

Науковий журнал

1. 2001

ВІСНИК

**Технологічного
університету Поділля**

Частина 1

Технічні науки

ВІСНИК

Технологічного

університету

Поділля

Засновано в липні 1997р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2001, №1. Ч.1 (28)

Засновник і видавець : Технологічний університет Поділля (м.Хмельницький)

Головний редактор академік АІН України, д.т.н. Сілін Р.І.

Заступник головного редактора д.т.н. Каплун В.Г.

Відповідальний секретар Гуляєва В.О.

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Технічні науки

д.т.н. Костогриз С.Г., д.т.н. Ройзман В.П., д.т.н. Локазюк В.М., д.т.н. Ковтун В.В.,
д.т.н. Шевеля В.В., д.т.н. Кіницький Я.Т., к.т.н. Драпак Г.М., д.т.н. Параска Г.Б., к.т.н. Баннова І.М.,
к.т.н. Троцишин І.В., к.т.н. Косенков В.Д., д.т.н. Мазур М.П., д.т.н. Гладкий Я.М.,
д.т.н. Калда Г.С., д.т.н. Мичко А.А., д.т.н. Стечишин М.С., д.т.н. Кузьменко А.Г.,
д.т.н. Рудницький В.Б., д.т.н. Камбург В.Г., д.ф.-мат.н. Петренко О.М., д.т.н. Мясищев О.А.

Відповідальний за випуск Гуляєва В.О.

Технічний редактор Горященко К.Л.

Редактор-коректор Науменко В.С.

Адреса редакції :

Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, Технологічний університет Поділля,
редакція журналу "Вісник Технологічного університету Поділля"

☎ (03822) 2-51-08

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №2362 від 27 грудня 1996 року

© Технологічний університет Поділля, 2001
© Редакція журналу "Вісник Технологічного
університету Поділля", 2001

ЗМІСТ

М.М.БЕЛЬДІЙ, Я.Т.КІНИЦЬКИЙ, Р.А.МАРЧУК ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ ІНЕРЦІЇ, ЩО ДІЮТЬ НА ЛАНКИ ГІДРОМАШИН, ВИКОНАНИХ НА ОСНОВІ ЗВОРОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА РУХУ	7
В.В. КОВТУН, О.А. ДОРОФЄЄВ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ МАТЕРІАЛІВ З СУТТЄВИМ ВНУТРІШНІМ ТЕРТЯМ	11
О.Б.СВЕТЛОВСЬКИЙ, Я.Т. КІНИЦЬКИЙ ГЕОМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ СИМЕТРИЧНИХ ЛЯМБДОПОДІБНИХ МЕХАНІЗМІВ ЧЕБИШЕВА ЗА ЗАДАНОЮ ТРИВАЛІСТЮ ЗУПИНКИ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ ЧИСЕЛЬНИМ МЕТОДОМ	20
В.І.САВУЛЯК ДЕЯКІ ПИТАННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ СИСТЕМ Fe-C-i, Де i - ТРЕТІЙ СИЛЬНО ЛІКВУЮЧИЙ КОМПОНЕНТ	25
І.ЛОЗОВИЙ, Р.ЗІНЬКО ГРАФИ СТРУКТУРИ ЗВ'ЯЗКІВ УЗАГАЛЬНЕНИХ КООРДИНАТ ДЛЯ АВТОВАНТАЖОТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ МАШИН ТА МЕТОДИКА ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ	29
С. Й. ТКАЧЕНКО, Є. Ф. ЛІСЦІН, В. В. ТКАЧЕНКО, С. Й. ШАМАНСЬКИЙ. РАНЖУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ВОДИ ЗА КРИТЕРІЯМИ СТІЙКОСТІ ДО ЗБУДЖЕНЬ	34
Б. ОКС ДИАГНОСТИКА СКРЫТЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОНКОСТЕННЫХ РОТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН	39
А.Н. ГОРБЕНКО ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ШАРИКОВОГО АВТОБАЛАНСИРА В КОНСТРУКЦИИ ОДНОДИСКОВОГО РОТОРА НА ШАРНИРНОЙ И ПОДАТЛИВОЙ ОПОРАХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОБАЛАНСИРОВКИ	43
С.М. БЕРЕЗНЕНКО, В.В. КОСТРИЦЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ	47
О.П. ГЛАДУН, А.Л. СЛАВІНСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТИТУЦІЙНИХ ТИПІВ ТІЛОБУДОВИ ЖІНОК	51
М.Л. КУЛИГИН, Т.В. ИВАНОВА НИЗКОМОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ГИДРОФОБНОГО И МАЛОУСАДОЧНОГО ЭФФЕКТА НА ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЯХ	57
В.В. СЬОМКІН КЛАСИФІКАЦІЯ СПЕЦІАЛІЗАЦІЙ І ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ СПЕЦІАЛІЗАЦІЙ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ “ДИЗАЙН”	60

Н. В. ПРОШИНА, Т. М. БОНДАРЧУК ВИВЧЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦОДЯГУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА ПІГІЄНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ	64
К.О. КИСЕЛЬОВА ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ФОРМ У ЖІНОЧОМУ ТРИКОТАЖНОМУ КОСТЮМІ	67
В.В.ШЕВЕЛЯ, А.ДЖИМАЛА, Г.С.КАЛДА, В.П.ОЛЕКСАНДРЕНКО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КОРОЗИЙНИХ ЯВИЩ ТА СУБСТРУКТУРИ МЕТАЛІВ ПРИ ВТОМЛЕНОСТІ	70
М.В. КЛЯЦЬКА, Н.М. ОМЕЛЬЧЕНКО, В.П. КОНОВАЛ ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ВЗУТТЯ ДЛЯ ВАГІТНИХ ЖІНОК	76
ПЛЯЄВА М.О.,СВІСТУНОВА Л.Т. , КОНОВАЛ В.П. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ КЛАСИФІКАЦІЙНИХ ОЗНАК ЗА СКЛАДНІСТЮ КОНСТРУКЦІЇ ЗАГОТОВКИ ВЗУТТЯ	78
Н.В. ПЕРВАЯ, Н.Н. ОМЕЛЬЧЕНКО, В.П. КОНОВАЛ ЗАСТОСУВАННЯ УНІФІКАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДИТЯЧОГО СПОРТИВНОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ ІГРОВИХ ВИДІВ СПОРТУ	80
В.П. КОНОВАЛ, Г.В. ПОЛІЩУК ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗАХВАТУ ЗІ СТОСУ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХУ ВЗУТТЯ	82
В.Г.ЗДОРЕНКО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАТЯГУ НИТКИ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФОРМАЦІЇ ЇЇ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРИЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКОВИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ	86
В.О. ПРИВАЛА, А.А. МИЧКО ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ КАПІЛЯРНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	91
Н.В. ЕКЕЛЬ,О.В. ДАШКОВСЬКА, Р.І. ГВОЗДЯК АНТИМІКРОБНІ ТА АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЬОНОМІСТКИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВЗУТТЄВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	95
О.П.КИЗИМЧУК, Ф.А.МОЙСЄЄНКО ФОРМОСТІЙКІСТЬ ТРИКОТАЖУ ПЕРЕПЛЕТЕННЯ ТРЬОХГОЛКОВИЙ УТОК-СУКНО	98
А.А. МИЧКО, Н.А. МИЧКО ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ НА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	101
О.П. БУРМІСТЕНКОВ, Б.М. ЗЛОТЕНКО, М.Є. СКИБА ВПЛИВ СТРУКТУРИ ЛИТИХ ПОЛІМЕРНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ЇХ МІЦНІСТЬ	104

