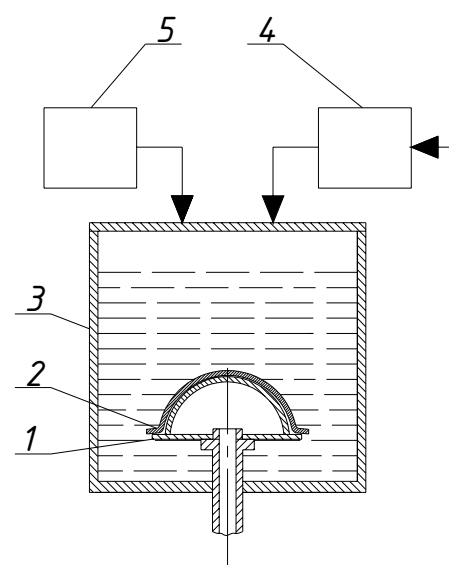


Рис. 5. Принципова схема пристрою для гідродинамічного формування: 1 – формуючий елемент; 2 – деталь швейного виробу; 3 – камера для формування; 4 – вузол подачі та відсмоктування РАРС; 5 – вузол подачі стисненого повітря

окремих ділянках деталі.

Аналіз патентної і науково-технічної літератури показує також, що важливою характеристикою формувального зусилля є створення за рахунок нього концентрованих навантажень на певних ділянках деталі швейного виробу. Отже, подальший пошук нетрадиційних способів формування повинен врахувати зазначений аспект даної проблеми.

Висновок

Отже, в результаті аналізу нетрадиційних способів формування деталей швейних виробів виявлено переваги використання РАРС, яке забезпечує зменшення коефіцієнту тертя між системами ниток, зміну сітлових кутів, активізує роботу «грубої» структури, значно покращує деформаційні властивості тканини на рівні «тонкої» структури, дозволяє перенести у «грубу» структуру частинки клею у колоїдному стані, виконує функції теплоносія та пластифікатора тканини, передає формувальне навантаження на деталь. Тому доцільно продовжити пошук нових альтернативних способів формування деталей швейних виробів на основі використання РАРС.

Література

1. Березненко С.М. Основи теорії ресурсозберігаючих технологічних процесів формування та формозакріплення деталей одягу з врахуванням анізотропії текстильних матеріалів: Дис.... докт. техн. наук: 05.19.04. – К., 2002. – 372 с.
2. Термические процессы в швейной промышленности / Мигальцо И.И., Третьякова Л.И., Эндре Нэмет и др. – К.: Техніка; Будапешт: Muszaki, 1987. – 214 с.
3. Кушевський М.О., Кошевка Ю.В. Класифікація факторів процесу волого-теплової обробки // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 1. – С. 5-8.
4. Кушевський Н.А. Разработка технологии формования одежды на основе вибрационного эффекта: Дис.... канд. техн. наук: 05.19.04. – К., 1988. – 312 с.
5. Лебідь О.С. Удосконалення процесів формування деталей жіночого одягу із пальтових тканин: Дис.... к.т.н.: 05.18.19. – К., 2008. – 241 с.
6. Исследование технологии формования и виброформования деталей одежды в поле СВЧ: Отчет по НИР / Руководитель темы Скрипник В.Н. – Хмельницкий: ХТИ, 1993. – 75 с.
7. Білоус С.В. Удосконалення процесів віброформування виробів з текстильних матеріалів з використанням електромагнітного поля.: Автореф. дис....канд. техн. наук. – К., 1996. – 24 с.
8. Буханцова Л.В. Удосконалення процесу формування жіночих головних уборів: Дис.... к.т.н.: 05.19.04. – Хмельницький, 2007. – 221 с.
9. Патент 68979 А UA, DO6 F71/18. Спосіб формування об'ємних ділянок деталей одягу / Кушевський М.О. – № 20031110578; Заявлено 24.11.2003; Опубл. 16.08.2004, Бюл. № 8.

Надійшла 3.11.2008 р.

УДК 687. 016.5: 658.512

І.А. АЛЄКСЄЄВА, С.Г. КУЛЕШОВА
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ФОРМУВАННЯ ВЕСІЛЬНОГО ГАРДЕРОБУ

В статті обґрунтовано необхідність застосування принципів, підходів і задач системного підходу для формування весільного гардеробу нареченої. Висвітлено проблеми, які виникають при виборі весільної сукні, в результаті ігнорування індивідуальних особливостей споживача. Розглянуто аспекти вивчення весільного одягу у психологічній науці з розробкою конкретних рекомендацій по вибору і придбанню весільної сукні.

Постановка проблеми

Сучасний весільний гардероб нареченої – це результат тривалої еволюції, підсумок творчих відкриттів і досягнень, результат вдосконаленого досвіду багатьох поколінь і водночас образ нареченої нашого часу, в якому знайшли втілення всі основні цінності сучасного суспільства.

Проблема формування весільного гардеробу нареченої почала набувати актуальності з розвитком виробництва готового одягу, тобто в XIX ст. з настанням нової капіталістичної епохи і на сьогодні набула великої значимості. Проте розв'язання її стає можливим лише в наш час – стрімкого розвитку комп'ютерних технологій.

На сьогодні в науці не було комплексних досліджень весільного одягу, робіт, де весільний гардероб, як явище саме по собі, виступав як об'єкт вивчення. Дослідження весільного одягу були в основному додатковими, з метою вивчення інших підсистем культурних явищ.

Відсутнє досить чітке уявлення про весільний гардероб як про цілу систему, не було спроб виявити

закономірності його формування, функціонування, еволюції. Сьогодні існують тільки розрізнені спеціальні погляди на весільний одяг: історичний, соціологічний, інформаційний, естетичний.

Посилення актуальності питань, що пов'язані з весільним гардеробом, ведуть до необхідності заміни традиційного інтуїтивно-комплексного підходу новим – системним, адекватним такому складному явищу, як гардероб чи ансамбль. При вивченні цього питання доцільно використовувати принципи, підходи і задачі системного погляду на об'єкт на всіх етапах дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У всі часи жіночі весільні сукні були найпривабливішою окрасою будь-якого показу колекції. Зручна, вишукана сукня завжди привертала, привертає та буде привертати увагу з боку художників-модельєрів, конструкторів і технологів різних часів та народів своєю неповторністю та оригінальністю. Про це свідчить те, що кожного року на показах моди "от кутюр" і "прет-а-порте" постійно з'являються все нові моделі жіночої весільної сукні.

На основі аналізу останніх досліджень і публікацій в галузі формування раціональних гардеробів одягу виявлено необхідність систематизації інформації щодо одягу за цільовим призначенням з метою застосування її для розв'язання задач швейної промисловості за рахунок широкого розвитку комп'ютерних технологій. Сучасні САПР для художнього проектування одягу дозволяють візуалізувати зовнішній вигляд виробу до створення лекал і самого виробу, забезпечують можливість підбору кольорового розв'язання майбутньої моделі, реалізувати віртуальну примірку виробу на фігурі людини [1-5].

Тому метою наукового дослідження є систематизація та автоматизація процесу гармонізації предметів весільного гардеробу між собою та із зовнішністю споживача, що передбачає чіткий опис послідовності формування індивідуального іміджу, без посилань на досвід спеціаліста, що дасть змогу будь-якому користувачу застосувати ці алгоритми для формування власного весільного гардеробу.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено розв'язання таких задач:

- використати системний підхід до функціонального проектування весільного гардеробу, з метою задоволення мотиву побудови індивідуального образу нареченої;
- розробити рекомендації по вибору весільної сукні, відповідно до особливостей фігури;
- розробити поради для забезпечення психологічної комфортності споживача в процесі придбання ним весільного одягу.

Виклад основного матеріалу

Системний погляд на весільний гардероб представляє його як багатосторонню, багатоаспектну цілісність, суть якої визначається її структурною складністю, а структура – її основними функціями.

Необхідно розглянути весільний гардероб в трьох площинах системного підходу, в результаті чого дослідити три види закономірностей його життєвого циклу: історичний, структурний, функціональний [5].

Життєвий цикл весільного гардеробу складається з наступних етапів: планування – проектування – виробництво – обслуговування – споживання.

Особливий вплив на всі етапи життєвого циклу здійснює жінка (її тіло і душа), що є суттєвою відмінністю весільного одягу від інших швейних виробів і, звичайно, ускладнює його вивчення, оскільки жінка, її психологічний і фізичний комфорт – дуже складні і взаємопов'язані питання в науковому знанні.

Для кожної дівчини день весілля – довгоочікуване свято. І, звичайно, в цей день хочеться бути краще за всіх. Це значить в одну мить змусити світ кружитися навколо вас і завмирати в безмовному замилюванні. Змінюються час, канони краси і моди. Незмінним залишається одне – наречена. Незвичайно гарна і ошатна, центр уваги на весільному торжестві, гордість нареченого, мами, родичів, друзів. Це аксіома. Сьогодні все частіше наречені в різних куточках землі відкладають традиційні національні сукні і вибирають весільну сукню європейського зразка. Не дивно, адже вона має найбільш динамічний розвиток і багату історію. У всі часи жіночі весільні сукні були найпривабливішою окрасою будь-якого показу колекції. Зручна, вишукана сукня завжди привертала, привертає та буде привертати увагу з боку художників-модельєрів, конструкторів і технологів різних часів і народів своєю неповторністю та оригінальністю. Про це свідчить те, що кожного року на показах моди "от кутюр" і "прет-а-порте" постійно з'являються все нові моделі жіночої весільної сукні.

Модні дизайнери пропонують найрізноманітніші стилістичні рішення, у яких переважають мінімалізм і класичні лінії (Джорджо Армані), маленькі рюші, що прикрашають сукню, яка тісно облягає фігуру (Карл Лагерфельд для Шанель), струменіють жіночні лінії, пишні шовкові спідниці і відкриті корсажі, що оголюють плечі (Елі Сааб), багатошаровий тюль і ретро-стиль (Джон Гальяно для Крістіан Діор), а також стилізовані під «російську старовину» вбрання, прикрашені хутром і пір'ям (Жан Поль Готье).

На першому етапі дослідження систематизовано стилі весільних суконь та наведено їх характеристику, таблиця 1. Після цього запропоновані рекомендації по вибору весільної сукні відповідно до особливостей фігури, таблиця 2.

Весільні сукні – характеристики стилів

Стиль	Характеристика
1	2
Казкова принцеса	Сукня А-силуету. Образ чарівний, жіночний і трішки наївний. Така наречена, співуча, любить казки, але вдома в куточку ліжка її чекає плюшевий ведмедик (або рожеве слоненя). Цій дівчині підійде сукня А-силуету: зверху облягає, м'яко обрисовує пігруддя й талію, і має нешироку спідницею-дзвін. Невисоку наречену така сукня зробить вище, а повну – стрункішою. Виразні деталі зосереджують у верхній частині моделі: ліф може бути розшитий бісером або стразами, мати декольте різних форм, доречні розеточки, мереживо.
Мрійниця – сукня в стилі ампір	Ви – дівчина ніжна, романтична, мрійлива і разом з тим, стримана. Особливістю цієї моделі є піднята талія, верх може бути як відрізним, так і суцільно-викроеним. Низ традиційно легкий і струмливий витонченість в античному дусі. Рюші тут не використовуються, тільки легка вишивка, помірно довгий шлейф, як продовження заднього полотнища спідниці. Виграшні сторони: плаття сховає зайву повноту стегон і не занадто витончену талію. Ліф акцентує увагу на груди, що актуально для дівчин, які хотіли б візуально збільшити підгруддя. Спідниця може складатися з декількох шарів. Наприклад, нижня спідниця з тонкого атласу, зверху обкутана серпанком із прозорої органзи або шифону. Але найкрасивіше у весільній сукні – це шлейф або турнюр. Каскади мережив, воланів, драпірувань перетворюють наречену у величну особу.
Бальна сукня	Покрій цієї весільної сукні простий, верх у вигляді корсажа, низ – широка пишна спідниця. Такий тип весільної сукні створює образ нареченої із чарівної казки. Єдиний недолік – на низеньких наречених може виглядати тяжкувато.
Королева балу	До весілля світлою мрією всього вашого життя було коли-небудь надягти класичну вінчальну сукню з корсетом, що робить талію осикою, а груди піднятими з розкішною спідницею на криноліні і фатою. Королівська сукня допускає саму багату обробку – волани, оборки, драпірування, сполучення фактур різних тканин. Все це буде навколо вас рухатися, колихатися й буржуазно шарудіти, ви будете почувати себе непереборною. Корсет і кринолін дозволять вам чарівно перетворитися, особливо якщо ваша звична форма одягу – джинси.
Класичні весільні вбрання	Сукня може складатися із двох окремих частин – корсета й спідниці, а може бути суцільно-викроеною. Головне слідкувати, щоб корсаж сукні сидів на вас без складок. Кринолін, як запевняють досвідчені наречені, не доставляє ніяких незручностей, навпаки, він легкий і гнучкий. Можна також не турбуватися, що порвуться панчохи. І саме чудовий пишний кринолін народжує незвичайно приємне відчуття власної значимості. Класична довжина весільної сукні (з урахуванням висоти каблука) 2 см від підлоги.
Сукня "міні"	У душі ви юна, безтурботна, бешкетна й саме такою хочете бути у весільний день. Чому б не надягти весільну сукню "міні", якщо "міні" до цього часу завжди було вашим козирем. Варіанти весільного "міні" різноманітні. Ця модель характеризується довжиною до коліна або може бути представлена витонченим міні. Якщо Ви будете використовувати тканину не тільки білого кольору, то згодом сукні цього типу підійдуть і для вечірок або коктейлів.
Вузька сукня	Жінка, яка знає, чого хоче. Довгі, вузькі й щільні сукні, що облягають, бувають із глибоким декольте і шлейфом, що відчіплюється. Якщо у вас струнка фігура, то вузька сукня допоможе підкреслити всю вашу вроду й добірність. Сукня не повинна домінувати, у всім і завжди домінуєте ви. Ви знаєте свої переваги, і впевнені в тому, що вашому нареченому дістається скарб, що крім впевненості в собі, незалежності й твердому характеру, має досконалу фігуру.
Наречена – "скромниця"	Хочете виглядати зовсім, як кінозірка, виберіть сукню з декольте й відкритими плечима. Як звичайно це буває, ваша поява зробить фурор.
Стримана сукня	Особливістю цієї сукні є простий покрій і, що характерно, чим довше, тим краще. Традиційно це сукня з вузькою верхньою частиною й дуже об'ємною спідницею. Припустимо довгий шлейф і рюші, доцільно використання вишивки бісером.
Романтичні сукні	Це сукні із простим покроем, в яких верх часто виконаний у вигляді корсажа, а низ широкий з пишною спідницею. У цій моделі не допускаються ніякі рюші й шлейфи. Якщо ви активна модниця, не змінюйте звичкам, адже тоді це будете не ви.
Брючний костюм	Наречена в брючному костюмі виглядає елегантною і у той же час святковою. Правда, костюм диктує свої умови: фатою й віночком прийдеться пожертвувати. Але дорога якісна тканина в сполученні з висококласним покроем, ясність і графічність силуету розкажуть усе про ваш неординарний і енергійний характер. Як варіант такого строгого стилю комбінезон, наприклад, без рукавів і зі штанами кльош.

1	2
Сукня в стилі мінімалізм	Можна віднести до традиційних весільних фасонів. Силует цієї сукні відрізняється чіткістю і вишуканістю ліній. Фасон такого вбрання може бути відрізним або суцільновикроєним, із завищеною талією. Як єдина прикраса виступає форма вирізу – попереду або позаду, або ж форма бретельок.
Неокласичний стиль	Неокласичний стиль сукні – це стиль настільки модних нині ліфів і корсетів в сполученні зі спідницями різної пишності. Особливе значення надається мереживу. Комбінація його з оголеним тілом дає карколомний ефект. Корсетна сукня складається з 2 частин: окремих корсет, що щільно облягає тіло, роблячи талію осиною, а груди підтягнуті й окремої спідниці. Чудово пасує сухорлявим нареченим з великими грудьми.
Національний стиль	Якщо наречена мріє надягти сукню в національному стилі – потрібно її надягти. Весільну сукню вважають найважливішою: вона повинна "запасти" в душу, стати чимось особливим і неповторним.
Кельтський стиль	Зі спадаючими рукавами, шнурівкою й довгим шлейфом.

Таблиця 2

Рекомендації по вибору весільної сукні, відповідно до особливостей фігури

Вид фігури	Рекомендації
1	2
Нижня частина тіла - ширша ніж верхня	Довга спідниця, щоб сховати повні ноги й стегна. Цікавий, що виділяється ліф сукні, що приверне увагу до верхньої частини тіла. Фігурна лінія вирізу декольте або горловини, щоб також зробити акцент на верхній частині. Поздовжні лінії і шви в області талії зроблять Вас зорозво вище й стрункіше. Довгі рукави можуть візуально подовжити лінію плечей і рук.
Чотирикутник Високий зріст і вузькі форми	Довга спідниця з поперечним малюнком або вишивкою, що додасть фігурі об'єму. Приталена сукня, класичного стилю буде виглядати на вас дуже витончено. Декоративні деталі на рукавах і спідниці, а також прикраси на шії дозволять відвести погляд від ліфа плаття. Незвичайні, мистецьки виконані рукави відволічуть на себе увагу.
Перевернутий трикутник Верхня частина тіла ширша ніж нижня	Гарна незвичайна спідниця. Невеликий виріз скрасить повноту верхньої частини тіла. Поздовжні лінії й шви в області талії зроблять вас зорозво вище й стрункіше. Прості рукави підкреслять природну лінію плечей.
Пісковий годинник Гарні округлі форми	М'яко струмлива спідниця і помірковано прикрашений ліф. Підкреслена лінія грудей за допомогою глибокого вирізу або глибокого декольте. Приталена сукня, що додасть ще більшої стрункості вашій фігурі.

Необхідною умовою виготовлення весільних виробів є проведення досліджень, щодо визначення динаміки сприйняття та формування відношення споживачів до стилів, силуетів, різних особливостей матеріалів, фурнітури та кольору одягу, до моди в цілому. В нашій країні ці питання являються ще недостатньо вивченими, що негативно впливає в загальному на розвиток легкої промисловості.