Н.М. ЗАЩЕПКІНА ОСНОВНІ НАПРЯМКИ В ДОСЛІДЖЕННІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПО ПЕРЕРОБЦІ ЛУБОВОЛОКНИСТИХ КУЛЬТУР	107
П.В. КАПЛУН, Я.Т. КІНИЦЬКИЙ, А.Г. КУЗЬМЕНКО ШВИДКОСТІ ПРОКОВЗУВАННЯ В УПОРНИХ ПІДШИПНИКАХ КОЧЕННЯ	110
О.Д.ОРЛОВА ГІДРОФОБНІ ВЛАСТИВОСТІ ШКІР ЖИРО-ВОСКОВОГО ОЗДОБЛЮВАННЯ	115
І.О.СИВАК ОЦІНКА ДЕФОРМУВАННЯ ПОРИСТОЇ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПРЯМОМУ ВИДАВЛЮВАННІ	119
Е.С. ДЕНИСОВА, О. В. РОМАНКЕВИЧ, С.М. КАРАСЕВА ПРОДУКТИ ВЗАЄМОДІЇ КАПРОЛАКТАМУ З ДІЕТИЛЕНТРИАМІНОМ	125
І.А. МАНДЗЮК КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ВІНІПЛАСТУ	128
В.М. ЛОЗА, Т.С. ШОСТАК ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ПОЛИМЕРНО-ПЕКОВЫХ ВОЛОКОН	130
С.Й. ТКАЧЕНКО, Д. В. СТЕПАНОВ, О. Ю. СПІВАК СТАБІЛІЗОВАНИЙ ТЕПЛООБМІН В СИСТЕМІ : НАГРІВАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТ – ОБМЕЖЕНИЙ ОБ'ЄМ РІДИНИ – НАВКОЛИШНЄ ПОВІТРЯ	134
О.А. АНДРЕЄВА ДОСЛІДЖЕННЯ СУЛЬФАТУВАННЯ ОКСИЕТИЛЬОВАНИХ ВУГЛЕВОДНІВ	139
Г.В. САКАЛОВА, В.І. ЛІЩУК, В.А. ЖУРАВСЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ АМІНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЗОЛЬНИХ РІДИН	145
П. ВАСИЛЮК ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЯВИЩ В ТЕХНОЛОГІЯХ	148
П.СТУХЛЯК, В.СИРОТЮК ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ – ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИЙ ФАКТОР СТАНУ КОНСТРУКЦІЇ ДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ	151
А.А.ПАСЕЧНИК ЕЛЕКТРОЛІТИЧНЕ НАВОДНЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ	157
І.А. САМІЙЛЕНКО, В.І. ЕЗИКОВ ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ ВОЛОКНА НА ЙОГО ВЗАЄМОДІЮ ЗІ ЗВ'ЯЗУЮЧИМИ ПІГМЕНТНИХ СПОЛУК	160
Л.Л.НОВІЦЬКА, Т.Ф.ПЕТРЕНКО ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОБУТОВОГО ФІЛЬТРУ ДЛЯ ДООЧИСТКИ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ В М. ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ	164

І.М. ПАСТУХ

СТРУКТУРА ТА КОНСТРУКТИВНІ СХЕМИ МАШИН ДЛЯ ВАКУУМНО-ДИФУЗІЙНОЇ
МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ МЕТАЛІВ 168

С.А. ВАСИЛИШИН

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛЮЧОГО ДРОТУ 175

О.В. КЛЬОНОВ

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕРІВНОТИ ЧЕСАЛЬНОЇ СТРІЧКИ НА ПОТОКОВИХ ЛІНІЯХ З
ЖИВЛЕННЯМ ВІД СН-ЗУ 181

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ

В.М. ЛОКАЗЮК, О.М. ЗАЄЦЬ

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА
ОСНОВІ СЕРВІСНИХ ПЛАТ 185

І.В. МУЛЯР, В.М. ДЖУЛІЙ

ГІПЕРТЕКСТОВА МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В БАЗАХ ДІАГНОСТИЧНИХ
ДАНИХ 189

О.В. ОГНЄВИЙ, С.В. ГЛУЩАК

“ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ” ДИСТАНЦІЙНЕ ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ
СИСТЕМ 192

Ю.Г. САВЧЕНКО, Ю.П. КЛЬОЦ, О.С. САВЕНКО, В.М. ЧЕШУН

МЕТОДИКА ТА АЛГОРИТМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ З
ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗСЛОВНИКОВИХ ПРОЦЕДУР 195

О.В. ПОМОРОВА

КОМБІНОВАНА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКСПЕРТНА МОДЕЛЬ ЯК ЗАСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ
МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИСТРОЇВ І СИСТЕМ 198

ЧОРНЕНЬКИЙ В.І., ЧЕШУН В.М.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПОЛІХОТОНОМІЧНИХ ПРОЦЕДУР ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ
ШТУЧНИМИ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ 202

Ю.В. ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ

ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ КАБЕЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ 206

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ ІНЕРЦІЇ, ЩО ДІЮТЬ НА ЛАНКИ ГІДРОМАШИН, ВИКОНАНИХ НА ОСНОВІ ЗВОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА РУХУ

Наведено методику визначення сил та моментів сил інерції, що діють на ланки гідромашин, побудованих на основі зворотного перетворювача руху і одержано залежності для знаходження їх величин.

В роботі [1] розглянуто структуру та кінематику зворотного перетворювача напрямку руху (ПР), який можна використати як гідромашину об'ємного витиснення. Для подальших розрахунків деталей машин на міцність, жорсткість, довговічність, визначення коефіцієнта корисної дії тощо, необхідно знайти всі сили (моменти пар сил), що діють на них. Тут ми розглянемо методику визначення сил та моментів сил інерції, що діють на ланки гідромашин, побудованих на основі ПР. Як і в роботі [1], нерухому систему координат $x_1y_1z_1$ пов'яжемо з корпусом 1, а рухому систему $x_1y_1z_1$ – з водилом 3. В початковий момент часу (рис. 1,а) нерухома і рухома система координат збігаються. Основними ланками ПР, на які діють сили (моменти) інерції, є кільце 4, лопать 6 і водило 3 (рис. 1).

Кільце. Кільце обертається у своїй площині відносно сферичного водила з відносними кутовими швидкістю ω_k і прискоренням ϵ_k (рис.1,б). На елементарну масу кільця в довільній точці M_i , положення якої визначається радіусом $R_k = M_iO$ і кутом θ_i , діє нормальна (відцентрова) сила інерції \vec{F}_i^n , направлена по радіусу від центра O , та тангенціальна \vec{F}_i^τ , направлена по дотичній протилежно кутовому прискоренню ϵ_k . У зв'язку з центральною симетрією кільця, рівнодіюча і момент від сил \vec{F}_i^n

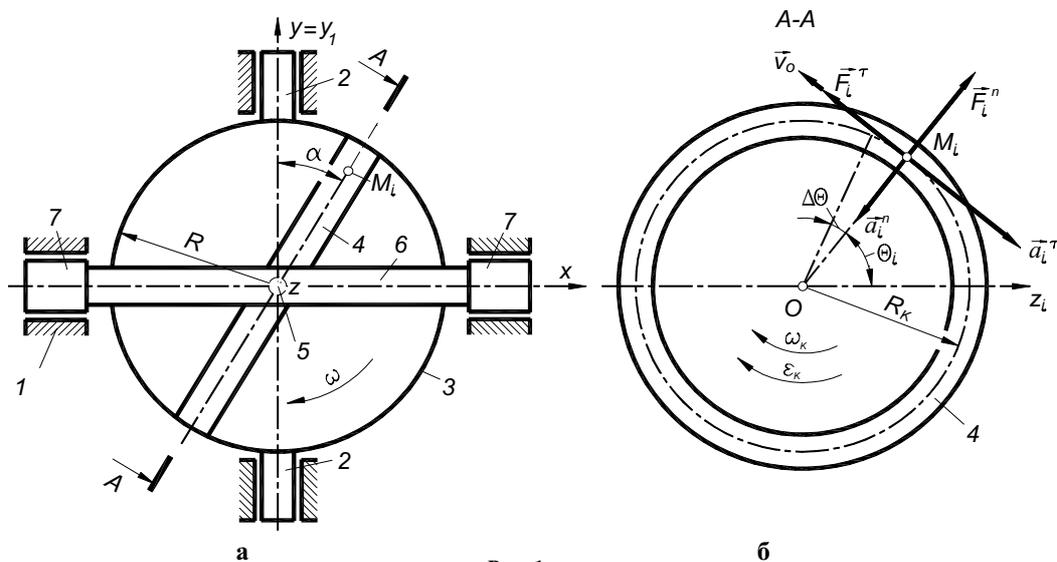


Рис. 1

дорівнюють нулю. З цієї ж причини рівнодіюча від сил \vec{F}_i^τ також дорівнює нулю. Сили \vec{F}_i^τ будуть створювати момент пари сил інерції, який буде направлений також по дотичній протилежно кутовому прискоренню ϵ_k . Направляємо вектор-момент, як прийнято, перпендикулярно до площини, в якій діють сили, таким чином, щоб з кінця вектора поворот від пари сил було видно проти годинникової стрілки.

Обчислимо момент M_{ki}^τ від тангенціальних сил \vec{F}_i^τ . Поділимо кільце на n частин з центральним кутом $\Delta\theta_i$ для кожної частини ($i=1, 2, \dots, n$). Тоді на його i -у частину діє сила

$$F_i^\tau = -m_i a_i^\tau = -m_i \epsilon_k R_k = -S_k R_k \rho_k \Delta\theta_i \epsilon_k R_k = -S_k R_k^2 \rho_k \Delta\theta_i \epsilon_k,$$

де m_i – маса i -ої частини кільця, R_k – його середній радіус, S_k – площа поперечного перерізу кільця, ρ_k – густина його матеріалу.

Момент цієї сили відносно точки O буде

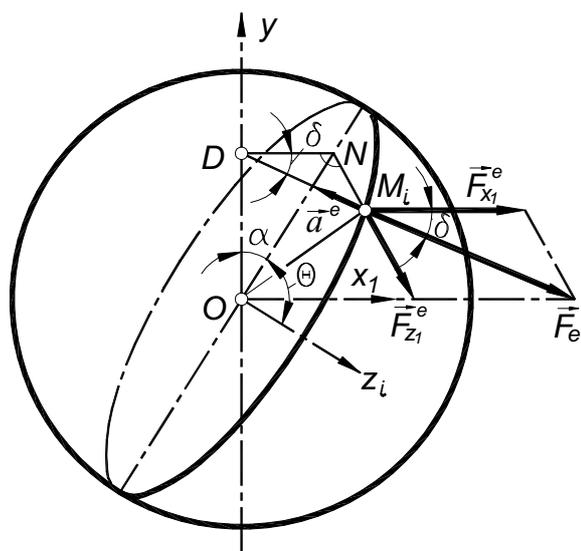


Рис. 2

кільця навколо осі ординат). Позначимо кут, який утворює радіус OM_i з віссю Oz_1 через θ . Радіус обертання точки M_i відносно осі Oy буде DM_i . Пряма ON – це лінія перетину площини кільця з площиною x_1Oy , а кут нахилу кільця $\alpha = \angle DON$. Розглядаючи послідовно трикутники ONM_i , OND , DNM_i і ODM_i , одержимо:

$$NM_i = OM_i \cos \theta = R_k \cos \theta, \quad ON = OM_i \sin \theta = R_k \sin \theta;$$

$$DN = ON \sin \alpha = R_k \sin \alpha \cos \theta;$$

$$DM_i = \sqrt{DN^2 + NM_i^2} = R_k \sqrt{\sin^2 \alpha \sin^2 \theta + \cos^2 \theta} = R_k \sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cos^2 \theta};$$

$$DO = \sqrt{OM_i^2 - DM_i^2} = R_k \sqrt{1 - \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha \cos^2 \theta} = R_k \cos \alpha \sin \theta.$$

Тоді кут $\delta = \angle NDM_i$ визначимо з формули:

$$\cos \delta = \frac{DN}{DM_i} = \frac{\sin \alpha \sin \theta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cos^2 \theta}}.$$

Сила інерції від переносного руху i -ої матеріальної точки \vec{F}^e знаходиться в площині, яка перпендикулярна до осі Oy . Розкладемо її на дві складові $\vec{F}_{x_1}^e$ і $\vec{F}_{z_1}^e$, які паралельні відповідним рухомих осям координат. Легко побачити, що складова $\vec{F}_{z_1}^e$ зрівноважується такою ж силою, але протилежно направленою, яка прикладена в симетрично розміщеній по відношенню до лінії ON точці кільця. Тому, в силу симетрії відносно лінії ON кільця, рівнодіюча і момент від сил $\vec{F}_{z_1}^e$ дорівнюють нулю. Рівнодіюча від сил $\vec{F}_{x_1}^e$ також рівна нулю (в силу симетрії відносно центра O кільця). Сили $\vec{F}_{x_1}^e$ дають момент \vec{M}_{kz}^e відносно осі Oz_1 , вектор якого буде направлений вздовж осі Oz_1 .

Враховуючи, як і в попередньому випадку, що матеріальна точка M_i (елемент кільця з центральним кутом $d\theta$) має масу m_i , запишемо вираз для моменту M_{kzi}^e для кожної такої маси:

$$\begin{aligned} M_{kzi}^e &= OD \cdot F_{x_1}^e \cos \delta = OD \cdot m_i a^e \cos \delta = OD \cdot DM_i \cdot m_i \omega^2 \cos \delta = \\ &= R_k \cos \alpha \sin \theta \frac{\sin \alpha \sin \theta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cos^2 \theta}} \rho_k S_k R_k d\theta R_k \times \\ &\times \omega^2 \sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cos^2 \theta} = \rho_k S_k \omega^2 R_k^3 d\theta \sin \alpha \cos \alpha \sin^2 \theta. \end{aligned}$$

Сумарний момент від усіх сил $\vec{F}_{x_1}^e$, що діють на кільце, одержимо, якщо проінтегруємо останній вираз по всій його довжині:

$$M_{ki}^\tau = -\rho_k S_k R_k^3 \varepsilon_k \Delta\theta_i.$$

Тоді результуючий момент:

$$\begin{aligned} M_k^\tau &= \lim_{\Delta\theta_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n M_{ki}^\tau = \lim_{\Delta\theta_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n \rho_k S_k R_k^3 (-\varepsilon_k) \Delta\theta_i = \\ &= \int_0^{2\pi} \rho_k S_k R_k^3 (-\varepsilon_k) d\theta = -2\pi \rho_k S_k R_k^3 \dot{\alpha}_k = -m_k R_k^2 \dot{\alpha}_k, \end{aligned}$$

де m_k – маса кільця.

Враховуючи вираз (13) [1] для ε_k , одержимо:

$$M_k^\tau = m_k R_k^2 \omega^2 \frac{\sin \alpha \cos^2 \alpha \sin 2\varphi}{(\sin^2 \varphi + \sin^2 \alpha \cos^2 \varphi)^2}. \quad (1)$$

Вектор \vec{M}_k^τ знаходиться в рухомій площині x_1Oy_1 і направлений перпендикулярно до площини кільця.

Знайдемо рівнодіючу та момент від сил інерції, що виникають при переносному русі кільця. На рис. 2 зображена схема сил, що виникають в деякій точці M_i кільця при його переносному русі (обертання

$$M_{kz}^c = \int_0^{2\pi} \rho_k S_k \omega^2 R_k^3 \sin \alpha \cos \alpha \sin^2 \theta \cdot d\theta = \frac{\pi}{2} \rho_k S_k \omega^2 R_k^3 \sin 2\alpha = 0,25 \omega^2 R_k^2 m_k \sin 2\alpha,$$

тобто сумарний момент від переносного руху кільця (разом з сферичним водилом) буде:

$$M_{kz}^c = 0,25 \omega^2 R_k^2 m_k \sin 2\alpha. \quad (2)$$

Крім цих інерційних сил і моментів, у кільці будуть виникати сили від прискорення Кориоліса.