Предметом дослідження є специфіка відчуттів жінок та дівчат при сприйнятті весільного одягу різного виду. Тканини та відчуття їх психофізичної комфортності, психологічна дія форми та силуету в весільних сукнях, колір та його сприйняття. Психофізичні дослідження весільного одягу необхідно доповнити вивченням емоційних переживань людини, які виникають при експлуатації цього одягу. Емоції являються маловивченим компонентом психологічної комфортності, але суб'єктивно доволі значущим.

Психологічна комфортність швейних виробів поки що є мало вивченим, але дуже цінним показником, який у більшості випадків визначає вибір споживача. Її ігнорування може привести до суттєвих економічних втрат в процесі реалізації моделей одягу, так як забезпечення оптимальних фізіологічних показників не завжди сприяє швидкій реалізації виробів. Вивчення ефекту, отриманого у виробі, дозволяє успішно протистояти конкуренції, що особливо важливо для малих підприємств в умовах насиченого ринку [6-8].

Сучасність ХХ століття не тільки додала аромат екстравагантності сукні нареченої, але й назавжди змінила основну традицію: відтепер не батьки дівчини, а вона сама може вибирати саме головне вбрання у своєму житті. І тут на допомогу юним нареченим прийшли справжні професіонали, що перетворили весільну моду в досить прибутковий бізнес. Ну а потенційним хранителькам домівок, відтепер доводиться покладатися не тільки на поради із глясових журналів, але й на власний здоровий глузд, адже при покупці весільного вбрання необхідно врахувати не тільки вартість самої сукні, але й супутніх аксесуарів (туфлі, фата, нижня білизна, прикраси), а також взяти до уваги роботу кравця, якому напевно прийдесться підганяти туалет вашої

мрії по фігурі. Все більша кількість жінок, що вступають у шлюб, віддають перевагу неформальному стилю, часто обмежуючись сукнею для коктейлів або ж брючним костюмом. В роботі розроблено рекомендації по вибору весільної сукні, таблиця 3, 4.

Таблиця 3

Поради по вибору весільної сукні

1.	Замовляйте сукню в престижному салоні, що працює вже багато років і має гарну репутацію.
2.	Перш ніж вибрати, обов'язково примірте кілька суконь.
3.	Коли відправляєтеся в салон вперше, запрошуйте із собою не більше двох чоловік. Розкид суперечливих думок ані трошки не полегшить ваш вибір.
4.	Запрошуйте тільки тих, чий чесній і неупереджений думці ви можете довіряти. У такій важливій справі, як вибір весільної сукні, лестощі й умовчування недоречні.
5.	Не замовляйте сукню, розраховуючи до дня весілля скинути вагу. Пам'ятайте, що предвесільна метушня може звести до нуля всі ваші старання схуднути. Крім того, краще купити сукню, що буде сидіти на вас вільно, чим із важкістю втиснутися у витончене платтячко й потім боятися поворухнутися.
6.	Обов'язково відвідасте майбутнє місце проведення весільної церемонії, щоб довідатися, чи існують які-небудь обмеження на фасон сукні (наприклад, чи допускається плаття з відкритою спиною або плечима).
7.	Не вибирайте занадто відверте вбрання. Зверніть увагу на декольте, інакше можете шокувати навколишніх, злегка нахилившись уперед.
8.	Не забудьте потанцювати в сукні і активно порухатися.
9.	Вибирайте сукню, колір якої вигідно підкреслює тон шкіри.
10.	Замовляйте сукню завчасно.

Таблиця 4

Поради для покупки весільної сукні

1	2	3
1.	Бюджет на покупку	Втановлячи кошторис майбутнього торжества не забудьте включити у вартість вашого вбрання такі необхідні речі як фата (її ціна може бути від 50 у.е. і до нескінченності), туфлі, нижня білизна й коштовності (або гарну біжутерію). Крім того, не забувайте, що практично будь-яка сукня має потребу в невеликому коректуванні (десь вшити, десь навпаки, зробити вільніше), тому обов'язково закладайте в бюджет витрати на кравчиню.
2.	Дрес-Код	Якщо ви вирішили вінчатися в церкві, то пам'ятайте, що в багатьох храмах (якщо не казати в усіх) не привітають відкриті плечі. Тому, якщо у вас сукня із глибоким декольте, то подбайте про те, щоб накинути на плечі хоча б прозорий палантин.
3.	Відпустка	Як правило більшість майбутніх наречених, дівчини зайняті, але якщо є можливість візьміть тиждень відгулів на роботі, або відпустку. У цьому випадку у вас буде досить часу, щоб пройтися по магазинах і перемеряти безліч вбрань.
4.	Прикраси	До будь-якої весільної сукні потрібно підібрати прикраси. Подивіться фотографії ваших подруг, вивчіть каталоги перш ніж щось купити.
5.	Визначтесь зі своїми бажаннями.	Опинившись у весільному салоні – не губіться й не мовчіть. Розповідайте продавцеві-консультантові про ваші бажання. І не відмовляйтеся від примірювання тих суконь, які на вашу думку вам не йдуть. Може бути ви помиляєтеся, і саме на вас ця сукня буде виглядати приголомшливо? Якщо продавець пропонує вам примірити те, що на вішалці вам абсолютно не сподобалося, не бійтеся – примірте. Чим більше, тим краще. Повірте, багато наречених йшли з магазинів саме з тою сукнею, що споконвічно їм не подобалася.
6.	Магазини поруч	Ви не побігли в ЗАГС у перший же день вашого знайомства? Аналогічно ви не повинні купувати першу сукню, що сподобалася вам у першому ж магазині. Сходіть в кілька салонів, щоб мати більше об'єктивну уяву про асортименти.
7.	Зробіть паузу	Навіть після того, як ви знайшли сукню своєї мрії, не купуйте її відразу. Попросить відкласти її на день і йдіть додому. Якщо наступного дня ви не передумали і як і раніше хочете саме цю сукню, то купуйте.
8.	Довіряйте вашим інстинктам	Якщо ви не відчуваєте, що куплена сукня саме «ваша», вам не затишно в ній й ваше відбиття в дзеркалі вас не влаштовує, то не треба псувати собі один із самих щасливих днів у році – здайте сукню назад. І вперед на пошуки нових вбрань!

1	2	3
9.	Уперед до кравчині	Ви обійшли кілька салонів, подивилися багато суконь, але жодна з них вас не вразила. Тим часом ви добре представляєте, що хочете. Тоді можна зшити сукню на замовлення. Головне в цьому випадку правильно вибрати ательє і майстра, хоча це й займе набагато більше часу, ніж покупка вже готової весільної сукні. Якщо в процесі виготовлення сукні вам щось не сподобається, не соромтеся говорити про це майстрові.
10.	Зручність	У повсякденному житті ми всі цінуємо в одязі, насамперед, зручність. Весільна сукня не виключення. Ви повинні будете провести в ній один з найважливіших днів і вас нічого не повинне напружувати. Спробуйте під час приміряння сісти, встати, пройтися... Якщо щось не влаштовує, довідайтеся чи можна якось переробити: укоротити низ, збільшити декольте, зменшити або збільшити сукню в талії.
11.	Нижня білизна	Дизайнери весільних суконь радять купувати на весілля нижню білизну кольором близьким до кольору шкіри.
12.	Весільна фотографія	Якщо ви плануєте зробити передвесільний портрет, можна з'ясувати чи можуть вам дати обрану сукню на прокат. Після фотосесії ви її зможете повернути. Подивившись фотографії, ви зможете зрозуміти як ви будете виглядати на весіллі.
13.	Покупка за каталогом	Якщо сукню, яку ви вибрали потрібно замовляти за каталогом, то необхідно довідатися точний час коли вам її доставлять. Краще спланувати це все заздалегідь, тому що сукня може вам не підійти, або просто не сподобається, як ви в ній виглядаєте і у вас повинен залишитися час, щоб замовити нове вбрання.
14.	Вибираємо швачку	Якщо для вас шиють весільну сукню на замовлення й ви хочете перевірити наскільки професійного майстра знайшли, замовте для початку інше, не весільне вбрання. За результатами роботи можна буде судити про правильність вашого вибору і якщо результат вас задовольняє, то можна замовляти й весільну сукню.

Висновки

В статті розв'язано проблеми, які виникають при виборі весільної сукні, в результаті ігнорування індивідуальних особливостей споживача. Розглянуто аспекти вивчення весільного одягу у психологічній науці з розробкою конкретних рекомендацій по вибору і придбанню весільної сукні.

Виконана робота орієнтована, в першу чергу, на тих, хто займається бізнесом в індустрії моди: дизайнерів і виробників святкового та весільного одягу, керівників і менеджерів ательє і модних магазинів, а також спеціалістів, які вже мають професійний статус, а також на тих молодих жінок, які розуміють важливість проблеми формування раціонального гардеробу і власного іміджу з метою формування індивідуального стилю.

Література

1. Бердник Т.О., Неклюдова Т.П. Дизайн костюма. – Ростов-на-Дону: “Феникс”, 2000. – 448 с.
2. Черемных А.Г. Основы художественного конструирования женской одежды. – М. Легпромбытиздат, 1983.
3. Основы теории проектирования костюма / Под ред. Т.В. Козловой. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 352 с.
4. Пармон Ф.М. Композиция костюма. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 264 с.
5. Рыбкина Е.А. Системный подход к созданию и построению коллекции модной одежды // Конспект лекций. – М., МГТА, 1985.
6. Сорина Н.А. Одежда – оболочка для восприятия // Ателье. – 2003. – № 3. – С. 12 – 13.
7. Петрова Е.А., Коробцева Н.А. Об изучении одежды в психологической науке // Швейная промышленность. – 1998. – № 3. – С. 32 – 34.
8. Петрова Е.А., Коробцева Н.А. Одежда как объект психологического исследования // Швейная промышленность. – 1998. – № 4. – С. 36 – 37.

Надійшла 10.11.2008 р.

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗМІНИ МОРФОЛОГІЇ ГОЛОВИ ЛЮДИНИ

Розглянуто особливості вікових змін у будові голови людини. При розгляді всього життєвого періоду можна розрізнити 3 періоди: 1) період росту; 2) період відносної стабільності; 3) період зворотніх змін. Кожен з цих періодів має свої певні характеристики, що можуть бути викладені як описово, так і математично, та дають змогу для створення певних алгоритмів для проєтування як віртуальних моделей голови, так і для конструювання різних видів головних уборів.

Питання пов'язані з проєтуванням головних уборів мають різноплановий характер. Одним з важливих та актуальних напрямлень є створення розмірно-параметричної бази даних враховуючи різні вікові групи споживачів (розгляд розвитку голови та пропорцій обличчя залежно від віку) та їх математичний опис. Володіння даною інформацією дає проєктувальнику великий спектр можливостей як у створенні одягу наприклад, модульного, так і проєтуванні віртуальних моделей з урахуванням вікових особливостей.

Питання росту та розвитку людини розглядалося під різними кутами багатьма науковцями (Бунак В.В., Сперанський В.С., Міклашевська Н.Н. та тому інші), але у світлі антропологічних досліджень що не стосується швейної галузі. Тому слід розглянути цю інформацію для подальшої її обробки та створення алгоритму вікових змін, що можуть бути застосовані у проєтуванні антропометричної моделі у тривимірному просторі.

Ознаки будови голови змінюються відносно певного періоду віку. Вік людини за віковими змінами голови (залежно від процесу) можна умовно поділити на 3 періоди: 1 період (від новонароджених до юнацького віку), 2 період (юність та зрілість першого періоду) та 3 період (похилий вік та старість).

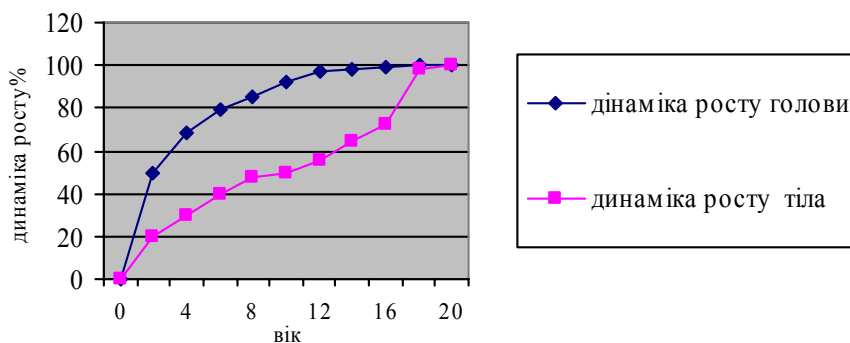


Рис. 1. Криві зросту голови відповідно віку за загальний ріст тіла [7].

Перший період характеризується розвитком організму та розглядається як єдність трьох взаємозв'язаних процесів: росту, диференціювання (різниця між однорідними на початку елементами) та локалізації (зміна просторових взаємовідносин). Окремі частини тіла та органи мають окрему швидкість зростання. Ця закономірність висловлюється через поняття диференціального росту, що висловлюється за формулою:

$$Y = bx^a,$$

де b – початковий показник зросту, x – лінійний розмір чи маса органу B , y – лінійний розмір чи маса органу A , a – константа рівноваги. Зміна пропорцій тіла у ранні вікові періоди, зумовлена диференційним зростанням його частин [14]. В різні періоди віку частини тіла дитини зростають та розвиваються з різною швидкістю. На рис. 1 можна побачити криві зросту голови та загальний ріст тіла дитини у різні вікові періоди. Найбільш інтенсивний ріст головних розмірів представлено у перші роки життя. Швидкість росту поступово зменшується, та досягає мінімуму у 10-11 років. В період статевого дозрівання починається збільшення швидкості росту головних розмірів, що продовжуються до 18-20 років. Тому чітко можна розрізнити 2 фази зміни швидкості першого періоду від народження до 10-11 років (що характеризує поступове падіння швидкості) та від 11 до 18-20 років (з невеликим збільшенням швидкості) (див. рис. 1).

В проєтуванні головних уборів слід враховувати загальну пропорційність тіла людини для композиції в системі “костюм” (див таб.1). У матеріалах щодо розвитку голови та її пропорцій слід виділити дослідження проведені антропологом Міклашевською Н.Н. що проводила виміри голів дітей кожен рік з 1 до 18 років з метою встановлення закономірностей росту головних та лицьових розмірів у дітей різних етнічних груп. Слід зазначити, що розвиток голови дитини розглядається як певна пропорція росту, не однакою залежно від етнічних особливостей (українці, узбеки, буряти, казахи та армяни). Розмірні ознаки у дітей при приблизно однаковому обхваті голови мають достатньо різні діаметри, висоту, що можна побачити у таблиці 2.

Таблиця 1

Відносна величина частин тіла у різні вікові періоди у % до загального об'єму тіла [14, 15]						
Період		Вік	Голова та шия, %	Тулуб %	Верхні кінцівки, %	Нижні кінцівки, %
Сучасна медична практика	Галузеві стандарти					
Новонароджений	Ясельна	1-10 днів	32	44	8	16
2 роки	Дошкільна		22	51	9	18
6 років			15	50	9	26
Постпубертальний період (юність)	Підліткова група	17-20 років	10	52	9	29

Проаналізувавши роботи антропологів, були складені графіки абсолютної швидкості росту різних параметрів голови дітей (хлопчиків) залежно від віку та етнічної приналежності, з яких можна прослідкувати таке: швидкість росту неоднакова [6]. Тобто певні параметри голови розвиваються залежно від певних умов як у даному випадку спадкових етнічних особливостей. У порівняльних графіках 5 та 6 розглянута абсолютна швидкість розвитку різних параметрів голови у хлопчиків українців та хлопчиків армян з чого видно, що параметри швидкості розвитку голови дітей українців приблизно однакові, у армян швидкість подовжного діаметру голови має інший характер. Теж саме можна прослідкувати в порівняльних графіках 1, 2, 3, 4, де побачимо певні етнічні відмінності у розвитку дітей.

Таблиця 2

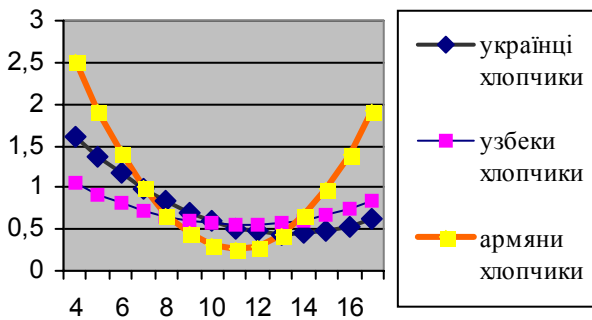
Зміни у параметрах та будови голови у дітей та підлітків (хлопчиків) українців (мм) [5]

Вік	Ріст подовжного діаметру черепа (мм)		Поперечний діаметр голови (мм)		Виличний діаметр голови (мм)		Морфологічна висота обличчя (мм)	
	українці хлопчики	узбеки хлопчики	українці хлопчики	узбеки хлопчики	українці хлопчики	узбеки хлопчики	українці хлопчики	узбеки хлопчики
2	162,08	-	138,20	-	108,71	-	75,48	-
3	164,94	-	140,23	-	110,92	-	79,71	-
4	167,34	161,32	141,99	147,47	112,95	118,13	83,37	95,30
5	169,32	162,64	143,49	148,45	114,82	120,11	86,52	97,63
6	170,95	164,05	144,76	149,32	116,56	121,99	89,24	99,90
7	172,29	165,55	145,84	150,09	118,18	123,78	91,59	102,11
8	173,39	167,11	146,74	150,77	119,72	125,51	93,65	104,27
9	174,32	168,70	147,50	151,40	121,19	127,17	95,49	106,39
10	175,13	170,29	148,14	151,98	122,62	128,78	97,18	108,50
11	175,89	171,87	148,69	152,54	124,04	130,36	98,80	110,60
12	176,66	173,41	149,18	153,09	125,47	131,90	100,41	112,69
13	177,50	174,88	149,63	153,65	126,93	133,43	102,08	114,80
14	178,46	176,26	150,08	154,24	128,45	134,96	103,89	116,94
15	179,61	177,53	150,54	154,88	130,04	136,49	105,91	119,11
16	181,00	178,66	151,05	155,59	131,75	138,04	108,21	121,32
17	182,71	180,40	151,64	156,38	133,58	139,62	110,87	123,60

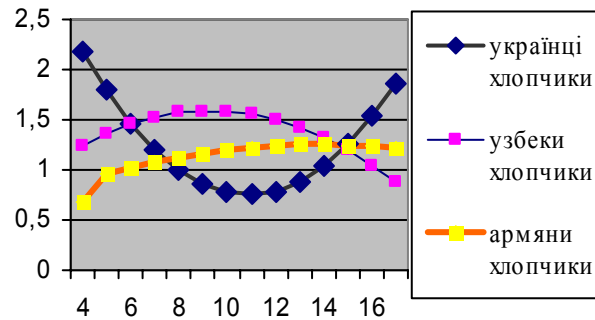
Слід зауважити, що найбільші розбіжності у рості антропометричних вимірювань між різними етнічними групами приходяться на дитячий вік. Також слід зауважити, що ріст мозкового та лицьового відділів голови різний. Швидкість росту розмірів у лицьового відділу більша ніж у мозкового: у 11 років швидкість росту поперечних діаметрів обличчя коливається від 0,1 до 0,5 мм, діаметр вилиць – від 1,2 до 1,5 мм, а морфологічна висота обличчя – від 1,5 до 2 мм. Цей факт говорить про те, що розвиток мозкового відділу голови закінчується раніше ніж формування обличчя. Вже новонародженна дитина має 60 % довжини голови дорослого, до 4 років – 90 % довжини голови, широтні виміри обличчя 80-85 % та висотні виміри обличчя 75-80 %.