Прискорення Кориоліса \vec{a}^c для кожної точки кільця (рис. 3) буде знаходитись в площині, що перпендикулярна до осі Oy , оскільки вектор $\vec{\omega}$ направлений вздовж осі Oy . Як відомо,

$$\vec{a}^c = 2\vec{\omega} \times \vec{v}^r,$$

де \vec{v}^r - відносна швидкість точки.

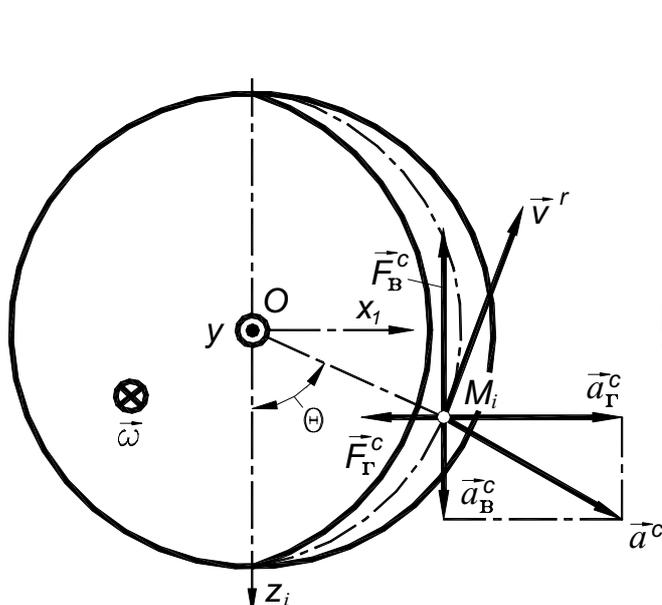


Рис. 3

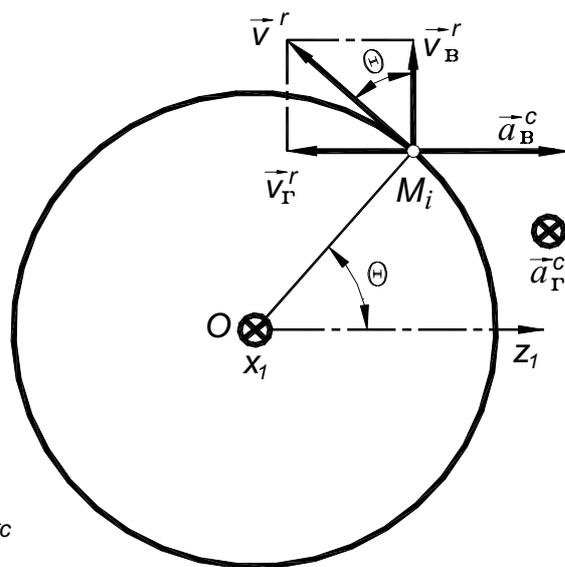


Рис. 4

При цьому вектор \vec{a}^c буде для кожної точки різний за напрямком, оскільки вектор швидкості \vec{v}^r має для кожної точки кільця інший напрямок. На рис. 3 і 4 показана схема швидкостей і прискорень, що виникають в довільній точці M_i кільцевого вкладиша. На рис.3 показана половина кільця зі сферичним водилом (вид зверху), а на рис.4 показано кільце в своїй площині.

Для знаходження рівнодіючої від сил, що виникають завдяки прискоренню Кориоліса, розкладемо вектор \vec{v}^r на горизонтальну складову \vec{v}_r^r і вертикальну складову \vec{v}_b^r , яка перпендикулярна до складової \vec{v}_r^r і лежить в площині кільця. Очевидно, вектор \vec{v}_b^r з вектором $\vec{\omega}$ утворює кут, який дорівнює $\pi - \alpha$, а вектор \vec{v}_r^r з вектором $\vec{\omega}$ утворює кут $\pi/2$.

Від швидкостей \vec{v}_r^r і \vec{v}_b^r будуть виникати дві складових прискорення Кориоліса \vec{a}_r^c і \vec{a}_b^c , а, отже, і дві складових сил інерції \vec{F}_r^c і \vec{F}_b^c , вектори яких направлені протилежно до відповідних векторів прискорень. Легко побачити (в силу симетрії), що рівнодіюча від сил \vec{F}_b^c буде дорівнювати нулю. Рівнодіюча від сил \vec{F}_r^c також, в силу симетрії, буде дорівнювати нулю, але ці сили дадуть момент відносно осі Oz_1 , вектор якого направлений перпендикулярно до площини $x_1 O y_1$. Обчислимо цей момент. Для цього на кільці виділимо деяку матеріальну точку M_i , маса якої $m_i = S_k \rho_k R_k d\theta$, де $d\theta$ — центральний кут, під яким видно матеріальну точку з центра O . Складові швидкості в цій точці:

$$v_r^r = v^r \sin \theta = \omega R_k \sin \theta$$

Тоді:

$$a_r^c = 2\omega v_r^r \sin \frac{\pi}{2} = 2\omega\omega_k R_k \sin \epsilon.$$

Момент від сили, що виникає в точці M_i , завдяки прискоренню \vec{a}_r^c :

$$M_{zi}^c = m_i a_r^c R_k \sin \theta \cos \alpha = 2\omega\omega_k \rho_k S_k R_k^3 d\theta \cos \alpha \sin^2 \theta. \quad (3)$$

Момент M_z^c від усіх елементарних мас кільця знайдемо інтегруванням по всій довжині кільця залежності (3):

$$M_z^c = \int_0^{2\pi} 2\omega\omega_k \rho_k S_k R_k^3 \cos \alpha \sin^2 \theta \cdot d\theta = 2\pi\omega\omega_k \rho_k S_k R_k^3 \cos \alpha = m_k R_k^2 \omega\omega_k \cos \alpha.$$

Враховуючи вираз (19) для ω_k [1], одержимо:

$$M_z^c = \frac{m_k R_k^2 \omega^2 \sin \alpha \cos \alpha}{\sin^2 \varphi + \sin^2 \alpha \cos^2 \varphi} = \frac{0,5 m_k R_k^2 \omega^2 \sin 2\alpha}{\sin^2 \alpha + \sin^2 \varphi \cos^2 \alpha}. \quad (4)$$

Оскільки вектори \vec{M}_z^c і \vec{M}_{kz}^t направлені по осі Oz , то їх можна об'єднати. Сумарний вектор:

$$M_{kz} = M_z^c - M_{kz}^e = 0,25 m_k R_k^2 \omega^2 \sin 2\alpha \left(\frac{2}{\sin^2 \alpha + \sin^2 \varphi \cos^2 \alpha} - 1 \right)$$

або:

$$M_{kz} = 0,25 m_k R_k^2 \omega^2 \frac{\sin 2\alpha (1 + \cos^2 \varphi \cos^2 \alpha)}{\sin^2 \alpha + \sin^2 \varphi \cos^2 \alpha}. \quad (5)$$

Лопать. При обчисленні сил інерції, що діють на лопать, її можна вважати круговим кільцем з площею радіального перерізу S_l і середнім радіусом R_l . Лопать l обертається навколо нерухомої осі Ox (осі напіввалів). Кутова швидкість ω_l і кутове прискорення ϵ_l відомі [1]. Враховуючи, що знак у виразі для ϵ_l від'ємний, то вектор $\vec{\epsilon}_l$ направлений протилежно до вектора $\vec{\omega}_l$.

Усі нормальні відцентрові сили інерції будуть направлені від осі обертання по радіусу і в силу центральної симетрії лопаті будуть зрівноважуватись, а їх рівнодіюча та момент будуть дорівнювати нулю. Рівнодіюча від дотичних сил інерції з цієї ж причини також дорівнює нулю. Дотичні сили інерції

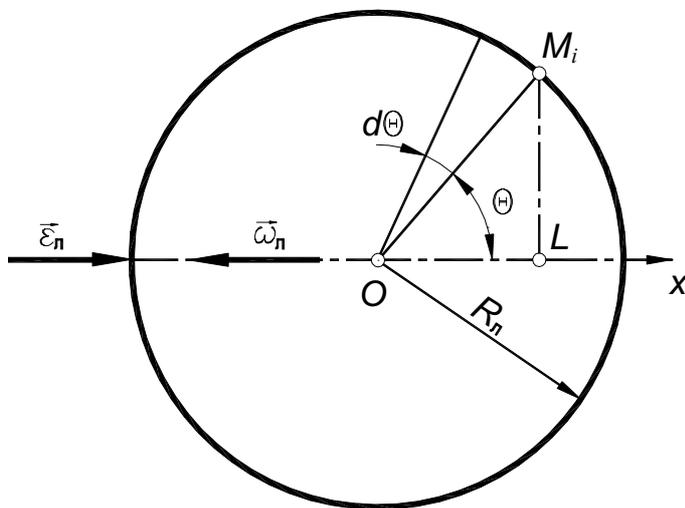


Рис. 5

дають момент, який буде повертати лопать навколо осі Ox . Всі дотичні прискорення a_l^t (для кожної точки) направлені перпендикулярно до площини лопаті, тобто паралельні між собою. Для довільної точки лопаті M_i з масою m_i тангенціальне прискорення (рис. 5):

$$a_l^t = M_i L \cdot \epsilon_l = R_l \epsilon_l \sin \theta.$$

Тоді момент від тангенціальної сили інерції цієї точки буде:

$$M_{li}^t = m_i a_l^t M_i L = \epsilon_l \rho_l S_l R_l^3 d\theta \sin^2 \theta, \quad (6)$$

де ρ_l – густина матеріалу лопаті.

Результуючий момент одержимо, якщо проінтегруємо по довжині всієї лопаті залежність (6):

$$M_{\text{л}}^{\tau} = \int_0^{2\pi} \dot{\alpha}_{\text{л}} \tilde{n}_{\text{л}} S_{\text{л}} R_{\text{л}}^3 \sin^2 \vartheta \cdot d\vartheta = \dot{\alpha}_{\text{л}} \tilde{n}_{\text{л}} S_{\text{л}} R_{\text{л}}^3 \pi = \frac{1}{2} m_{\text{л}} R_{\text{л}}^2 \dot{\alpha}_{\text{л}}.$$

Вектор $\vec{M}_{\text{л}}^{\tau}$ направлений протилежно до $\vec{a}_{\text{л}}$ (рис. 5). Тоді, враховуючи $\epsilon_{\text{л}}$ [1] із останньої формули, матимемо:

$$M_{\text{л}}^{\tau} = -0,25 R_{\text{л}}^2 \omega^2 m_{\text{л}} \sin 2\alpha \frac{(1 + \cos^2 \varphi \cos^2 \alpha) \sin \varphi}{(\sin^2 \alpha + \sin^2 \varphi \cos^2 \alpha)^2}. \quad (7)$$

Водило. Якби у сферичного водила не було кругового паза під кільце, то, в силу його симетрії відносно вертикальної осі (осі Oy), рівнодіюча і момент від сил інерції дорівнювали б нулю. Завдяки ж пазу виникне момент $M_{\text{в}}^e$ (рівнодіюча від сил інерції із-за симетрії паза буде дорівнювати нулю). Цей момент можна знайти, якщо припустити, що паз заповнений матеріалом, з якого виготовлене водило і взяти для нього протилежний знак. Легко побачити, що розрахунок буде такий же самий, як і моменту $M_{\text{кз}}^e$ при переносному русі кільця. Тому, враховуючи формулу (2), будемо мати:

$$M_{\text{в}}^e = 0,25 m_{\text{вп}} R_{\text{к}}^2 \omega^2 \sin 2\alpha, \quad (8)$$

де $m_{\text{вп}}$ – маса тіла, яке одержали б, заповнивши кільце матеріалом, з якого виготовлене водило (зовнішній радіус цього тіла дорівнює радіусу водила). Вектор $\vec{M}_{\text{в}}^e$ по напрямку збігається з віссю Oz_1 .

ЛІТЕРАТУРА

1. М.М. Бельдїй, Я.Т. Кіницький, Г.П. Черменський. Кінематика зворотного перетворювача напрямку руху // Вісник Технологічного університету Поділля.–2000.– № 3.– С. 7–13.
2. И.И. Артоболевский. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640 с.

Надійшла 28. 11. 2000 р.

УДК 621.891

В.В. КОВТУН, О.А. ДОРОФЄЄВ

Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький), Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ МАТЕРІАЛІВ З СУТТЄВИМ ВНУТРІШНІМ ТЕРТЯМ

В статті приводяться результати аналізу різних типів моделей. Моделі першої групи – лінійні – є найбільш простими, але поза їхньою увагою лишаються: нелінійність залежностей між напруженнями та деформаціями; вплив внутрішнього тертя; дилатансія. Моделі другої групи – нелінійні, без урахування внутрішнього тертя – мають деякі переваги перед першою, але все ж не враховують сухе, кулонове тертя та ефект дилатансії. Група інкрементально-дилатансійних моделей позбавлена всіх недоліків, що мають місце в моделях попередніх груп, але їх відрізняє велика складність.

Отже, для матеріалів із суттєвим внутрішнім тертям найбільш перспективним є нелінійні моделі з його урахуванням. Це єдина група моделей, яка при своїй відносній простоті дозволяє враховувати нелінійну залежність деформації і опору зсуву від відношення дотичного та нормального напружень.

Метою даної статті є обґрунтування вибору механічної моделі матеріалів із суттєвим внутрішнім тертям. Під цим терміном будемо розуміти сухе, кулонівське тертя, що виникає у всіх внутрішніх контактах при взаємному ковзанні суміжних частинок матеріалу в процесі його деформування як в дограничному, так і в граничному станах.

Вирішення задач контактної взаємодії, а саме: контакт елементів конструкції чи контакт конструкції з оточуючим середовищем, пов'язано з необхідністю оцінки напружено-деформованого стану контактуючих тіл, що виникає від дії нормальних сил та сил тертя, що розподілені по поверхні контакту. Під поверхню контакту в теорії тертя розуміють поверхневий шар, який не тільки відрізняється від внутрішніх шарів своєю геометрією, структурою та іншими фізичними властивостями, але сприймає та розподіляє на них контактні зусилля. Структура, фізичні властивості та перерозподіл контактних зусиль з поверхні в “глибину” матеріалу вивчені в основному для кристалічних матеріалів. Закономірностям же розподілу та перерозподілу контактних зусиль в крихких, а особливо, в дисперсних матеріалах, належної уваги не приділялось.

При статичній дії навантаження поверхня сприймає його в першу чергу верхів'ями виступів нерівностей. Тобто, початкова зона контактування є найменшою, в ній виникають найбільші напруження, відбуваються деформації і поступово зона збільшується завдяки взаємному наближенню поверхонь. Величина площі фактичного контакту залежить від величини деформацій контактуючих тіл, якості обробки поверхні та інших технологічних факторів. Наприклад, у випадку контактування сталі по сталі при навантаженні 15 МПа площа фактичного контакту складає біля 20% від номінальної площі перекриття при обробці поверхні до $Ra=2,5 \dots 1,25$ мкм та 35% при $Ra=0,63 \dots 0,32$ мкм. Навіть при великих навантаженнях площа фактичного контакту не перевищує 40% від номінальної. Слід відмітити, що якою б ідеально рівною не була б поверхня на початку контакту, під час контактування тіл, одне з яких полікристалічне, внаслідок неоднорідності деформації утворюється шорстка поверхня, що свідчить про зміну структури матеріалу в поверхневому шарі.

Структурні деформації супроводжуються поворотами, мікропереміщеннями та мікроссувами частинок. При цьому в мікроконтактах виникають досить високі тиски. Дослідні дані [4] свідчать про те, що при тисках більших 1500 МПа проявляється вплив внутрішнього тертя на величину деформацій зсуву в пластичних матеріалах; для крихких матеріалів цей вплив є досить суттєвим вже при малих тисках, а поведінка сипких, дискретних, зернистих матеріалів повністю визначається внутрішнім тертям.