При розгляді розвитку мозкової та лицьової частини голови відносно віку та статі були зазначені певні особливості. Слід зазначити що розвиток дівчаток більш інтенсивніший та випереджає розвиток та ріст хлопчиків приблизно на 2-3 роки. У таблиці 3 представлені зміни від народження та до старості у аналізі відносно статі, де можна відстежити загальні зміни будови та параметрів голови відповідно віку.

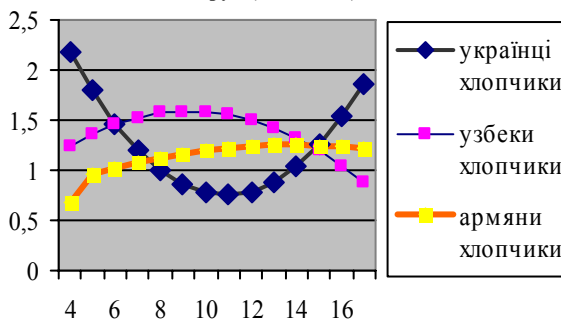
Графіки порівняння росту за різними параметрами



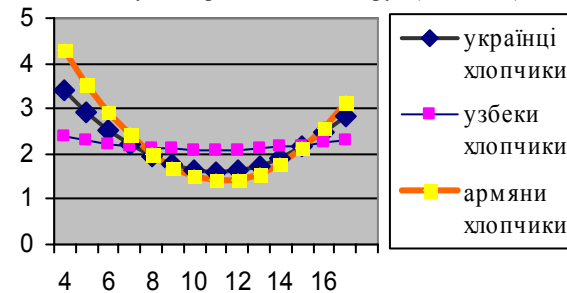
Графік 1 Абсолютна швидкість росту поперечного діаметру голови у дітей різних етнічних груп (хлопчики)



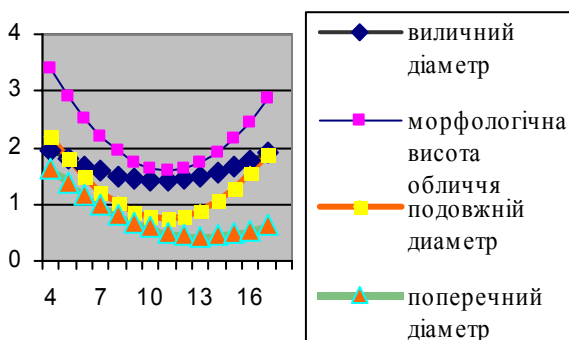
Графік 2 Абсолютна швидкість росту подовжнього діаметру голови у дітей різних етнічних груп (хлопчики).



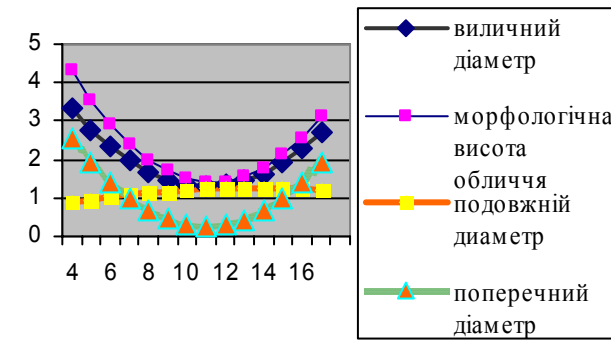
Графік 3 Абсолютна швидкість росту вилічного діаметру голови у дітей різних етнічних груп (хлопчики)



Графік 4 Абсолютна швидкість росту морфологічної висоти обличчя у дітей різних етнічних груп (хлопчики)



Графік 5 Абсолютна швидкість росту різних параметрів голови у хлопчиків українців




Графік 6 Абсолютна швидкість росту різних параметрів голови у хлопчиків армян

Процеси росту та розвитку роблять організм дитини залежним від зовнішніх факторів [1, 5], так як кожен організм потребує певних умов для розвитку, а також пристосовується до них, становлячи єдине ціле з навколишнім середовищем. Тобто на розвиток дитини мають вплив як генетичні фактори, так і фактори зовнішнього середовища та соціально-економічні.

При проектуванні манекену-еталону та подальшому використанні слід також враховувати вплив акселерації дітей на мінливість даних. В різних країнах при накопичуванні антропометричних даних почали помічати та констатували поступове протягом десятиріч збільшення довжини та ваги тіла дітей, а також прискорення статевого дозрівання. Сутність акселерації полягає в більш ранньому досягненні певних етапів біологічного (фізичного, статевого) розвитку. Акселерація розповсюджує свій вплив на всі антропометричні параметри. Прискорення росту супроводжується деякою зміною пропорцій, форми тіла у різному ступені. У дітей спостерігається тенденція до доліхоморфного типу будови тіла (видовжені пропорції). Рівень акселерації приблизно за 20 років призвів до збільшення загальних розмірів голови на 1-5 мм в усіх вікових групах, а за даними фізіологічних і медичних досліджень на сьогодні, початок статевого дозрівання у підлітків зрушився на 1-2 роки. Акселерація не постійне явище та залежить від певних умов: харчування, місцевість, екологія тощо. Також однією з причин цього явища є спадковість. При акселерації слід також враховувати і певні зміни у вазі та розвитку дорослих, а також у зміні вікових періодів розвитку.

Загальний розвиток параметрів голови у дітей

Період	Роки	Ознаки	
		Загальні	Особливі
Новонароджені	1- 10 днів	<p>Недоношені діти d плечей $< d$ голови, $V_{гол} = 1/3, 1/4$ довжини тіла За формою череп більш круглий</p>	
		<p>Доношені $O_{гол} > O_{г}$ на 1-2 см $V_{гол} = 1/4, 1/5$ довжини тіла Мозковий відділ черепу у 8 разів більший за лицьовий, об'єм лицьового черепу складає 13 % мозкового (40 % у дорослих). Висота обличчя 33 % від величини у дорослому віці. Ширина обличчя 50 % від величини дорослого Ширина носу 50 % від величини дорослого Очниці: ширина 58,4 % Висота 60 %</p>	
		<p>Місткість черепу у хлопчиків більша ніж у дівчаток.</p>	
Грудний	10 днів – 1 рік	<p>Між 2 та 3 місяцем $O_{г} = O_{гол}$. Об'єм мозкового черепу збільшується у 2 рази у перші 6 місяців Ширина очниці у 9 міс – 86,6 % Головний вказівник підвищується з 1-7 міс, а потім зменшується. Товщина кісток збільшується у 3 р. Голова розвивається рівномірно.</p>	
Період раннього дитинства	1-3 років	<p>З 2-5 років розвивається у поперечному напрямленні у тім'яній та потиличній областях. 5-7 років розвивається основана черепу, мозковий череп у своєму розвитку починає відставати від лицьового, обличчя збільшується. Період найбільш інтенсивного росту обличчя у сагітальному напрямі. Більш сильно проявляється профілювання обличчя, сильніше виступають ніс та підборіддя</p>	Об'єм мозкового черепу збільшується у 3 рази
Перший період дитинства	4-7 років		<p>Розміри голови у 4 роки дорівнюють більше 90 % від величини у 18 років. Широтні розміри обличчя 80-85 %, висотні розміри обличчя 75-80 %</p>
Другий період дитинства	8-12 хлопчики 8-11 дівчатка	До 10 років об'єм черепу складається приблизно 1300 м ³	
Підлітковий вік	13-16 хлопчики 12-15 дівчатка	Ширина голови набуває кінцеві розміри: дівчата 14-15 років хлопці 16 років	
Юнацький вік	17-21 хлопчики 16-20 дівчатка	Довжина голови перестає змінюватися Дівчата: 16 років Хлопці -18 років. Череп повністю сформований та розвинутий Величина мозкової та лицьової частин черепу складається, відповідно, як 2\1	

Другий період (від юності до зрілості першого періоду) характеризується відносною незмінністю та стабільністю у параметрах мозкової та лицьової частин голови. Третій період (похилий вік та старість) характерний певною зміною у розмірах голови та пропорцій обличчя. Взагалі з віком спостерігається перерозподіл жирової компоненти на обличчя з області щік переміщується в напрямі до нижнього відділу обличчя. При цьому змінюється профіль роту та стає помітнішим впалість щік та вилиць.



При аналізі вікових змін у будові голови людини можна зробити **висновки** що:

1. Існуюча розмірно-параметрична інформаційна база для дизайн-проекування головних уборів обмежена та не враховує багато параметрів, один з яких – вікові зміни у будові та пропорціях голови.

2. Швидкість росту мозкового та лицьового відділів голови різна та залежить від етнічної спадковості та явища акселерації.

3. При проектуванні дитячих головних уборів можна враховувати певні особливості росту.
4. У похилому віці та старості змінюються пропорції обличчя та розмірні характеристики голови.

Таблиця 4

Вікові зміни у будові та пропорціях голови у постпубертальний період		
Період	Роки	Ознаки
Пост-пубертальний період	Юність чоловіки 18-21 жінки 17-20	 Череп повністю формований та розвинутий. Величина мозкової та лицьової частин черепа 2/1
	Зрілість 1 періоду чоловіки 22-35 Жінки 21- 35 років	До 45 років заростають шви. Довжина черепа збільшується до 40 років. Ширина черепа немає вікових коливань.
	Зрілість 2 періоду чоловіки 36-60 Жінки 36- 55 років	Вікова зміна розмірів черепа Зменшення у жінок – після 40 років У чоловіків – після 60 змінюються пропорції обличчя
	Похилий вік 61- 74 56-74	
	Старість 75-90	Збільшується об'єм голови, кістки черепа стають тоншими на 16–28 %, змінюються: довжина спинки носу, ширина роту, довжина вух. Губи стають тоншими, зменшуються розміри та пропорції обличчя

Література

1. Безневольская Ю.Д. Проблемы этнической антропологии // Морфология затылочной области черепа человека. – Л.: Наука, 1976. – С. 56-59.
2. Бондаренко О.В. Морфометрическая характеристика костей свода черепа для компьютерного моделирования...: Дис... к.м.н.: 14.03.01. Луганск, 2002
3. Сперанский В.С. Основы медицинской краниологии. – М.: Медицина, 1988. – 288 с.
4. Твардовская М.В. Возрастные и половые особенности измерительных признаков взрослого человека // Проблемы этнич., антропол. и морфол. человека. – Л.: Наука, 1974. – С. 135-152.
5. Миклашевская Н. Н. Возрастные изменения морфологических особенностей головы и лица у детей и подростков различных этнических групп. – М.: Наука, 1964.
6. Рост и развитие ребенка под ред Н.Н. Миклашевской. М.: МГУ, 1973.
7. Сперанский В.С. Основы анатомии детского возраста. – Саратов: Саратовский медицинский институт, 1979.
8. Твардовская М.В. Возрастные и половые особенности измерительных признаков взрослого человека // Проблемы этнич., антропол. и морфол. человека. – Л.: Наука, 1974. – С. 135-152.

Надійшла 7.11.2008 р.

УДК 685.34.016.3+514.181.22

Т.А. НАДОПТА
Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ АБРИСІВ ПРОТОТИПУ ВЗУТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИВИХ БЕЗЬЄ

Обґрунтовано моделювання профільних абрисів прототипу з використанням апарату кривих Безьє.

Вступ та постановка задачі. Згідно з положеннями, викладеними в [1], аналітична методика проектування деталей верху взуття в самому загальному вигляді передбачає побудову абриса розгортки як сукупності точок, котрі є наслідком перетину кривих зовнішнього контуру перетинів прототипу з просторовою кривою стику деталей верху з підшовою. Перетини січень прототипу верхньою точкою приєднуються до кривої

гребня, яка в загальному вигляді може бути просторовою, проте реально достатньо кваліфікувати її як плоску, отриману в результаті перетину прототипу серединною площиною. Остання є вертикальною площиною, слід якої на горизонтальній базовій площині співпадає з прямою, що проходить через середину п'яткового заокруглення та між великим і другим пальцями (детальний аналіз варіантів положення серединної площини наведено в [1]). Нарешті конфігурація деталей верху взуття (ДВВ) суттєво залежить від форми п'яткової частини (задника). Таким чином, для практичної реалізації аналітичної методики необхідний математичний опис складових абрисів: кривої стику (кривої з'єднання деталей верху взуття з підшвою), кривої гребня та кривої задника. Як зазначалось вище, останні криві є плоскими в профільній площині (згідно з усталеною термінологією це вид збоку [2]), крива ж стику є просторовою. В даній роботі розглянуті методи моделювання тільки профільних абрисів прототипів взуття, що достатньо для кривих гребня та задника. Крива стику буде точно ідентифікована після отримання аналогічними методами математичного опису її в горизонтальній площині.

Математична інтерпретація означених кривих може базуватись на використанні різного апарату, проте раніше було обгрунтовано перспективність використання кривих Безьє. Ці криві мають ряд особливостей, серед яких найбільш суттєві наступні [3, 4]: функції базису є дійсними величинами; степінь багаточлена, який визначає криву, на одиницю менший від кількості точок зовнішнього визначального багатокутника; основа форми кривої повторює обрис визначального багатокутника; перша та остання точки співпадають з початковою та кінцевою точками визначального багатокутника; вектори дотичних в кінцях кривої співпадають за напрямком з першою та останньою точками багатокутника; крива лежить всередині випуклої оболонки багатокутника; крива перетинає будь-яку пряму не частіше, ніж це робить визначальний багатокутник; крива інваріантна стосовно афінних перетворень. Остання властивість особливо істотна з огляду на перспективу необхідності градирування ДВВ. Формування конфігурації профільного абриса демонструється рис. 1.

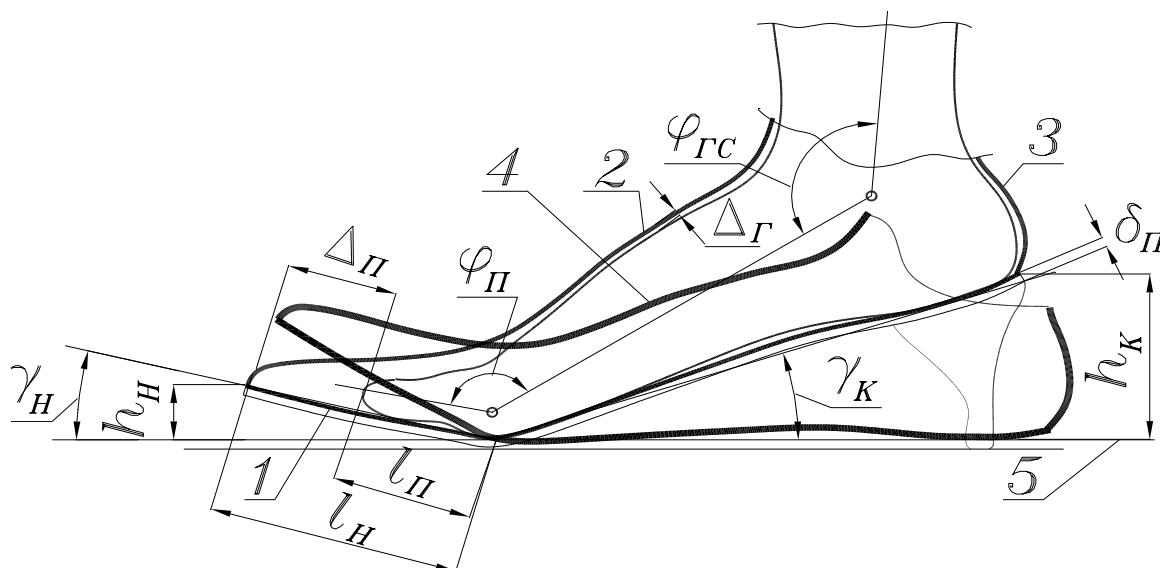


Рис. 1. Схема формування профільного абриса. 1- крива стику, 2- крива гребня, 3- крива задника, 4 – повернутий прототип, 5 – базова горизонтальна площина

Реальна стопа в загальному вигляді опирається на базову горизонтальну площину (базу) в пучковій частині, п'ятка піднята над базою на висоту каблука h_K , оскільки останній опирається на площину, яка нижче бази на величину товщини конструкції підшви δ_P . Допустима висота каблука обмежується максимальним значенням кута в гомілковостопному суглобі $\varphi_{ГС}$. Для зручності ходьби носок повинен мати певне підняття h_N , при цьому за співвідношенням підняття носка до довжини носкової частини формується кут підняття носкової частини

$$\gamma_H = \arcsin(h_N / l_H),$$

де l_H – довжина носкової частини, яка включає довжину великого пальця від плесно-фалангового суглоба, припуск в напрямку довжини великого пальця l_n , котрий формується як сума функціонального та декоративного припусків.