Товщина поверхневого контактного шару, взагалі кажучи, не може бути однозначно визначена. В полікристалічних матеріалах цей шар відрізняється від основної маси тільки тим, що в ньому відбувається зміна структури матеріалу. При контактних навантаженнях має місце взаємозанурення більш твердих частинок в менш тверді структурні складові. При цьому відбувається структурна деформація, яка пов'язана з мікроефектами, переорієнтацією, поворотом та сковзанням зерен. Глибинна ж частина матеріалу деформується як суцільне середовище за пружними чи пружно-пластичними законами.

На відміну від полікристалічних тіл, деформації дискретних матеріалів завжди пов'язані зі зміною їх структури – взаємними сковзаннями, поворотами та переорієнтацією зерен, що наближає особливості їх деформування до процесу структурних змін полікристалічних матеріалів в контактній зоні. При цьому в усіх контактах зерен, що мають різну хаотичну орієнтацію, форму і структуру, при взаємному сковзанні виникають сили опору у вигляді сухого, кулонівського тертя, вплив якого на закономірності деформування повинен бути обов'язково відображений в реологічній розрахунковій моделі.

Інтенсивні експериментальні і теоретичні дослідження структури поверхневого шару привели до появи реологічних моделей поверхні тертя. Найбільш перспективною з них є модель номінального нерухомого контакту, що запропонована С.Г.Костогризом [8].

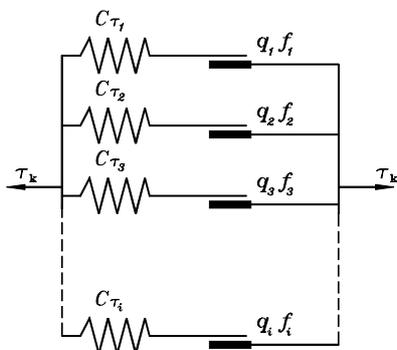


Рис.1 Одномірна реологічна модель номінально нерухомого механічного контакту, що зазнає тангенціальне навантаження

Ця модель враховує основні властивості механічного контакту, що проявляються в процесі його навантаження повільно наростаючою зсуваючою силою. До них відносяться пружні та фрикційні властивості, а також властивість, що полягає у випередженні росту деформації порівняно з ростом напружень в контакт. Останнє розглядається як результат мікроскопічного фрикційного просковзування в різних окремо взятих точках контакту. Тут під мікроскопічним просковзуванням маються на увазі такі взаємні переміщення елементів контакту на мікроскопічному рівні контактування, які мають місце при рівні напружень τ_i , що переважає мікроскопічну питому силу тертя $q_i f_i$ (q_i - мікроскопічний нормальний тиск, f_i - мікроскопічний коефіцієнт тертя).

Реологічна модель механічного контакту, що враховує вище відзначені властивості, показана на рис.1.

Ця модель складається з великої кількості паралельно з'єднаних плечей, в кожному з яких пружні властивості моделюються елементом Гука з тангенціальною жорсткістю C_{τ_i} , а фрикційні властивості — елементом тертя з питомою силою тертя $q_i f_i$. Останнє відрізняє цю модель від моделі ідеально –пружно - пластичних матеріалів, де елемент Сен-Венана моделював пластичні властивості матеріалу і йому відповідала певна границя текучості.

Для цієї моделі основне рівняння процесу деформування номінально нерухомого механічного контакту зсуваючою силою записується автором у такому вигляді:

$$\tau = qf \left[\varepsilon - \frac{n}{(n+1)^{\frac{n+1}{n}}} \varepsilon^{\frac{n+1}{n}} \right], \text{ при } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{\max},$$

$$\tau = qf, \text{ при } \varepsilon \geq \varepsilon_{\max},$$

де ε - відносне взаємне переміщення елементів контактів, $\varepsilon = X/\Delta y$ (X - поточна деформація, Δy - пружна частина повного попереднього зсуву);
 n - параметр пластичності, — пластична частина граничного попереднього зсуву. Експериментальний параметр, який визначається з діаграми “напруження - деформація” за формулою:

$$n = \frac{\Delta_{\text{пл}}}{\Delta_{\text{в}}} = \frac{\Delta - \Delta_{\text{в}}}{\Delta_{\text{в}}};$$

Δ - виміряне на діаграмі граничне значення попереднього зсуву;

$\Delta_{\text{в}}$ - пружне вертання або пружна частина граничного попереднього зсуву.

Наведена модель дозволяє кожному точковому контакту поверхні тертя надати відповідні параметри, які надалі лишаються сталими.

На жаль, описаний підхід неможливо безпосередньо використати для описання процесу деформування дискретних матеріалів. Перш за все не вдається описати безліч внутрішніх контактів між частинками матеріалів, положення, орієнтація, структура та інші параметри яких мають стохастичний характер. Крім того в процесі деформування матеріалів характеристики контактів безперервно змінюються. Тому параметри моделі середовища із значним внутрішнім тертям будуть також мати стохастичний характер.

Дослідниками робились спроби врахувати вплив сухого, кулонівського тертя шляхом визначення контактних сил, що виникають між частинками при їхньому взаємному переміщенні. Однією з перших була модель з однакових кульок щільної упаковки для просторової задачі та однакових циліндрів для плоскої задачі [5]. Є моделі із кульок та циліндрів різних діаметрів, але всі вони дають результати далекі від дійсності тому, що механічні властивості будь-якого середовища визначаються не тільки формою та розмірами, але й взаємним розташуванням складових частинок. В реальних матеріалах і форма, і розміри, і розташування теж мають стохастичний характер. Вивчення впливу кулонівського тертя на деформування та руйнування матеріалів доцільно проводити на матеріалах, в яких внутрішнє тертя є найбільш суттєвим, тобто на зернистих або сипких.

При виборі розрахункових моделей таких матеріалів приходиться відмовлятися від фізично зрозумілих моделей контактних взаємодій між окремими частинками в зв'язку з неможливістю їх реалізації, а переходити до моделей квазісуцільного середовища, визначальні фізичні співвідношення яких враховують вплив на закономірності деформування сухого, кулонівського тертя.

При рішенні контактних задач використовуються різні моделі суцільного середовища. Кожна з них має свої особливості, але всі моделі об'єднує те, що вони використовують три типи рівнянь:

- статичні рівняння (диференціальні рівняння рівноваги);
- геометричні рівняння - лінійні диференціальні залежності між переміщеннями та деформаціями (залежності Коші);
- фізичні залежності, що задають лінійні зв'язки між напруженнями та деформаціями (закон Гука).

Перші два типи рівнянь є однаковими для будь-якої моделі і базуються на принципах суцільності середовища та малості деформацій. Третій же тип рівнянь враховує фізико-механічні властивості матеріалу і ці рівняння є різними для кожної моделі.

Отже, для того, щоб правильно підібрати розрахункову модель, яка враховувала б вплив внутрішнього тертя, необхідно з'ясувати, співвідношеннями яких параметрів напруженого та деформованого станів визначається цей вплив. Як відомо, напружений стан в околі точки повністю визначається тензором напружень $\{\sigma\}$, а деформований стан – тензором деформацій $\{\varepsilon\}$:

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{Bmatrix}; \quad \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x & 0,5\gamma_{xy} & 0,5\gamma_{xz} \\ 0,5\gamma_{yx} & \varepsilon_y & 0,5\gamma_{yz} \\ 0,5\gamma_{zx} & 0,5\gamma_{zy} & \varepsilon_z \end{Bmatrix}.$$

де σ і τ - нормальні та дотичні напруження по площинах з нормальми x, y, z ;

ε і γ - відносні деформації видовження та зсуву.

При вивченні закономірностей деформування матеріалу зручніше використовувати не самі тензори, а їх інваріанти, тобто такі комбінації компонентів тензора напружень та тензора деформацій, які

не змінюють своїх значень при повороті осей.