Слід зазначити, що найчастіше на практиці використовується три типи профільного абриса в носковій частині: випуклий, спрямлений та ввігнутий, що відповідно впливатиме на форму теоретичної кривої в цій частині прототипу.

Найбільше значення γ_n та висоти підйому h_n обмежується мінімально можливим значенням кута γ_n між великим пальцем та плесневою кісткою.

$$\text{Кут підйому } \gamma_k = \arcsin(h_k / x_{PA1}),$$

де x_{PA1} – відстань від найбільш виступаючої точки п'яткового заокруглення до точки внутрішнього пучка.
 Для зручності подальшої роботи синхронно повернемо (рис. 2) криві стику, гребня та задника навколо точки опори внутрішнього пучка до контакту п'яткової частини з базовою горизонтальною площиною, тобто на кут $(\gamma_H + \gamma_K)$.

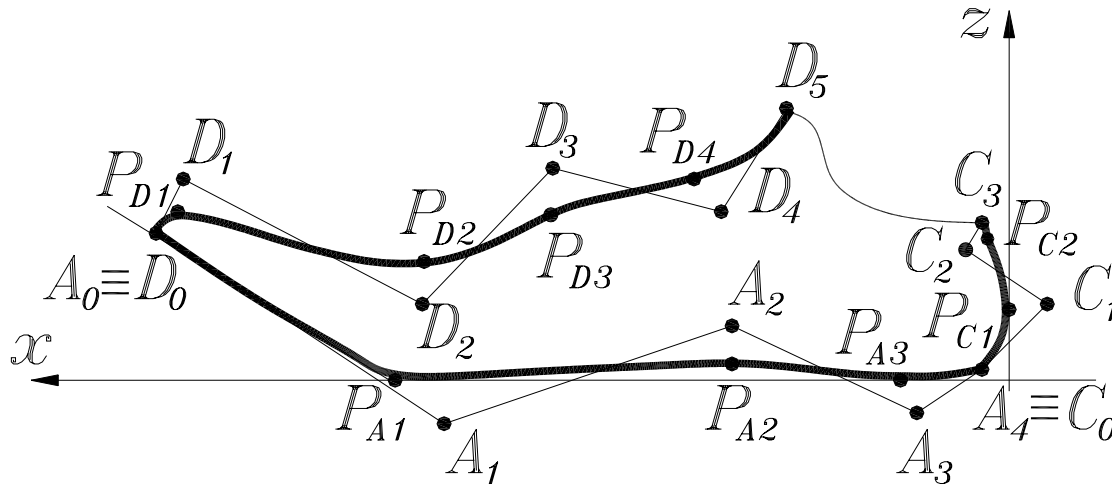


Рис. 2. Схема точок кривих Безьє

Реальні криві абрисів, представлені на рис. 2, відображаються системою точок P з відповідними індексами, а також кінцевими точками A для кривої стику, C – для кривої задника, D – для кривої гребня (в позначенні дотримано системи, яка загальноприйнята в математичному апараті кривих Безьє). При цьому точки початку кривої мають нульовий індекс, а індекс кінцевих точок вказує на порядок кривої Безьє. Таким чином, крива стику має четвертий порядок, крива задника – третій, крива гребня – п'ятий. В принципі порядок кривої принципового значення для складності рішення задачі не має, проте порядок кривих більше третього може бути зниженим за рахунок розбиття на декілька кривих Безьє нижчого порядку. Наприклад крива гребня може бути розбита на дві третього порядку шляхом введення додаткової точки, яка є точкою перетину відрізка D_2D_3 кривою гребня на ділянці $P_{D2}P_{D3}$. Нові криві будуть також кривими Безьє третього порядку, причому забезпечується рівність похідних в точці зшивання, оскільки точки D_2 і D_3 лежать на одній прямій, котра також проходить через нову точку кінця першої ділянки та початку другої.

Задача знаходження положення керуючих точок $A_1, A_2, A_3, C_1, C_2, D_1, D_2, D_3, D_4$ є оберненою відносно задачі розрахунку координат точок кривої Безьє по заданому положенню кінцевих та керуючих точок. Програмно найпростіше цю задачу вирішувати на основі аналітичних залежностей для точок кривих Безьє [1] шляхом ітераційних обчислень координат керуючих точок по заданих координатах точок кривої та з дотриманням певної заданої точності наближення до положення реальної кривої. Проте крива Безьє не допускає локального редагування, тобто при зміні положення будь-якої з керуючих точок змінюється положення всіх точок даної кривої за винятком кінцевих. Вказаного недоліку позбавлені криві типу В-сплайну, але їх використання для поставлених задач дещо складніше, в тому числі – і в частині аналітики.

Для розв'язання задачі розрахунку координат керуючих точок необхідно задати координати точок кривих. Координати точки $A_0 \equiv D_0$ визначаються через довжину носкової частини l_H та тригонометричні функції суми кутів $(\gamma_H + \gamma_K)$

$$x_{A_0} \equiv x_{D_0} = x_{PA1} + l_H \cos(\gamma_H + \gamma_K),$$

$$z_{A_0} \equiv z_{D_0} = l_H \sin(\gamma_H + \gamma_K).$$

Положення точки $PA1$ фіксується як внутрішній пучок, тому згідно з [1] для чоловічої стопи

$$x_{PA1} = (0,706 + 6,662 \cdot 10^{-76} \cdot N^{-32,492}) \cdot N,$$

для жіночої стопи

$$x_{PA1} = (0,864 - 0,000576 \cdot N) \cdot N,$$

$$z_{PA1} = 0,$$

де N – розмір взуття в метричній системі нумерації.

Точка $PA2$ відповідає точці згину стопи [5], тому

$$x_{PA1} = 0,4N.$$

Координата z_{PA1} може орієнтовно вибиратися як половина радіуса заокруглення внутрішньої поверхні колодки в перетині $0,4N$. По порядку величин цей радіус становить 26 мм для закритого взуття та 34 мм для юхтового взуття [6].

Якщо вважати положення точки P_{A3} як центр п'ятки, то згідно з [1] для чоловічої стопи

$$x_{PA3} = (0,235 + 0,562/(N - 235)) \cdot N,$$

для жіночої стопи

$$x_{PA3} = (0,26 + 0,37/(N - 205)) \cdot N,$$

$$z_{PA3} = 0.$$

Точка $A_4 \equiv C_0$ знаходиться як перетин задника зі слідом. Згідно з [5], дана точка розраховується як величина зсуву п'яткової частини стопи

$$x_{A4} \equiv x_{C0} = 0,02N + 0,05h_K$$

$$z_{A4} \equiv z_{C0} = r_{II} - \sqrt{2r_{II}x_{A4} - x_{A4}^2},$$

де r_{II} – радіус п'яткового заокруглення, який дорівнює x_{PA3} .

Точка P_{C2} знаходиться на висоті берців або задинки, яка для туфель та напівчеревинок розраховується для берців

$$z_{PC2} = 0,15N + 25,5,$$

для задинки $z_{PC2} = 0,15N + 12,5$ [7].

По вісі x вважається, що точка P_{C2} знаходиться на одному рівні з точкою P_{C1} [5].

Точка C_3 розташована вище точки P_{C2} на 3...20 мм залежно від виду взуття та статево-вікової групи (менші значення для берців чоловічого взуття, більші значення для задінок жіночого взуття). Крім того, ця точка зсунута по осі x від задинки на $1,5 \pm 0,5$ мм.

Оскільки точка P_{C1} лежить на осі z , то її координати визначаються $x_{PC1} = 0$, а згідно з [7].

$$z_{PC1} = 0,33z_{PC2} = 0,05N + 8,5 \text{ для берців та}$$

$$z_{PC1} = 0,33z_{PC2} = 0,05N + 4,2 \text{ для задінок.}$$

Точка P_{D1} може бути прийнятою як кінець заокруглення носкової частини. Радіус цього заокруглення в профільній проекції в основному залежить від тенденцій моди, тому ця частина абриса може оформлюватись приблизно як четверть кола або при високих носках навіть як відрізок прямої, перпендикулярний лінії A_0A_1 , з переходом його в дугу кола (найчастіше це четверть кола). Для варіанту заокруглення у вигляді тільки дуги кола спрощено

$$x_{PD1} = x_{A0} - r_H \cos(\gamma_H + \gamma_K)$$

$$z_{PD1} = z_{A0} + r_H (1 - \sin(\gamma_H + \gamma_K)),$$

де r_H – радіус заокруглення носка в профільній проекції, по порядку величин – 5...35 мм.

У разі, коли заокруглення має форму сукупності прямої та дуги

$$x_{PD1} = x_{A0} - h_{II} \sin(\gamma_H + \gamma_K) - r_H \cos(\gamma_H + \gamma_K)$$

$$z_{PD1} = z_{A0} + h_{II} \cos(\gamma_H + \gamma_K) + r_H (1 - \sin(\gamma_H + \gamma_K)).$$

Положення точки P_{D2} кваліфікується на кривій гребня по улоговині, котра проходить від внутрішнього пучка до зовнішнього. Згідно з [5, 7] координата $x_{PD2} = 0,68N$. Що стосується висоти профілю в цьому перетині, то його можна визначити, наприклад, виходячи з відомої конфігурації перетину та довжини обхвату [1]. Аналогічно для точки P_{D3} прийнято $x_{PD3} = 0,62N$ [5, 7]. Координата висоти (вісь z) може визначатись аналогічно точці P_{D2} по відомому обхвату в цьому перетині [1] та припіднятості перетину з врахуванням положення точки P_{A2} .

Точка P_{D4} розташована в перетині 0,5 довжини стопи [1, 5, 7]. Її положення знаходиться засічкою з точки A_4 радіусом, який дорівнює великій осі еліпса (мала вісь умовно рівна подвійному радіусу п'яткового заокруглення). Ця вісь визначається аналітично, якщо врахувати, що відома довжина периметра еліпса (обхват через підйом [1]). Варто також відзначити, що згідно з [7] лінія A_4P_{D4} нахилена до бази під кутом 40° (стопа опирається на базову площину), а це значно спрощує методику побудови положення цієї точки.

Положення точки D_5 в основному визначається художнім рішенням. В деяких випадках ця точка може співпадати з точкою P_{D4} , або навіть знаходитись далі від п'яткової частини, ніж точка P_{D4} . В цьому випадку вказані точки міняються позначеннями та функціями (проміжна точка стає кінцевою). Нарешті положення точок, особливо це стосується точок кривої гребня, може задаватись на основі художнього рішення взуття конкретними координатами.

Висновок. Розроблені загальні положення, які дозволяють змоделювати профільний абрис прототипу. Частина залежностей потребує уточнення, в тому числі – за допомогою антропологічних обмірів. Викладений матеріал є першоосною для побудови алгоритму визначення параметрів кривих Безье, за допомогою котрих і передбачається формувати криві абрисів.

Література

1. Надопта Т. А. Передмова до розробки аналітичного методу проектування деталей верху взуття // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008, № 3, т. 2. – С. 235-239.
2. Баш Л. М., Боброва А. В., Вечеслова Г. Л., Кимягарова Р. С., Сендровиц Е. М. Современный словарь иностранных слов: толкование, словоупотребление, словообразование, этимология: [Около 7200 слов, 14400 словосочетаний и предложений, 1750 цитат]. – 4. изд., стер. – М.: Цитадель-Трейд; Рипол классик, 2003. – 959 с.
3. Роджерс Д., Адамс Д. Математические основы машинной графики [Текст]: монография / Д. Роджерс, Д. Адамс; Пер. со 2-го англ. изд. П. А. Монахова и др.; Под ред. Ю. М. Баяковского и др. – М.: Мир, 2001. – 604 с.: ил. – Пер. изд.: Mathematical elements for computer graphics / D. F. Rogers, J. A. Adams. – 2nd edition. – New York et al., 1990.
4. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 512 с.
5. Ченцова К.И., Муханова В.Н. Проектирование и моделирование обувных колодок. – М., 1971 – С. 19-22
6. Зыбин Ю.П. Конструирование изделий из кожи. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 318 с.
7. Бегняк В.І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри: [Навчальний посібник для студентів ВНЗ спеціальності 7.091820 „Взуття, шкіргалантерейні та лимарні виробы”] – Хмельницький: ТУП, 2002. – С. 260.

Надійшла 13.11.2008 р.

УДК 389.1

Т.В. ЛАЗАРЕНКО

Національний технічний університет України «КПІ»

К.Л. ШЕВЧЕНКО

Київський Національний університет технологій та дизайну

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ КАФЕДРИ У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

Розглянуто метод визначення якості навчального процесу та одну з його реалізацій у вигляді променевої діаграми як комп'ютерної моделі інтегральної оцінки

Серед критеріїв якості навчального процесу числові оцінки займають особливо важливе місце. За кожною з них стоїть методичне напрацювання, яке дозволяє, здавалось незвичайно, нефізичну характеристику навчального процесу виразити числом. Досвід розробки таких критеріїв вже є в [1, 2]. В умовах широкої комп'ютеризації наукової промисловості, навчальної сфер діяльності суспільства числові оцінки є найбільш зручними для побудови комп'ютерної моделі оцінки якості навчального процесу. В свою чергу, така модель найбільш сприйнятлива державною автоматизованою системою управління народною освітою. Проте, аналізуючи відому методологію числових критеріальних оцінок, треба підкреслити, що вона поєднує порівняльну базу та сам об'єкт оцінки. Наприклад, для оцінки роботи кафедри навчального закладу у виконанні учбових планів в цілому, введено коефіцієнт виконання

$$K_{\epsilon} = N_{\phi} / N_n,$$

де N_{ϕ} , N_n – відповідно фактична і планова чисельності учбових занять.

Звісно, що система самооцінок не виконує функцію об'єктивного аналізу якості навчального процесу. Така ж тенденція реалізована, наприклад, в оцінці якості підготовки спеціалістів за коефіцієнтом якості

$$K_{\text{яс}} = \frac{1}{25m} \left(\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n1} B_{ij} + \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n2} B_{ij} + \sum_{i=1}^m B_i' + \sum_{i=1}^m B_i'' + \sum_{i=1}^m B_i''' \right),$$

де m – кількість випускників навчального закладу; n_1 , n_2 – кількість учбових предметів, за якими виконано атестації дипломної роботи та на державних іспитах; B_i , B_j , B_{ij} – оцінки за предмет та групи предметів.

Як бачимо, потрібні інші, більш досконалі та об'єктивні критеріальні оцінки та, перш за все, зміна концепції навчального процесу. Безумовно, метою освіти є задоволення вимог фахового сегменту ринку праці. Тому пропонується прийняти концепцію результативності навчального процесу, в якій найкращим результатом навчального процесу і порівняльною базою є та із кафедр всієї мережі навчальних закладів, яка найбільше відповідає фаховим вимогам працевластача. Така кафедра може мати віртуальний вигляд, якщо жодна з реальних не відповідає вимогам ринку праці. Віртуальність полягає в тому, що модель конструюється з найкращих критеріальних оцінок ряду реальних кафедр навчального закладу.

Корисність полягає в обмеженні нереальних вимог працевластача до рівня фахової підготовки випускника.

Числові оцінки слід класифікувати як одиночні, що характеризують окремі параметри навчального процесу, комплексні, що відносяться до напрямків діяльності кафедри навчального закладу та інтегральні, що характеризують навчальний процес кафедри в цілому. Одиночна числова оцінка є відносним показником, тобто відношенням параметру навчального процесу, який оцінюється, до такого ж параметру, що визначений як найкращий або базовий. Одиночних оцінок вже напрацьовано кілька десятків [1], але кожна з них, як вже зауважено, насправді є самооцінкою. Кінцевою визначеною оцінкою, яку пропонується використовувати в порівняльному аналізі якості навчального процесу, є інтегральна оцінка, яка формується за такою методикою.

Всі одиночні оцінки групують за рівнем відповідності результату:

- рівень інтелектуальних здібностей за оцінками з гуманітарних та загальноосвітніх дисциплін;
- рівень фахових здібностей за оцінками з фахових дисциплін;
- рівень адаптованості до виробничого процесу за оцінками працевластача;
- рівень творчих здібностей за оцінками керівників наково-технічних робіт, що проявлені випускниками під час навчання.

Кожна з вказаних груп формує свій коефіцієнт комплексної оцінки як середньозважену величину

$$Q_k = \frac{\sum_{i=1}^n m_i K_j}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (1)$$

де K_j – одиночна оцінка із ряду, що включає в себе n оцінок; m_j – коефіцієнт вагомості j -го параметру навчального процесу в кінцевому результаті за експертною оцінкою, $m_j < 1$.

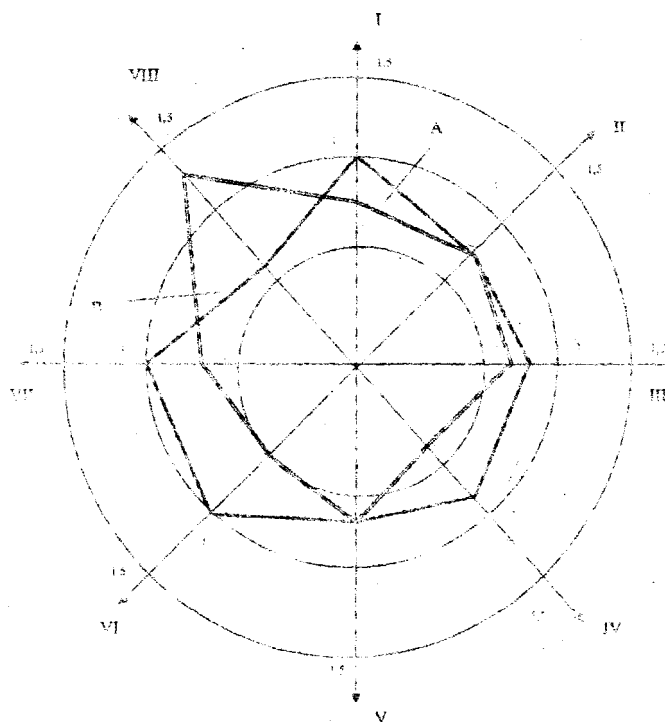
Нарешті визначається інтегральний рівень якості навчального процесу кафедри навчального закладу за числом n комплексних показників

$$I = \frac{\sum_{k=1}^n g_k Q_k}{\sum_{k=1}^n g_k}, \quad (2)$$

де g_k – коефіцієнт ваги Q_k -го коефіцієнту комплексної оцінки, що визначені експертно.

Інтегральний рівень якості навчального процесу можна визначити за графічною моделлю у вигляді променевої лінійно-кругової діаграми. Відома "радіаційна" діаграма, що визначається своєю наглядністю [3].

Розроблена нами променева діаграма є суттєво модернізованим її видом і визначена як комп'ютерна модель інтегральної оцінки якості навчального процесу. Побудова променевої діаграми виконується комп'ютером за програмою і висвітлюється на дисплеї.



Променева діаграма оцінки якості навчального процесу

За допомогою концентричних кіл, кількість яких визначається необхідною дискретністю шкали, будується масштабна сітка діаграми. З центру під однаковими кутами один до одного виходять промені, кількість яких дорівнює кількості комплексних показників, а на кожному з променів позначається величина комплексного показника. Коло одиничного радіуса відмежовує базовий інтегральний показник. Сполучаючи відзначені точки прямими, отримуємо два багатокутника: А, що відповідає базовому варіанту моделі, і В, що відповідає оціночному варіанту. Співвідношення їх площ, S_B і S_A , приймаємо за інтегральний показник якості навчального процесу, який потрібно оцінити.

Достовірність оцінки тим більша, чим більша кількість променів, тобто, чим більше сторін діяльності навчального процесу оцінюється. Викладена методика оцінки якості конкретного навчального процесу може бути реалізована в державній загальноосвітній комп'ютерній системі управління, що має необхідний банк даних для визначення базових параметрів.

Література

1. Леонович И.И. Критерии качества учебно-воспитательного процесса. – 2-е изд., перераб. – Минск: Высшая школа, 1998. – 148 с.
2. Методичні рекомендації організації системи контролю якості навчального процесу у ВНЗ/ Укладач В.М. Верчасов та ін. – К.: Вид-во Міносвіти України, 2001. – 48 с.
3. Семь инструментов качества в экономике / Сост. Э.К. Николаева. – М.: Из-во стандартов, 1990. – 88 с.

Надійшла 10.11.2008 р.

УДК 621.178.162

Ю.І. ШАЛАПКО, С.Г. КОСТОГРИЗ, В.С. КУРСКОЙ
Хмельницький національний університет

РОЗВИТОК ДЕСТРУКТИВНИХ ЯВИЩ У НОМІНАЛЬНО-НЕРУХОМОМУ КОНТАКТІ В УМОВАХ ДІЇ МІКРОЗМІЩЕНЬ КОНТАКТУЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ

У номінально-нерухомих з'єднаннях мають місце мікрозміщення поверхонь, що, в свою чергу, призводить до руйнівних процесів і, врешті, до втрати працездатності з'єднання. В роботі розглянуто механізм переходу від режиму статичного зчеплення до режиму зчеплення-проковзування.

Деградація контактної пари в умовах змішаного контакту й переходу до режиму динамічного зчеплення - проковзування (РДЗП) викликається локально-абразивною дією продуктів мікрозношування й втомним розривленням плям контакту, що знаходяться у стані зчеплення. Все це погіршується хімічною активізацією поверхні тертя, чітко виділяються області мікрозношування на периферії контакту та руйнування області зчеплення.



Рис. 1. Руйнування сталі ХН78Т в умовах змішаного фретинг-контакту. а – нормальне навантаження, $P_n = 30 \text{ Н}$, б - $P_n = 75 \text{ Н}$, кількість циклів $N = 2,15 \cdot 10^6$

Вимірювання втрат об'єму через поверхню розділу в результаті тангенціальних навантажень було проведено на установці «Talyscan» методом лазерного сканування плям контакту. На рис. 2–4 представлені етапи аналізу об'ємного зношування поверхонь.

Якщо величина відносного проковзування та швидкості є показниками цілісності контакту, то відповідна інтегральна величина втрати об'єму, а разом з нею й зменшення кількості елементарних зв'язків, виродження пружно-пластичного контакту у чисто пружній, збільшення шорсткості контакту, зменшення сили статичного тертя є критерієм цілісності ННФК в умовах мікрофретингу. Важливим є стан контакту в початкові цикли коливальних. Вже при кількох десятках циклів коливальних відбувається перерозподіл міжконтактного простору в сторону його збільшення. Це свідчить про зростання вільної поверхні контакту та про активну фазу

роботи сил тангенціального опору у контакті (рис. 3).

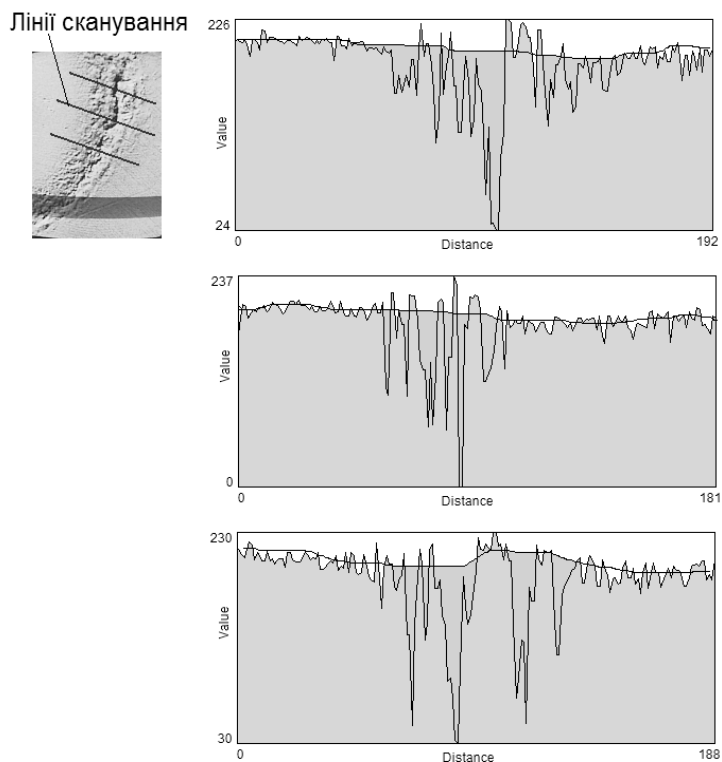


Рис. 2. Схема вимірювання зношування в області мікропроковзування у ННФК сталі 20Х13 в стані квазістатичного зчеплення після $1.5 \cdot 10^6$ циклів

Вільна поверхня контакту зростає в залежності від відношення $\frac{F_t}{P_n}$ у 1,2...2,2 рази, а деформаційні рівні поверхонь накопичуються на периферії контакту. Для відносно м'яких металевих поверхонь підвищений рівень тангенціальних напружень призводить до появи вузлів схоплення не в області найбільших нормальних напружень, а в області проковзування (рис.4).

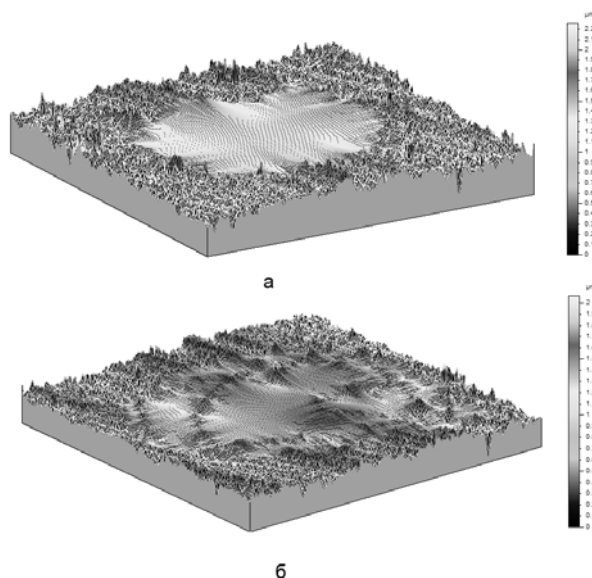


Рис.3. Нормальний контакт кульки $\varnothing 4,2$ мм з шорсткою поверхнею (а). Тангенціальний контакт після 128 циклів коливань у стані зчеплення(б). Сталь 30ХГСА, $P_n = 45$ Н, $P_t = 12$ Н

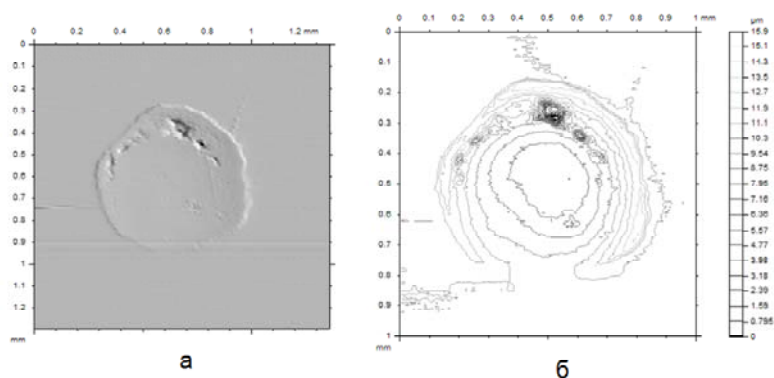


Рис. 4. Мікрофретинг на границях плями ННФК сталі 45 (сірої) з кулькою ШХ15 після ультразвукової очистки від окислів (а). Поверхні деформаційні зміни та об'ємні втрати у ННФК (обробка Tauylscan) (б)

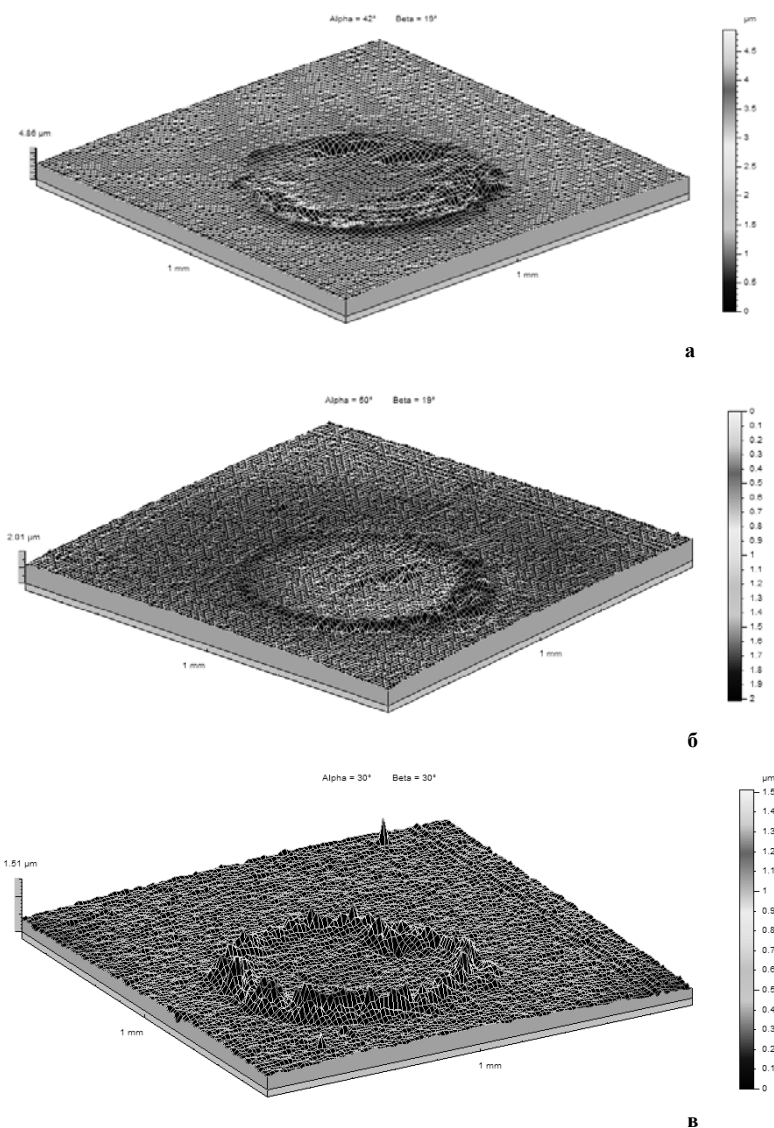


Рис. 5. Стан ННФК загартованої сталі 30ХГСА у момент переходу до РДЗП (а), у сталій стадії змішаного контакту (б) та об'єм видаленого матеріалу з області проковзування (математична обробка) (в)

Вигляд плями контакту у момент переходу від режиму часткового проковзування до РДЗП показаний на рис. 4. Вимірювання об'ємних втрат у ННФК цілком визначено корелюють зі зростанням величини мікропроковзування та розсіювання енергії (рис. 6). Величину зношування у мкм^3 відносимо до площі плями контакту.

Характер відносних мікропереміщень та енергії розсіювання при деградації ННФК має суттєві відмінності. Початкове предеформування та перші ознаки руйнування поверхні призводять до зменшення віброактивності контакту. Це пояснюється відомими ефектами зміцнення поверхонь, підвищенням ФПК, сили

тертя, виникненням ювенільних плям контакту. Цей ефект можна вдало використовувати для двохступеневої зтяжки деталей, що з'єднуються. Для перевірки явища було використано установки для дослідження на фретингостійкість при значних нормальних тисках та для випробувань циліндричних контактних пар. Програма навантаження приймалася наступною: одна пара тертя навантажувалась нормальною силою, яка становить 80% від контрольної. При такій нормальній силі пара витримувала 20 хвилин циклів фретингу при частоті 50 Гц. Наступним кроком було донавантаження контакту до 100% і відбувались випробування на фретингостійкість. Таким відносно простим способом була підвищена зносостійкість при фретингу на 10...30% на відповідній базі циклів (рис. 7). Ефект більш яскраво проявляється при збільшенні нормального тиску. Для плоского контакту це становить 40...80 МПа.

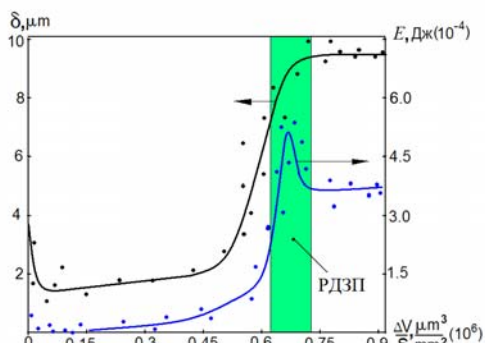


Рис. 6. Порівняльна характеристика критеріїв фретингостійкості (розсіювання енергії за цикл коливань E та відносного переміщення δ) ННФК в залежності від величини об'ємного мікропроковзування. Сталь 30ХГСА, $N=4,5 \cdot 10^8$ циклів

У зв'язку зі збільшенням тривалості малої віброактивності контакту зменшується й фретинг-знос для матеріалів, що досліджуються. Найбільшу фретингостійкість за критерієм Арчарду показали сталі 20Х13 та покриття ВК8 (рис. 8). Зменшення фретингостійкості для нержавіючих сталей пояснюється, що для традиційних амплітуд проковзування відсутність щільного шару окислів не захищає від поступового зношування поверхонь. До того ж спостерігається зменшення сили тертя, а через це – деяке збільшення амплітуди проковзування.

Програма досліджень на установці для циліндричних контактних пар полягала у наступному: після відпрацювання певної кількості циклів визначалась максимальна сила статичного тертя шляхом навантаження до моменту зрушення контакту з місця. Другий варіант визначення сили зсуву: у динаміці при збільшенні частот коливань. На рис. 9 показана характерна поведінка сили статичного тертя в залежності від циклів тангенціального навантаження.



Рис. 9. Циліндрична контактна пара та зміна коефіцієнту зчеплення залежно від числа циклів тангенціального навантаження. $P_n = 40 \text{ МПа}$, $\omega = 278 \text{ рад/с}$

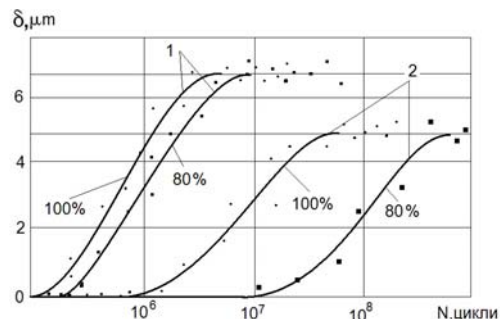


Рис. 7. Відносні мікропроковзування у контактних парах в залежності від програми навантаження. $P_n = 20 \text{ МПа}$ – 1, $P_n = 50 \text{ МПа}$ – 2

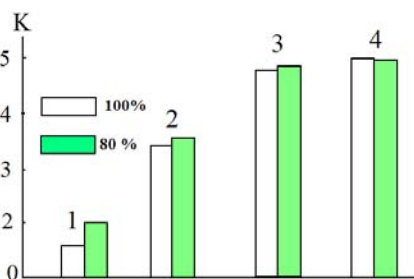
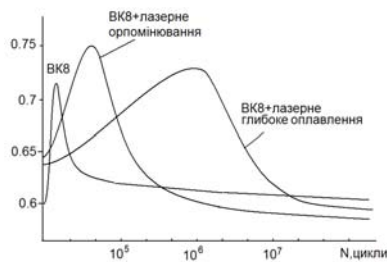


Рис. 8. Критерій Арчарда по оцінці фретингостійкості матеріалів в залежності від програми навантаження. ВК8 + лазерна обробка – 1, сталь 30ХГСА – 2, сталь 45 – 3, сталь 20Х13, Х18Н10ЕТ – 4. Амплітуда в режимі сталого проковзування 30μm, $P_n = 80 \text{ МПа}$, $N = 10^7$ циклів



Наближення амплітуди «розхитування» контакту до критичної характеризується виникненням дискретних місць відокремлення поверхневого шару. При цьому зона проковзування майже не змінюється. Було встановлено, що після встановлення деякого рівноважного відношення, стримуючим фактором до переходу до ковзання є запас сил тертя в області зчеплення. Механізм руйнування контакту на цьому етапі описується довготривалою контактною втомою і відбувається за рахунок розшарування найбільш навантажених плям контакту (рис. 10).