Основні інваріанти записуються через головні напруження та деформації у такій формі:

$$\begin{array}{ll} \text{Інваріанти тензора напружень} & \text{Інваріанти тензора деформацій} \\ I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 3\sigma_{\text{cp}}; & J_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 3\varepsilon_{\text{cp}} = \varepsilon_{\text{об}}; \\ I_2 = \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1; & J_2 = \varepsilon_1\varepsilon_2 + \varepsilon_2\varepsilon_3 + \varepsilon_3\varepsilon_1; \\ I_3 = \sigma_1\sigma_2\sigma_3. & J_3 = \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3. \end{array}$$

Кожний з інваріантів має чіткий фізичний зміст. Наприклад, J_1 характеризує зміну об'єму, J_2 —зміну форми, J_3 —вид деформівного стану в точці тіла.

Аналогічно можна отримати інваріанти шарових та девіаторних тензорів напружень і деформацій.

Найбільш широко вживаються другі інваріанти девіаторів напружень та деформацій:

$$\begin{aligned} I_2^D &= \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \\ \text{або } I_2^D &= \frac{1}{6} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]; \\ J_2^D &= \frac{1}{6} [(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2] \\ \text{або } J_2^D &= \frac{1}{6} [(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + 6(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2)]. \end{aligned}$$

Іноді зручніше використовувати не основні інваріанти I_2^D і J_2^D , а деякі величини, котрі пропорційні кореню квадратному від них і теж є інваріантними величинами—це інтенсивність напружень σ_i і деформацій ε_i , інтенсивність девіаторів τ_i , γ_i , або октаедричні напруження τ_o і деформації γ_o .

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \sqrt{3}\sqrt{I_2^D}; & \varepsilon_i &= \frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{J_2^D}; \\ \tau_i &= \sqrt{I_2^D}; & \gamma_i &= 2\sqrt{J_2^D}; \\ \tau_o &= \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\sqrt{I_2^D}; & \gamma_o &= \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\sqrt{J_2^D}. \end{aligned}$$

Значну роль в теорії суцільного середовища відіграють треті інваріанти девіатора напружень і деформацій:

$$I_3^D = (\sigma_1 - \sigma_{\text{cp}})(\sigma_2 - \sigma_{\text{cp}})(\sigma_3 - \sigma_{\text{cp}}); \quad J_3^D = (\varepsilon_1 - \varepsilon_{\text{cp}})(\varepsilon_2 - \varepsilon_{\text{cp}})(\varepsilon_3 - \varepsilon_{\text{cp}}).$$

Вони характеризують вид напружено-деформівного стану. Часто замість самих значень I_3^D і J_3^D використовують інші інваріантні величини — параметри Надаї-Лоде μ_σ і μ_ε :

$$\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}; \quad \mu_\varepsilon = \frac{2\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}.$$

Напружено-деформівні стани вважаються подібними, якщо параметри Надаї-Лоде цих станів рівні.

В теорії твердого тіла, що деформується, вводяться спрощуючі гіпотези, які визначають зв'язок між інваріантами.

1. Об'ємні деформації спричиняються тільки середнім напруженням, а при зсуві зміна об'єму не відбувається.

2. Вважається, що деформація форми, яку характеризує девіатор деформацій $\{D_\varepsilon\}$, спричинена девіатором напружень $\{D_\sigma\}$ і не залежить від середнього напруження, тобто діаграма залежності між інваріантами девіаторів напружень і деформацій залишається незмінною при будь-якому виді напруженого стану (гіпотеза єдиної кривої).

3. Напружений та деформівний стани тіла приймаються подібними.

Ці гіпотези можна проілюструвати схемами:

$$\begin{array}{lcl}
 I_1 \leftrightarrow J_1; & & J_1 = f_1(I_1); \\
 I_2^D \leftrightarrow J_2^D; & \text{Або} & J_2^D = f_2(I_2^D); \\
 I_3^D = J_3^D. & & \mu_\sigma = \mu_\epsilon.
 \end{array}$$

Перша залежність виражає закон зміни об'єму, друга — закон формозмінення. Рівність параметрів Надаї-Лоде свідчить про подібність напруженого та деформівного станів.

Розглянуті гіпотези не відповідають закономірностям деформування матеріалів із суттєвим впливом внутрішнього тертя. Спеціально проведені досліді показують, що величина середніх напружень впливає на опір зсуву, а отже і на величину деформації формозмінення. Це є проявом внутрішнього тертя. При зсуві в таких матеріалах відбувається зміна об'єму (ефект дилатансії). Третя гіпотеза також не виконується.

Особливості деформування матеріалів з суттєвим проявом внутрішнього тертя визначаються більш складними схемами:

$$\begin{array}{lcl}
 I_1 \leftrightarrow J_1 & & J_1 = F_1(I_1, I_2^D); \\
 I_2^D \leftrightarrow J_2^D; & \text{або} & J_2^D = F_2(I_2^D, I_1); \\
 I_3^D \neq J_3^D. & & J_3^D = F_3(I_3^D)
 \end{array}$$

Зв'язок між третіми інваріантами встановити практично неможливо. Тому для виключення впливу на закономірність деформування третіх інваріантів рекомендується досліді проводити при тих самих видах напружено-деформівного стану, в яких працює матеріал в конструкції. Найбільш важливою особливістю деформування вказаних матеріалів є залежність опору зсуву і деформації формозмінення від нормальних напружень не тільки в граничному, але й в дограничному станах. На відміну від пластичних матеріалів, де закономірність формозмінення характеризується єдиною кривою $\tau_0 = f(\gamma_0)$, для матеріалів з суттєвим внутрішнім тертям вона характеризується поверхнею $\tau_0 = F(\gamma_0, \sigma_0)$, що нагадує коноїд. Коноїд для ідеально сипкого матеріалу, а також сімейство кривих $\tau_0 = f(\gamma_0)$ при фіксованому значенні σ_0 показані на рис.2 та 3. На рис.3 кожному напруженому стану, який

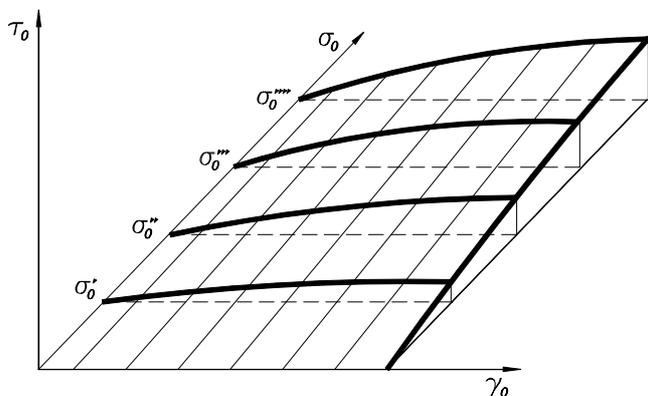


Рис.2 Поверхня $\gamma_0 - \tau_0 - \sigma_0$.

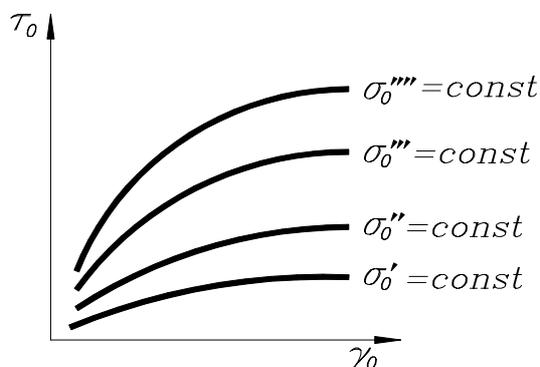


Рис.3 Проекції перерізів поверхні $\gamma_0 - \tau_0 - \sigma_0$ на площину $\gamma_0 - \tau_0$.