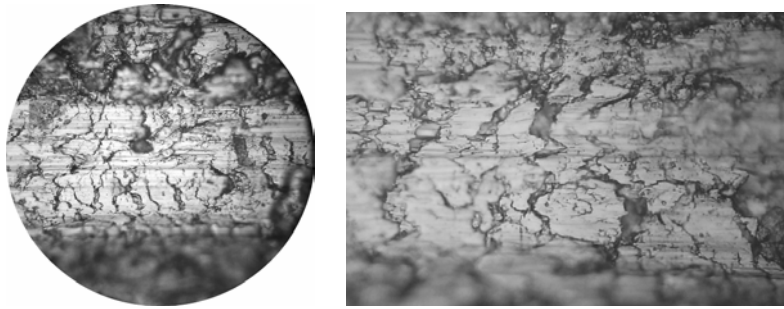


Рис. 10. Розшарування зони зчеплення при наблизненні стану ННФК до проковзування

При малих нормальних навантаженнях, природно, передбачити, що перехід до кінематичного тертя, буде відбуватися через трансформацію зони проковзування (рис. 11). Особливо це помітно для скла, для якого розміри зони зчеплення є найменшим з усіх розглянутих матеріалів. Це наводить на думку, що при малих нормальних навантаженнях для підвищення фретингостійкості інтерфейсу достатньо створювати тонкі зносостійкі шари методом високоенергетичного впливу на поверхню. Це можуть бути добре розвинуті технології лазерної, електроіскрової, плазмової обробки, іонної імплантації та інші. Інколи досить підвищити шорсткість поверхонь, тонких шарів товщиною до 10 мкм, що дасть можливість пружно деформуватися нижнім шарам основного металу.

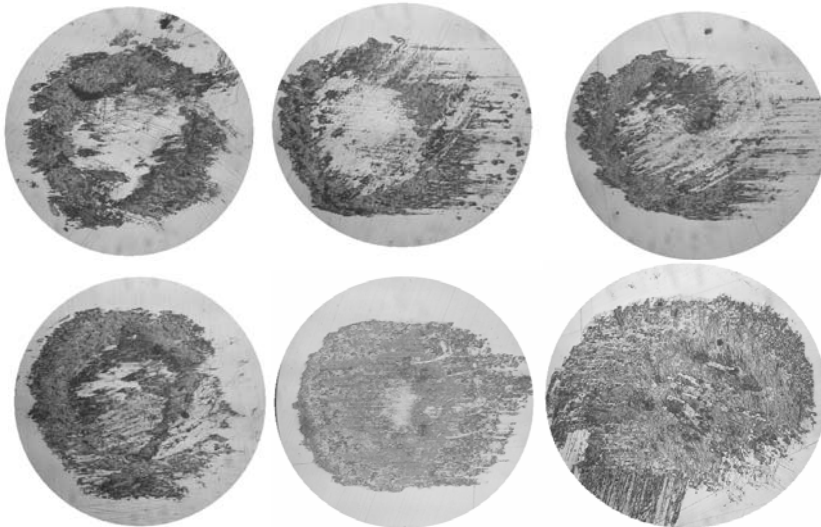


Рис. 11. Трансформація зони проковзування в момент втрати контактом номінальної цілісності. Сталь 30ХГА, лазерна термообробка, $\sigma_n = 15 \text{ МПа}$

Для твердих, грубих шарів, отриманих глибоким лазерним переплавом або легуванням перехідними металами (Nb, Co, Mo, W), малий нормальний тиск (до 40 МПа) практично не призводить до фретинг-знос, однак з іншого боку, не забезпечує цілісності контакту. При втраті тангенціальної жорсткості $c_\tau = 0$, як вже відмічалось вище, контакт вироджується у суто пластичний й тоді відбувається традиційний фретинг-процес. Для незміцнених конструкційних матеріалів це підтверджується пластичним витисненням матеріалу з мікрооб'ємів фактичного контакту по всій площині контакту (рис. 12).

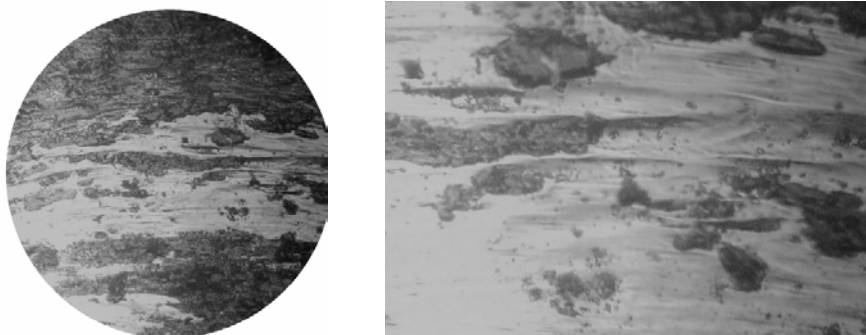


Рис. 12. Пластична деформація в області максимальних нормальних напружень при фретингу з амплітудою 35 мкм. Матеріал - сталь 45. Кількість циклів 10^8

Для зміцнених матеріалів при таких же самих умовах навантаження масштаби руйнування набагато менші. По-перше, із-за того що в основному локалізуються у зоні проковзування, яка сама по собі уявляє скупчення дискретних поверхневих мікроруйнувань (рис. 13). По-друге, механізм руйнування являє собою втрату фізико-хімічних зв'язків у плямах фактичного контакту які, в свою чергу, не стримують відносного мікропереміщення поверхонь. Ці зв'язки можуть бути настільки сильними, що руйнування відбувається не по поверхні розділу, а цілим фрагментом. Зазвичай, його твердість на 50...100% більше за вихідний матеріал. Тому ці частки мігрують по поверхні розділу, приймають активну роль у руйнуванні мікрорізнанням або локалізуються у місцях відриву (рис. 13). Принципова відмінність зміцнених матеріалів полягає у багатоцикловій контактній втомі області зчеплення по зрівнянню з малоцикловою для не зміцнених.

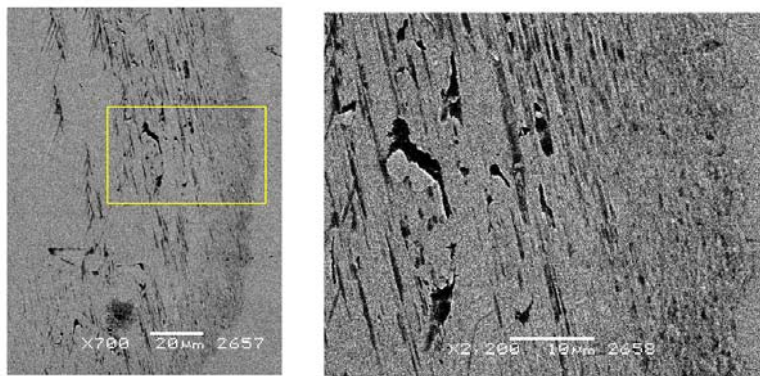


Рис. 13 Механізм руйнування області проковзування у загартована сталі 40XH. Глибока ультразвукова очистка у 0,5% розчині ортофосфорної кислоти

Таким чином, виходячи з вищевказаного, можна передбачати поведінку та фретингостійкість тих чи інших контактних пар в залежності від матеріалу та способу поверхневої модифікації.

Надійшла 30.10.2008 р.

UDC 621.7.092

NORBERT RADEK, ŁUKASZ J. ORMAN
Kielce University of Technology, al. 1000-lecia P.P.7, Poland

WATER BOILING ON ELECTRO-SPARK DEPOSITED COPPER COATING

В статті наведено метод електроіскрового покриття поверхні теплообмінника, а також дані про передачу тепла такою поверхнею. За допомогою інфрачервоної камери, розташованої біля нагрівального елемента, визначено рух потоків тепла і представлено у графічному вигляді. Було показано, що поверхня з металевим покриттям працює краще ніж гладка поверхня.

The paper presents the electro-spark deposition method of applying a coating on a surface of a heat exchanger as well as boiling heat transfer data recorded for a surface with such a coating. Basing on the temperature distribution measured with an infrared camera along the heat exchanging element, heat flux is determined and presented on the graph. It has been shown that the performance of a surface with the metal coating is better than the smooth surface during boiling of water.

1. Introduction

Due to a significant increase in the number of mechanical devices that require better and better cooling, it is necessary to look for an improvement in the amount of heat that can be dissipated from them. Boiling heat transfer is commonly used in such cases, because it enables to release much heat as relatively small temperature differences, which is an additional advantage. Currently, there are many types of microstructures, including commercial ones, that can dissipate significant amounts of heat. There are many options usually involving porous metal coatings for example made of nets or other materials. However, an interesting technique might also be the application of electro – spark deposited coatings on heat exchanging surfaces.

2. Electro-spark deposition

Surface processing can be realized with many techniques. One of them is electro – spark deposition, which requires concentrated energy flux. Its advantages comprise simplicity, low cost, precise selection of the modified area as well as producing coatings of diverse thickness (from 1 µm to 10 mm).

The most popular are ESD (Elektro-spark Deposition), ESA (elektro-spark Alloying), PES (Pulse Electrode Surfacing) and EDM (Elektro-discharge Machining). They all have in common the same method of application, namely the use of electrical discharge together with accompanying mass transport and energy dissipation [1 – 3].

These methods are used to protect against corrosion and chemical impacts from the working environment, to

improve resistance to wear of the most loaded parts of machinery, recovering former dimensions during regeneration [4] and providing certain features of the surface, for example physical and chemical activation (heat transfer intensification) or biological activation (dental implants).

Short – term electric impulses during which material of the anode covers the surface (cathode) are used to produce electro – spark coatings. The coating materials chemically react with the surroundings, mainly with nitrogen from the air as well as carbon and other constituents of the modified material creating a layer, which is resistant to tribological and non – tribological wear. This layer has a specific morphology with small – grain structures of high density that result from the physical processes taking place during electro – spark deposition.

The main limiting factor which reduces the number of coating materials is an ability to conduct electricity through the cathode and anode both in the solid and liquid phase after melting. The energy of a single impulse is the product of voltage (U) times current (A) and the duration of the impulse. Heat fluxes in the process can reach up to 0,1 MW/cm². The energy discharge occurs in a chaotic way. Heat is transferred to the cathode though a direct contact of melted droplets of the materials of the anode as well as due to thermal radiation from the electric arc.

2. Materials and process parameters

The tests were conducted for Cu coatings produced by electro-spark deposition, which involved applying Cu electrode of a diameter of 3 mm (anode) on the sample – a copper fin (cathode).

The equipment used for electro – spark alloying was the EIL-8A model made in Ukraine (Fig. 1). Basing on the results of previous research as well as instructions given by the producer, the following parameters were assumed to be optimal for ESA: voltage U = 230V, capacitor volume C = 150μF, current intensity I = 0,5 A.



Fig. 1. The equipment used for electro – spark alloying (model EIL-8A)

3. Experimental results

Boiling heat transfer has been the interest of many scientists for decades due to, among others, significant amounts of heat that can be dissipated in the process. In this research a measuring technique for non – isothermal surfaces described in [5] has been used. Basing on this approach heat flux for electro-spark deposited copper coating covering the surface of a copper fin has been determined and compared with the results for a smooth surface without a coating.

During the tests it was necessary to determine the temperature distribution along the fin. It can be done by using infrared measuring devices, for example pyrometers or IR cameras. An important aspect of thermovision measurements is a proper determination of emissivity, whose value has a significant impact on the results. Consequently, it had to be determined for the tested surfaces to ensure adequate low – error measurements.

The surface parameters of the microgeometry of the samples were measured on the TALYSURF 4 device and the SUFORM programme. The average roughness of the smooth surface was about $R_a = 0,4 \mu\text{m}$, while roughness of the sample with electro-spark deposited coating about $R_a = 2,3 \mu\text{m}$. Detailed graphs of the microgeometry are presented in Fig. 2 and 3.

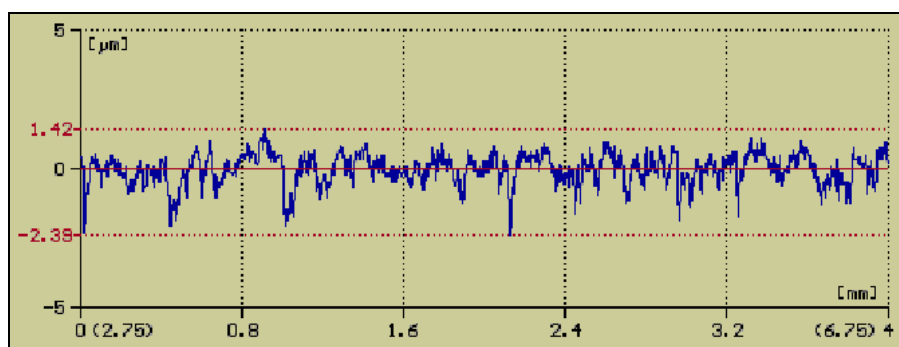


Fig. 2. Microgeometry profile of the smooth surface.

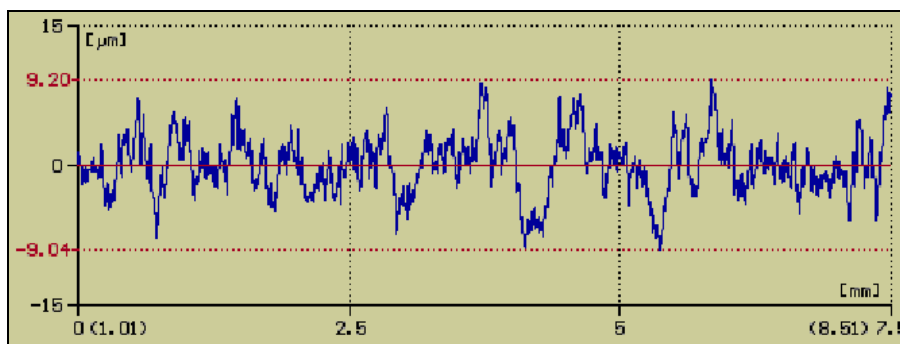


Fig. 3. Microgeometry profile of the surface with electro-spark deposited coating.

Boiling heat transfer has been determined under ambient pressure for distilled water as coolant. The results for the fin with the electro-spark deposited coating (ESDC) have been compared to the results for the smooth surface presented in [6] on one graph as a dependence of heat flux versus wall superheat (Fig. 4). Wall superheat is the difference between surface wall temperature and saturation temperature of water.

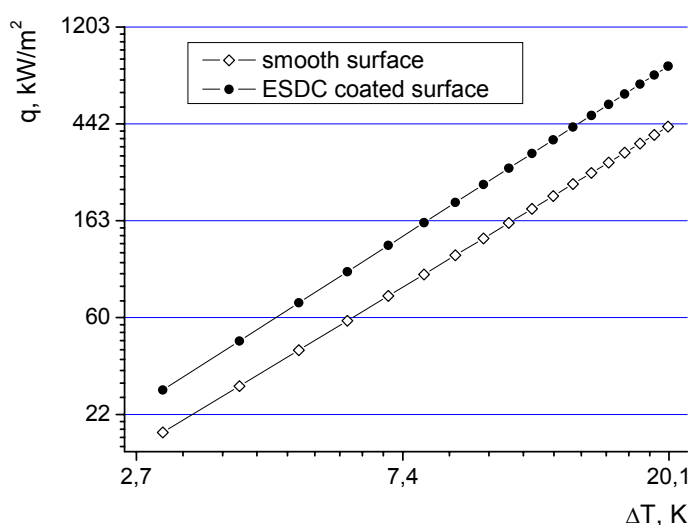


Fig. 4. Heat flux versus wall superheat for the reference smooth surface (as presented in [6]), and for the surface with the electro-spark deposited coating (ESDC).

It can be seen from the graph that the use of the ESDC coating improves heat transfer. It is related to the increased surface roughness, which is almost six times higher than the smooth reference surface. More nucleation sites are present on the electro-spark deposited coating. These sites are the places on the surface where vapour bubbles are formed. Surface roughness is believed to be the cause for the more intense heat dissipation which generally supports data found in literature e.g. in [7].

For clarity heat transfer intensification has been presented as a ratio of the heat flux of the ESDC coating and the smooth surface (as presented in [6]) and shown in Tab. 1.

Table. 1

Ratio of the heat flux of the ESDC and smooth surface (as presented in [6]).

$\Delta T, K$	4	8	12	16	20
q_{ESDC}/q_{sm}	1,59	1,71	1,77	1,82	1,86

As can be seen electro-spark deposition significantly improves heat transfer – almost twice as much heat can be dissipated from the surface with this coating comparing to the smooth surface at wall superheat 20 K. Alternatively, heat exchangers with ESDC coatings can be smaller and, consequently, lighter.

4. Conclusions

The surface with the electro-spark deposited coating performs better than the smooth surface. It is possible to obtain higher heat fluxes and, consequently, dissipate more heat at the same superheat. For example heat flux for $\Delta T = 8$ K is 1,7 times higher than for the reference surface. Thus, ESDC heat exchangers can be smaller, more efficient or operate under smaller temperature differences. It is also important to note that such modification of the surface is resistant to vibrations, which is vital for the design of heat exchangers that operate under mechanically unfriendly environments such as in cars.

References

1. Galinov, I.V., Luban, R.B., Mass transfer trends during electro-spark alloying. *Surface & Coatings Technology*, 79, p. 9, 1996.
2. Ozimina, D., Scholl, H., Styp-Rekowski, M., Model formowania przeciwzyciowych warstw wierzchnich za pomocą obróbki elektroiskrowej. Wybrane zagadnienia obróbek skoncentrowana energią, Bydgoszcz, p. 104, 2003.
3. Miernikiewicz, A.: The bases of experimental and theoretical in electro discharge machining (EDM). Technical University of Cracow, 274, 1999.
4. Tarelnik W.: Kombinirowannyje technologii elektroerozionnogo liegirowania. Technika, Kijev, 1997
5. Orzechowski T., Wymiana ciepła przy wrzeniu na żebrach z mikropowierzchnią strukturalną, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2003.
6. Orzechowski T., Orman Ł.J.: Mikropowierzchnie strukturalne w wymianie ciepła. Proc. of Conf. „Terotechnologia 2006”. Kielce, s. 171-177, 2006.
7. Nishikawa K., Fujita Y., Ohta H., Hidaka S., Effect of the surface roughness on the nucleate boiling heat transfer over the wide range of pressure, Proc. 7th Int. Transfer Conf., Munchen, vol.4, PB10, pp. 61 – 66, 1982.

Надійшла 10.10.2008 р.

УДК 687.016.5

О.В. ЧОРНА, Л.В. КРАСНЮК
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ДИНАМІЧНОЇ ВІДПОВІДНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЖІНОЧИХ КУРТОК З РІЗНИМИ ПОКРОЯМИ РУКАВІВ

Досліджено вплив покрою рукава (вшивного, реглан, суцільновикрошеного) на рівень динамічної відповідності жіночих утеплених курток

В процесі експлуатації як спеціального, так і побутового одягу людина здійснює різноманітні рухи, характер яких залежить від виду її діяльності. Механізм взаємодії елементів системи «людина-одяг» при рухах рук для плечового одягу можна представити наступним чином: рухи рук → переміщення рукава → переміщення і деформація ділянок виробу [1].

Так як плечові вироби не мають замкнутого контуру в поздовжньому напрямку, під дією натягу, що передається від рукава при підйомі рук, зазвичай відбувається переміщення виробу вздовж тулуба та переміщення рукавів. Тобто, основною причиною виникнення значних деформацій в матеріалах деталей спинки і пілочки є наявність рукава. Так, рівень деформацій на нижніх ділянках пройми спинки і пілочки у виробах з довгим рукавом в 10-12 разів перевищує деформації в аналогічних зразках без рукавів [1]. Тому, при дослідженні динамічної відповідності плечового одягу важливим є визначення впливу покрою рукава на даний показник якості.

Метою дослідження є визначення динамічної відповідності конструкцій жіночого плечового одягу з різними покроями рукавів. За предмет дослідження обрано жіночу утеплену куртку, яка на сьогодні є популярною серед споживачів, які надають перевагу активному відпочинку. Тому, для даної асортиментної групи велике значення має динамічна відповідність, а саме зручність користування виробом при виконанні різноманітних рухів. Актуальність досліджень полягає в тому, що незважаючи на досить високий попит на даний асортимент виробів, на сьогодні відсутня інформаційна база щодо рівня динамічної відповідності конструкцій жіночих курток з рукавами різних кроїв.

Дослідження проведене на зразках виробів, які представляють собою макети жіночих курток з рукавами різних кроїв, а саме вшивним, регланом, суцільновикроєним. Дослідні зразки виготовлені на основі базової конструкції, побудованої за ЄМКО РЕВ на типову жіночу фігуру розміру 164-80-88. Основні конструктивні прибавки взято з рекомендацій обраної методики конструювання одягу [2].

Для ергономічної оцінки зовнішньої динамічної відповідності дослідних зразків використано метод [3], за яким обрано наступні одиничні показники:

- амплітуди відведення рук вбік у фронтальній площині P_{k1} і вперед у профільній площині P_{k2} ;
- переміщення низу виробу при відведенні рук вбік у фронтальній площині P_{n1} і вперед у профільній площині P_{n2} ;
- переміщення низу рукавів при відведенні рук вбік у фронтальній площині P_{p1} і вперед у профільній площині P_{p2} .

Оцінку динамічної відповідності дослідних зразків курток виконано за комплексним показником, який враховує всі одиничні показники і розраховується за формулою:

$$K_{\partial} = \sum_{i=1}^n P_i m_i, \quad (1)$$

де m_i – коефіцієнти вагомості одиничних ергономічних показників динамічної відповідності одягу, які визначені методом експертних оцінок (табл. 1).

Таблиця 1

Коефіцієнти вагомості m_i одиничних ергономічних показників динамічної відповідності одягу			
Ранг	Код показника	Одиничний показник динамічної відповідності	Коефіцієнт вагомості
1	$P_{к1}$	амплітуди відведення рук вбік у фронтальній площині	0,268
2	$P_{к2}$	амплітуди відведення рук вперед у профільній площині	0,232
3	$P_{р2}$	переміщення низу рукавів при відведенні рук вперед у профільній площині	0,179
4	$P_{н2}$	переміщення низу виробу при відведенні рук вперед у профільній площині	0,143
5	$P_{р1}$	переміщення низу рукавів при відведенні рук вбік у фронтальній площині	0,107
6	$P_{н1}$	переміщення низу виробу при відведенні рук вбік у фронтальній площині	0,071

Результати експериментальних досліджень по визначенню величини максимальних кутів відведення рук вбік у фронтальній площині і вперед у профільній макетів жіночих курток з різними покроями рукавів представлені на діаграмі (рис. 1). Аналіз результатів експерименту показав, що найбільшою амплітудою відведення рук вбік у фронтальній площині характеризується конструкція куртки з вшивним рукавом (83°), у профільній площині куртка з вшивним рукавом також має вищі показники - 45° . Куртка з рукавом реглан має наступні значення максимальних кутів відведення рук у фронтальній і профільній площині відповідно: 65° та $24,7^\circ$, з суцільновикроєним рукавом: $47,3^\circ$ та $30,7^\circ$.

Залежності величин переміщення низу виробу і низу рукавів від кута відведення рук у фронтальній і профільній площинах, отримані в результаті обробки експериментальних даних, представлені у вигляді графіків (рис. 2, 3).

Дані залежності описуються поліномними рівняннями третього ступеня:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3, \quad (2)$$

де y – величина переміщення ділянок виробу, мм; x – кут відведення рук, град.

Експериментально встановлено, що переміщення низу виробів при відведенні рук вбік у фронтальній площині в куртці з суцільновикроєним рукавом починається з 80° (рис. 2, а), в моделі з вшивним рукавом – з 60° , в моделі з рукавом реглан – з 50° . Найменша величина переміщення низу виробу при цьому відмічена в куртці з рукавом реглан (161 мм). Для курток з вшивним і суцільновикроєним рукавом переміщення дорівнює 172 мм.

У профільній площині переміщення низу виробів (рис. 2, б) починається при відведенні рук вперед на 40° в моделі з вшивним рукавом, і на 60° - в моделях з рукавами реглан і суцільновикроєними. При відведенні рук на 180° найменшою величиною переміщення низу виробу характеризувалась модель з рукавом реглан (135 мм), найбільшою – з суцільновикроєним рукавом (159 мм). Для куртки з вшивним рукавом це значення дорівнює 145 мм.

Результати дослідження показали, що переміщення низу рукавів при відведенні рук вбік у фронтальній площині в куртці з вшивним рукавом (рис. 3, а) починається з 100° , в моделі з суцільновикроєним рукавом – з 90° , з рукавом реглан – з 40° . При відведенні рук на 180° найменша величина переміщення низу рукавів відмічена в куртці з вшивним рукавом (71 мм). Для курток з рукавами реглан і суцільновикроєний це значення дорівнює 86 мм.

У профільній площині переміщення низу рукавів (рис. 3, б) починається при відведенні рук вперед на 70° в моделі з суцільновикроєним рукавом, на 40° - в моделі з вшивним рукавом, на 30° - в моделі з рукавом реглан. При відведенні рук на 180° найменшою величиною характеризується модель з вшивним рукавом (79мм), найбільшою – з суцільновикроєним рукавом (121 мм). Для куртки з рукавом реглан це значення

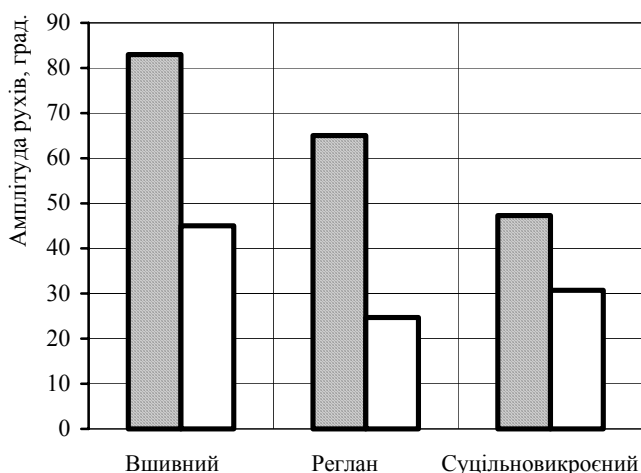


Рис. 1. Діаграма амплітуди рухів:

■ - відведення рук вбік у фронтальній площині;
□ - відведення рук вперед у профільній площині

дорівнює 102 мм.

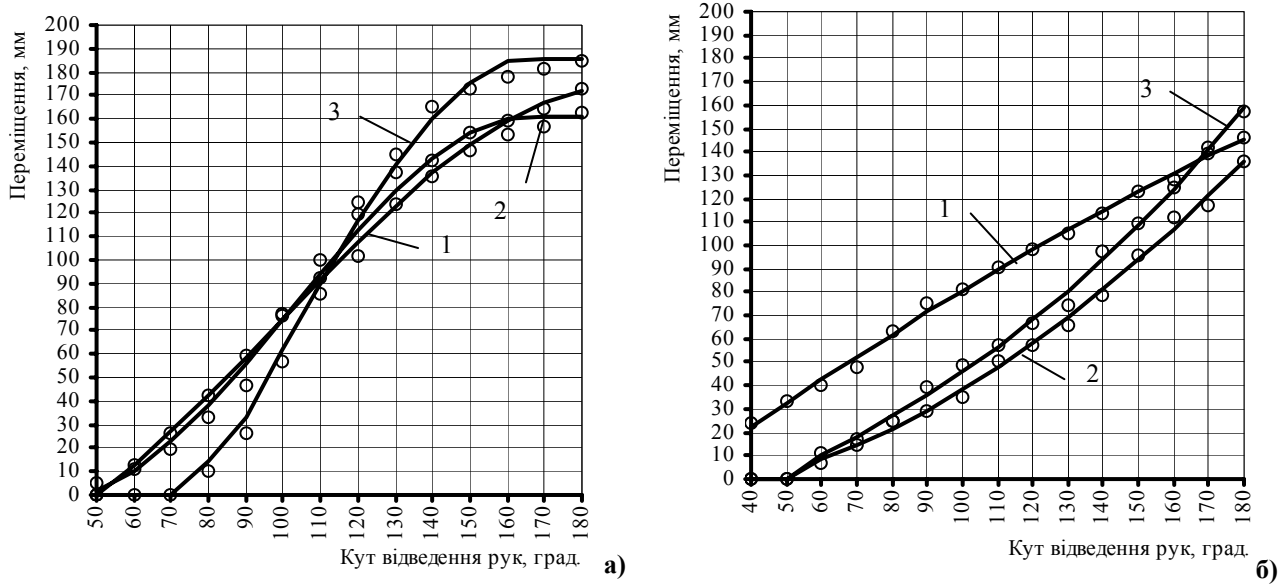


Рис. 2. Залежність переміщення низу виробу від кута відведення рук: а – вбік у фронтальній площині; б – вперед у профільній площині (1 – шви́вний рукав; 2 – рукав реглан; 3 – суцільновикросний рукав)

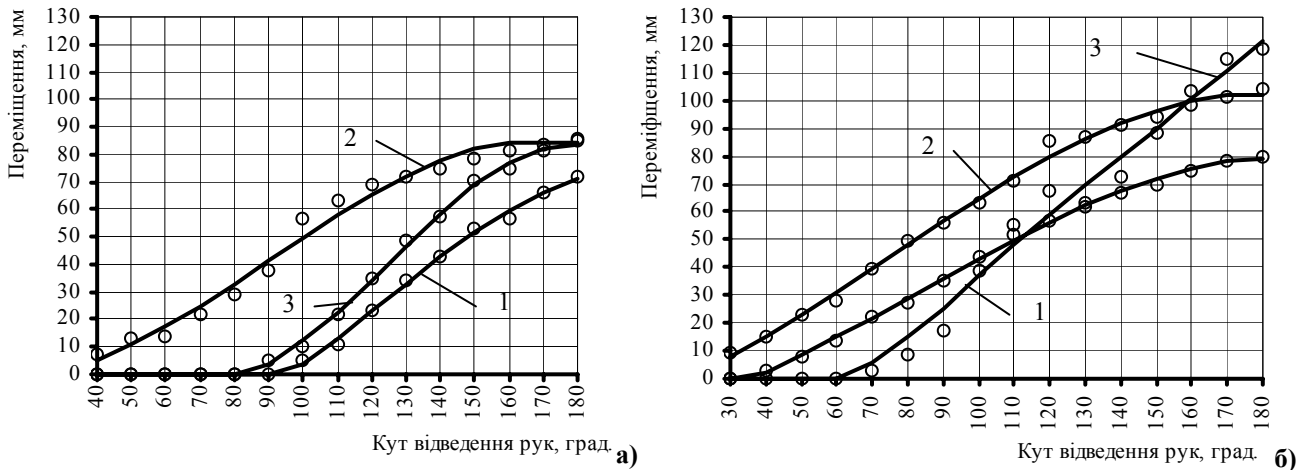


Рис. 3. Залежність переміщення низу рукавів від кута відведення рук: а – вбік у фронтальній площині; б – вперед у профільній площині (1 – шви́вний рукав; 2 – рукав реглан; 3 – суцільновикросний рукав)

Оцінка динамічної відповідності дослідних зразків курток виконана за комплексним показником і представлена на діаграмі (рис.4).

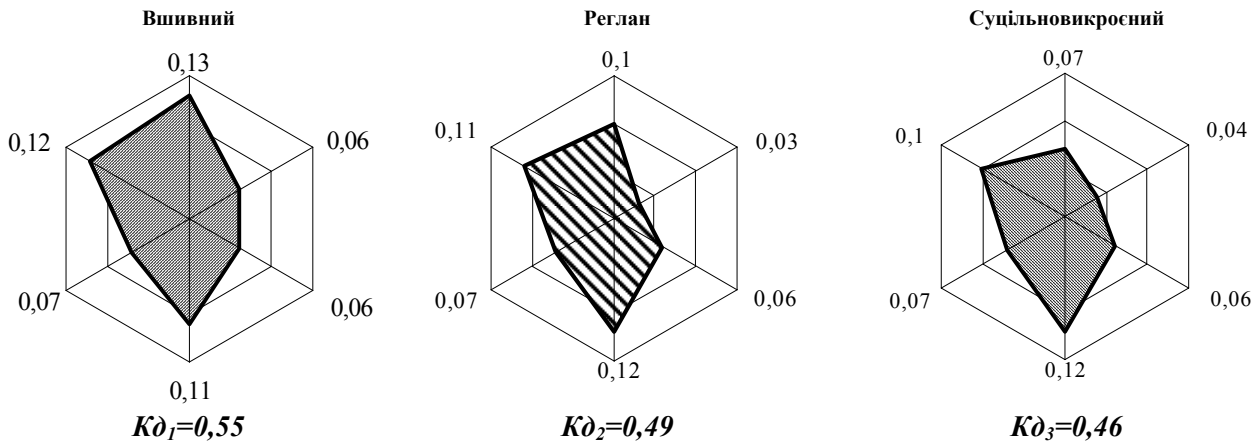


Рис. 4. Діаграма комплексних показників динамічної відповідності жіночих курток з різними покроями рукавів

Аналіз результатів досліджень (рис. 4) показав, що найвищою динамічною відповідністю

характеризується дослідний зразок куртки з вшивним рукавом (0,55); вироби з суцільновикроєним рукавом та рукавом покрою реглан мають нижчі показники, які дорівнюють відповідно 0,49 і 0,46.

Таким чином, результати дослідження рівня динамічної відповідності конструкцій жіночих утеплених курток дозволили встановити взаємозв'язок покрою рукава з величинами переміщення низу та рукавів виробу. З'ясовано, що у виробі з вшивним рукавом амплітуда рухів рук (як вбік, так і вперед), при якій починається переміщення ділянок виробу більша, ніж у виробах з рукавом реглан та суцільновикроєним. Однак, комплексний показник динамічної відповідності даної моделі (0,55) не є достатньо високим, отже і виріб не може в достатній мірі задовольняти вимоги споживачів. Тому, для підвищення рівня динамічної відповідності жіночих утеплених курток слід віднайти і використати додаткові можливості, які дозволять підвищити зручність користування виробами даного асортименту.

Література

1. Коблякова Е.Б. Основы проектирования рациональных размеров и форм одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 208 с.
2. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Базовые конструкции женской одежды: Т. 2. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1988.
3. Краснюк Л.В. Методика оцінки динамічної відповідності конструкції спортивного теплозахисного одягу // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2000. - №1. – С. 30-32.

Надійшла 18.11.2008 р.

УДК: 621.793/.795:629.3.027.2

А.Г. КУЗЬМЕНКО, В.П. СВИДЕРСЬКИЙ, В.С. ЯРЕМЧУК, С.В. ШЕРШУН
Хмельницький національний університет

ПОВЗУЧИСТЬ І ЗНОС ФТОРОПЛАСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджена контактна повзучість і зносостійкість фторопластових матеріалів: модифікованого фторопласту і композиції Ф4УВ20. На основі двох моделей: чисто контактної повзучості та одночасного процесу повзучості і зносу запропонована методика визначення параметрів тільки зносу. Розроблена методика дозволяє оцінювати вплив повзучості на процес втрати експлуатаційних властивостей вузлів тертя.

1. Постановка задачі досліджень. Завдяки комплексу високих хімічних, фізико-механічних і трибо-технічних характеристик широке застосування в ущільнювальній техніці одержали матеріали на основі політетрафторетилену (ПТФЕ). Проте основним недоліком цього матеріалу є його холодотекучість – зміна форми під дією зовнішніх навантажень. Введення наповнювачів значно зменшує холодотекучість політетрафторетилену [1].

Під повзучістю означимо всі можливі прояви нерівноважного характеру деформації або залежність деформації від тривалої дії навантаження.

Мінімальна повзучість спостерігається для матеріалів на основі політетрафторетилену з меншим ступенем кристалічності полімерної матриці, який обумовлений методами переробки у виробі, умовами термообробки і охолодження виробів. Під дією навантаження розтягу відбувається переорієнтація аморфних і кристалічних областей полімеру, причому спочатку орієнтуються аморфні області, а потім руйнуються кристалічні утворення.

Стан полімеру здійснює суттєвий вплив на характер деформацій. У стані скла значну роль грає деформація, пов'язана зі зміною відстані між кожною парою сусідніх атомів – миттєва деформація, а високоеластична деформація пов'язана з тепловим рухом молекул – коливанням атомів біля положення рівноваги, взаємного обертання ланок ланцюгових молекул одна відносно одної навколо валентних зв'язків.

Оскільки механізм високоеластичної деформації суттєво пов'язаний з тепловим рухом речовини деформація завжди розвивається з кінцевою швидкістю, і процес сильно залежить від режиму навантаження в часі.

Якщо зразок навантажується силою стиску, яка прикладається до нього практично миттєво і далі підтримується незмінною, то спочатку деформація зразка буде цілком миттєво пружною, далі в'язкопружна деформація буде розвиватися в часі і наблизитися, сповільнюючи швидкість, до свого рівноважного значення, що супроводжується пластичною деформацією. При розвантаженні спочатку щезає миттєво пружна деформація, далі в'язкопружна і залишається пластична [2].

Повзучість – явище розповсюджене в вузлах тертя із полімерних матеріалів. В загальному випадку контактна повзучість – об'єкт механіки твердого деформуючого тіла (теорії повзучості) з досить розвинутими методами. Однак складність цих методів робить їх об'єктом огляду вузького кола спеціалістів.

Контактна повзучість набуває особливу роль в умовах коли при проковзуванні поверхонь тертя виникає знос. Одночасна дія повзучості і зносу прискорює процес виходу вузла тертя із експлуатації. Для проектування і розрахунків вузлів тертя з врахуванням одночасного зносу і контактної повзучості необхідні

моделі процесів і методи визначення їх параметрів.

Мета роботи полягає в тому, щоб на основі моделей чисто контактної повзучості і одночасного процесу повзучості та зносу розробити методику визначення параметрів тільки зносу.

2. Методика досліджень. При цьому суттєвим є фізичний стан полімерної матриці і проведення випробувань при сталій температурі 296 ± 1 К, що перевищує фазовий перехід ПТФЕ, котрий настає при температурі $292 \dots 294$ К.

Методи рішення задач повзучості залежать від вибраних теорій повзучості: теорії старіння, спадкової моделі (в'язкопружності), теорії зміцнення. Методи рішення одно-, дво- і тримірних задач повзучості складають великий розділ механіки твердого деформуючого тіла та відрізняються значною складністю, насамперед через наявність часу як додаткової координати.

Ступінь складності задач в значній мірі залежить також від того, чи лінійна залежність деформації від напруження чи нелінійна, а також від залежності швидкості повзучості від часу: для режиму, що встановився або для режиму, що не встановився.

Основне питання при вивченні контактної повзучості складається в наступному: можна параметри моделі контактної повзучості визначити при контактному деформуванні тіла заданої форми (наприклад, кулі) жорстким індентором (наприклад, площиною), використати при розрахунках контактної повзучості тіл будь-якої іншої форми.

Дослідження матеріалів на повзучість при одновісному стисненні проводили на базі настільно-свердлувального верстату (див. рис. 1.) на циліндричних зразках із зовнішнім діаметром $15 \pm 0,05$ мм, внутрішнім діаметром $9,5 \pm 0,05$ мм і висотою $h = 15 \pm 0,05$ мм, при кімнатній температурі. Висоту і діаметр зразків вимірювали мікрометром у трьох позиціях. Питоме навантаження на зразок становило 29 кг (280 Н). Індентором був кульовий палець із радіусом кулі $R = 12,5$ мм виготовлений з матеріалу – сталь 30Х.

Вимірювання деформації здійснювалось за допомогою індикатора: важільно-зубчатої вимірювальної головки з ціною поділки шкали 0,01 мм. Зразки термостатувались при 296 ± 1 К протягом 12 годин, встановлювались на столик приладу і навантажувались. При вимірюванні початкової повзучості відлік деформації проводився через такі періоди: після 1 хв, потім 5, 10, 30 та 60 хвилин. Для дослідження вибрані матеріали Ф4УВ20 і модифікований фторопласт.

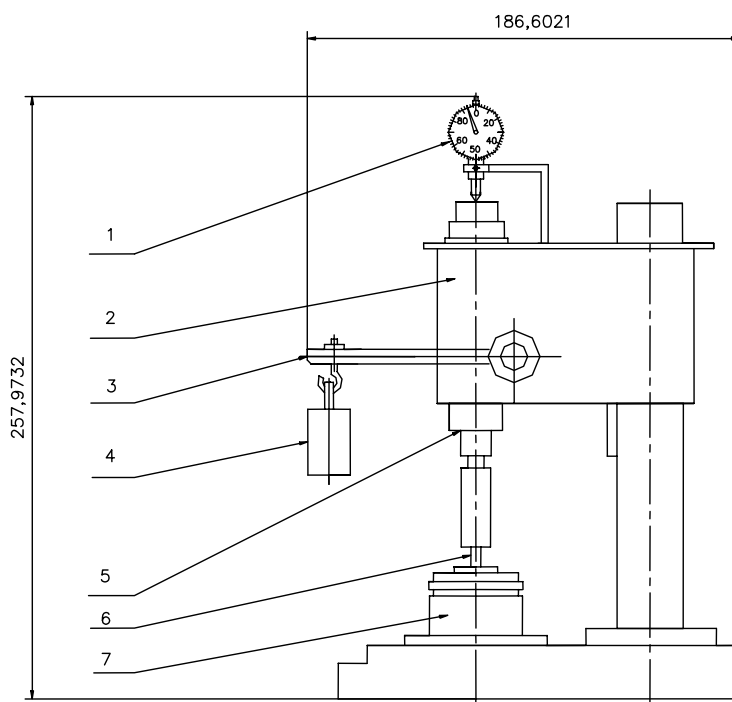


Рис. 1. Схема навантажувальної системи приладу для дослідження повзучості полімерних матеріалів:

- 1 – індикатор; 2 – корпус; 3 – навантажувальне плече;
4 – вантаж; 5 – шпindel; 6 – дослідний зразок; 7 – станина

3. Результати досліджень. Отримані результати повзучості наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати дослідження на повзучість фторопластових матеріалів

Назва матеріалу	Час дослідження t , хв	Ширина площадки контакту a_c , мм	Повзучість U_c , мм
Ф4УВ20	1	0,25	0,095
	5	0,34	0,13
	10	0,39	0,15
	30	0,5	0,19
	60	0,5	0,19
Модифікований фторопласт	1	0,22	0,087
	5	0,23	0,09
	10	0,24	0,091
	30	0,26	0,1
	60	0,26	0,11

Результати дослідження зносостійкості фторопластових матеріалів приведені в роботі [3].

Процес розділення повзучості від зносу полягає в наступному: проводяться випробування на пов-

зучість і визначаються параметри моделі контактної повзучості k_C , m_C ; проводяться випробування на знос і при цьому одночасно відбувається процес повзучості. Визначають параметри одночасного процесу k_{CN} , m_{CN} .

Розрахунки процесів повзучості і зносу виконані за методикою [4].

Для визначення параметрів степеневі апроксимації функції $a_c(t)$ виду:

$$a_C = c_C t^{\beta_C}, \quad (1) \text{ виберемо дві точки:}$$

$$a_{1(10)} = \frac{U_c R}{r}, \quad t_1 = 10 \text{ хв}; \quad (2)$$

$$a_{2(60)} = \frac{U_c R}{r}, \quad t_2 = 60 \text{ хв}; \quad (3)$$

Параметри c_C і β_C апроксимації знаходимо за формулами:

$$\beta_C = \frac{\lg\left(\frac{a_1}{a_2}\right)}{\lg\left(\frac{t_1}{t_2}\right)}, \quad (4)$$

$$c_C = \frac{a_1}{t_1^{\beta_C}}, \quad (5)$$

Визначення параметрів усталеного зносу і повзучості виконували за формулами:

$$m_C = \frac{1-\beta}{\beta}, \quad (6)$$

$$k_C = \frac{\beta_C c_C^{m_C+1} r^{m_C+1} \left(\frac{2\pi}{Q}\right)^{m_C}}{R}, \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{Q}{2\pi a_1 r}, \quad (8)$$

$$U_C = k_C \sigma^{m_C} S. \quad (9)$$

Параметри моделей повзучості, повзучості і зносу, а також чистого зносу приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри моделей повзучості, повзучості і зносу, а також чистого зносу для матеріалів Ф4УВ20 та модифікованого фторопласту

Назва матеріалу	m_C	k_C	U_C , мм	m_{CN}	k_{CN}	U_{CN} , мм	U , мм
Ф4УВ20	6,6	$5,169 \cdot 10^{-6}$	0,04694	5,23	$3,96 \cdot 10^{-4}$	0,9125	0,04431
Модифікований фторопласт	17,73	$0,765 \cdot 10^{-14}$	0,01158	8,2	$3,79 \cdot 10^{-5}$	0,0575	0,04592

4. Висновки

1. Результати розрахунків повзучості і зносу показали, що матеріал Ф4УВ20 має в 4,05 рази більшу повзучість, ніж модифікований фторопласт та і за зносом, і одночасною повзучістю він переважає модифікований фторопласт в 1,59 рази. В той час за чистою зносостійкістю без врахування повзучості ці матеріали майже однакові.

2. На основі моделей чисто контактної повзучості і одночасного процесу повзучості і зносу запропонована методика визначення параметрів тільки зносу для фторопластових матеріалів. Розроблена методика дозволяє оцінювати вплив повзучості на процес втрати експлуатаційних характеристик вузлів тертя, в яких знаходять застосування досліджені матеріали.

Література

1. Истомин Н.П. Антифрикционные свойства композиционных материалов на основе фторполимеров / Н.П. Истомин, А.П. Семенов. – М. : Наука, 1981. – 146 с.

2. Мідак Л.Я. Повзучість композиційних матеріалів на основі політетрафторетилену при одновісному стисненні / Л.Я. Мідак, Г.О. Сіренко, В.П. Свідерський // Фізика і хімія твердого тіла. – 2004. – Т. 5. – № 4. – С. 819–824.

3. Свідерський В.П. Дослідження фізико-механічних і антифрикційних властивостей властивостей модифікованих фторопластів / В.П. Свідерський, Л.М. Кириченко, В.І. Зозуля // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 3. – С. 36–39.

4. Кузьменко А.Г. Ползучесть и износ в контакте тел конической формы / А. Г. Кузьменко, Д. Я. Кашук // Проблемы трибологии. – 2004. – № 4 – С. 134–147.

Надійшла 18.11.2008 р.

УДК 549:004

В.И. КОНДРАТЮК
Хмельницкий национальный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО КАМНЯ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ

В статье дан анализ применения в отраслях современного машиностроения деталей из природного камня, показаны преимущества таких деталей при работе в агрессивных средах.

Во многих отраслях современного машиностроения (табл. 1) находят применение детали из природного камня, что объясняется наличием специфического комплекса необходимых в конкретных условиях физико-химических свойств материала. Использование каменных деталей в ряде случаев позволяет существенно повысить долговечность оборудования, например, в химическом машиностроении; применение базальтовых деталей вместо стальных в мельницах типа МКБ-02, РМБ-3, РМБ-5 позволило не только повысить качество размола, но и увеличить срок службы деталей с 3-х месяцев до 1,5–3 лет [1, 2].

В последние годы за рубежом и у нас в стране уделяется большое внимание производству прецизионного оборудования из природного камня (ПК) в станкостроительной и электронной промышленности. Объемы производства деталей прецизионного оборудования из ПК ежегодно увеличиваются более чем в 2 раза [3, 4]. Однако потребности отрасли удовлетворяются менее чем на половину. Это обусловлено двумя основными причинами: недостатком необходимого для производства технических изделий из природного камня (ПТИПК) сырья и малыми производственными мощностями действующих предприятий.

Поставщиком блоков-заготовок для ПТИПК являются камнедобывающие предприятия. В настоящее время в развитии камнеобрабатывающей и камнедобывающей подотраслей имеют место значительные диспропорции: производственные мощности камнеобрабатывающих предприятий значительно превышают объемы добычи блоков. Спрос строительства на облицовочные изделия из высокопрочного ПК удовлетворяется только на 30%. Это является основным сдерживающим фактором в обеспечении ПТИПК сырьем.

Немаловажное значение в обеспечении ПТИПК сырьем принадлежит системе оценки качества блоков-заготовок. В настоящее время отсутствуют научно обоснованные требования к качеству блоков-заготовок.

Действие указанные выше факторы усугубляется в условиях существующей отраслевой структуры народного хозяйства. Обеспечение ПТИПК является межотраслевой задачей. Часто для решения этой задачи заготовки приходится поставлять за тысячи километров. В то время, как в непосредственной близости от ПТИПК залегают ПК требуемого качества.

Расширение производственных мощностей действующих ПТИПК возможно на основе высокоэффективных типовых процессов обработки заготовок из ПК. Однако, в современном машиностроении из-за отсутствия теоретической основы и обобщений, систематизированной методики построения типовых процессов технология обработки деталей из камня базируется на использовании оборудования, инструмента и технологических приемов, известных в металлообработке, строительстве, горном деле и обработке деталей оптикоэлектронной промышленности из стекла, керамики и других труднообрабатываемых резанием материалов. При этом не учитывается, что эксплуатационные свойства деталей машин, кроме физико-химических параметров материала деталей, определяются микро- и макрогеометрией обработанных поверхностей, глубиной и физико-механическими характеристиками поверхностного слоя, которые наследуются в процессе обработки этих деталей и в частности зависят как от финишных операций, так и от вида и режимов предварительной обработки. Анализ производительности и качества обработки каменных деталей машин существующими методами показывает, что они не удовлетворяют современное производство, а дальнейший рост их производительности за счет фиксирования режимов сопровождается резким ухудшением качества обработки.

Указанные недостатки ПТИПК приводят к высоким стоимостным показателям деталей из камня. Стоимость 1 м³ технических изделий более чем на два порядка превышает стоимость 1 м³ товарных блоков, а стоимость 1 м² обработанной поверхности изделий более чем на порядок больше 1 м² полированной плиты.

Большие резервы повышения эффективности ПТИПК скрыты в разработке технологии упрочнения ПК. Принципиальная возможность упрочнения ПК доказана на примере бетонов и углеграфитовых материалов [5].

При обработке указанных материалов полимерами их прочность увеличивалась более чем в 2 раза. Реализация этого направления в ПТИПК позволит значительно уменьшить материалоемкость изделий.

Выводы. Таким образом эффективное применение ПК в технике возможно на основе решения комплекса вопросов, связанных с оценкой качества ПК, технологией добычи и обработки и организации производства.

Таблица 1

Применение технических изделий из природного камня в технике

№ пп	Подотрасль (код народного хозяйства)	Оборудование	Технические изделия	Используемые горные породы
1	Станкостроение (55.29) Робототехника (55.30)	1.1 Станки для сверления печатных плат 1.2 Шлифовальные станки 1.3 Алмазно-расточные станки 1.4 Гибкие производственные модули	Основания, траверсы, тумбы Станина Станина Станина	Гранитоиды, диабаз, габбродиабаз -/- -/-
2	Оборудование для электронного и радиотехнического производства (47.13)	2.1 Генераторы изображения 2.2 Фотоповторители 2.3 Контрольно-измерительные и аттестационные установки	Основания, плиты. Направляющие каретки	-/-
3	Метрология Измерение отдельных величин и характеристик (90.27)	3.1 Координатно-измерительные машины 3.2 Образцовые и эталонные средства измерений	Основания, траверсы, направляющие Плиты, поверочные, угольники, линейки	-/- -/-
4	Приборостроение (59)	4.1 Оптические системы 4.2 Масс-анализаторы рентгеновские	Скамьи оптические, траверсы, направляющие	-/-
5	Электротехника. Производство электрических изоляторов (45.49)	5.1 Распределительное оборудование	Электротехнические распределительные доски	Мрамор, мраморизованные известняки
6	Химическое и нефтяное машиностроение	6.1 Бумагоделательные машины 6.2 Помольные мельницы	Рубашки прессовых валов, гарнитуры	Гранит Базальт
7	Строительное и дорожное машиностроение (55.53)	7.1 Мельницы для измельчения асбеста	Поды, бегуны	Гранит
8	Машиностроение для пищевой промышленности (55.63)	8.1 Мельницы для измельчения зерна 8.2 Сыроделательные машины	Жернова Вальцы	Гранит Гранит

Надійшла 18.11.2008 р.

Література

1. Повышение долговечности оборудования пищевой промышленности / Роменский Н.П., Сологуб Н.А., Прейс Г.А. и др. – К.: Урожай, 1989. – 160 с.
2. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
3. Кузьмичев Г.П., Сайганов В.А. Использование твердокаменных пород в метрологии и точном машиностроении // Электронная техника. Серия 7. Технология организации производства и оборудования. – 1986. – С. 51-54.
4. Бирюков Г.С. Использование гранита в измерительных приборах для линейных измерений // Измерительная техника. – 1982. – № 2. – С. 22-23.
5. Набоков В.С., Антонов А.Н., Фиалков В.А. Получение высокоплотных графитов. – М.: ВНИИ, 1983. – 145 с.

**Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 5 від 19.11.2008 р.**

Підп. до друку 20.11.2008 р. Ум.друк.арк. 30,12 Обл.-вид.арк. 28,66
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