характеризується конкретним значенням середнього напруження σ_0 , відповідає “своя” крива. Для того, щоб охарактеризувати напружено-деформівний стан в точці тіла із суттєвим внутрішнім тертям, необхідно експериментально одержати поверхню $\gamma_0 - \tau_0 - \sigma_0$, або сімейство кривих $\tau_0 = f(\gamma_0)$ при фіксованому значенні σ_0 (рис.3). Ці експерименти найпростіше проводити в умовах осесиметричного навантаження зразків в приладах трьохосового стиску.

Описані особливості деформування матеріалів з суттєвим внутрішнім тертям повинні бути враховані при виборі реологічної розрахункової моделі.

Перш за все, модель повинна найбільш повно відображати нелінійність фізичних залежностей “напруження-деформація” в дограничному стані, вплив внутрішнього тертя, а по можливості ефект дилатансії. Крім того, розрахункова модель повинна орієнтуватись на використання чисельних методів та можливостей сучасної електронно-обчислювальної техніки при її реалізації.

Відомі реологічні моделі можна розбити на такі групи:

- 1) моделі, що базуються на лінійних залежностях між напруженнями та деформаціями;
 - 2) моделі, що базуються на нелінійних фізичних залежностях, які не враховують вплив внутрішнього тертя;
 - 3) нелінійні моделі деформаційного типу, що враховують вплив внутрішнього тертя;
 - 4) інкрементальні дилатансійні моделі.
- Коротко розглянемо особливості кожного типу моделей.

1. Лінійні моделі

Моделі, що базуються на лінійних залежностях між напруженнями та деформаціями, або між зусиллями та переміщеннями, найбільш прості. В інженерних розрахунках найчастіше використовують модель лінійно деформівного тіла, або спрощені її різновидності – моделі Фрьоліха, Пузиревського, Власова та ін.

Модель лінійно деформівного тіла базується на апараті класичної теорії пружності. За допомогою цієї моделі одержано рішення більшості задач контактної взаємодії. Механічна модель ідеально-пружного матеріалу показана на рис.4.

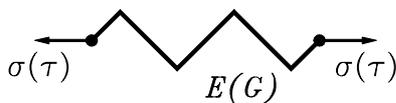


Рис.4 Механічна модель ідеально-пружного матеріалу

Моделі Фрьоліха та Пузиревського дозволяють в спрощеній формі отримувати розподілення напружень в напівплощині при дії на її поверхню зосередженої сили чи штампа.

Існує також цілий ряд лінійних контактних моделей (П.Н.Пастернака, М.М.Філоненка-Бородича тощо), які розвивають відому гіпотезу Вінклера-Фуса про пряму пропорційність між тиском та переміщенням контактних точок.

Недоліком усіх лінійних моделей є те, що вони не враховують нелінійність залежностей між напруженнями та деформаціями, вплив внутрішнього тертя та дилатансію. Тому лінійні моделі не в змозі описати особливості деформування матеріалів із суттєвим внутрішнім тертям.

2. Нелінійні моделі, що не враховують вплив внутрішнього тертя

Якщо обмежитись активним процесом деформування і простим навантаженням, то рішення нелінійної теорії пружності будуть аналогічні рішенням деформівної теорії пластичності. Це дає можливість в цих випадках використовувати методи нелінійної теорії пружності при дослідженні напруженого стану матеріалів, для яких впливом середнього напруження на величину зсувів і дилатансію можна нехтувати.

Рішення нелінійної теорії пружності базується на таких допущеннях:

1. Деформації вважаються малими.
2. Закон зміни об'єму описується лінійною залежністю між шаровими тензорами напружень і деформацій.
3. Закон формозмінення описується нелінійною залежністю між девіаторами напружень і деформацій.

В деформівній теорії пластичності додатково приймаються допущення: про збіг головних осей тензорів напружень і деформацій, про лінійний закон формозмінення при пасивному деформуванні, а іноді і про нестисливість матеріалу. Закономірність деформування формозміни описується простими функціями.

➤ Модель середовища із степеневою залежністю між напруженнями і деформаціями.

Ця модель найчастіше використовується при рішенні задач нелінійної теорії пружності. Ймовірно, що тільки для цієї залежності вдалось отримати точне рішення плоскої задачі в замкненій формі (рішення В.В.Соколовського та Н.Х.Аругюняна).

Можна відмітити моделі В.В.Соколовського, М.В.Малишева, Д.Д.Івлєва, Ю.К.Зарецького тощо, що використовували степеневу функцію.

Закони деформування в моделі В.В.Соколовського приймались у формі:

$$\varepsilon_r + \varepsilon_o = 0 \text{— умова нестисливості,}$$

$$\tau_o = A \gamma_o^\alpha \text{— умова зміцнення } (0 < \alpha < 1) \text{ (рис.5).}$$

М.В.Малишев розглянув задачу про дію зосередженої сили на нелінійно-деформівну півплощину, що стискається, при таких законах деформування:

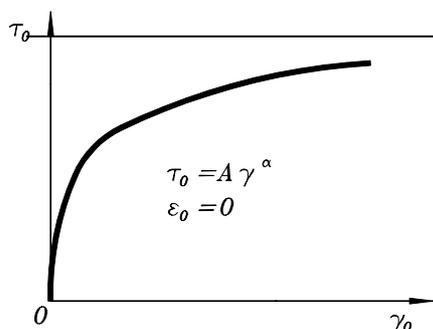


Рис.5 Степенева залежність між девіаторами напружень та деформацій

задану функцією координат.

У всіх попередніх залежностях параметр α пов'язаний з коефіцієнтом Пуассона ν залежністю $\alpha = \nu(1 - \nu)$.

$$\varepsilon_o = \left(\frac{\sigma_o}{D} \right)^{1/\alpha}; \quad \gamma_o = \left(\frac{\tau_o}{A} \right)^{1/\alpha}.$$

Ю.К.Зарецький розглянув плоску контактну задачу для неоднорідного фізично нелінійного середовища, залежність між напруженнями і деформаціями якого може бути представлена у вигляді:

$$\gamma_o = \left(\frac{\tau_o}{A} \right)^{1/\alpha}; \quad \varepsilon_o = 0.$$

Тут неоднорідність враховується тим, що параметр A є

➤ Модель, яка базується на білінійній залежності між напруженнями і деформаціями, отримала широке використання при рішенні пружно-пластичних задач. Вона задовільно апроксимує криволінійні залежності, характерні для твердих матеріалів.

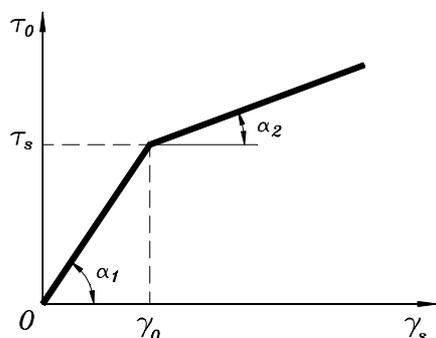


Рис.6 Білінійна залежність між напруженнями та деформаціями

В.В.Гапонов запропонував залежність, що показана на рис.6 описувати такими функціями:

$$\tau_o = G\gamma_o(1-\omega), \quad \omega = \begin{cases} 0 & \text{при } \gamma_o < \gamma_s; \\ \lambda(1-\gamma_s/\gamma_o) & \text{при } \gamma_o > \gamma_s, \end{cases}$$

де λ —параметр зменшення;

G —модуль зсуву;

γ_s —деформація, що відповідає точці перелому (границі текучості).

➤ Модель Каудерера використовує нелінійні фізичні залежності, котрі показані на рис.7. Аналогічно ці залежності описуються такими виразами:

$$\sigma_o = 3Kf(\varepsilon_o)\varepsilon_o;$$

$$\tau_o = GF(\gamma_o^2)\gamma_o,$$

де K і G —модулі об'ємної деформації та зсуву;

$f(\varepsilon_o)$ та $F(\gamma_o^2)$ —функції видовжень та зсувів, що представлені рядами.

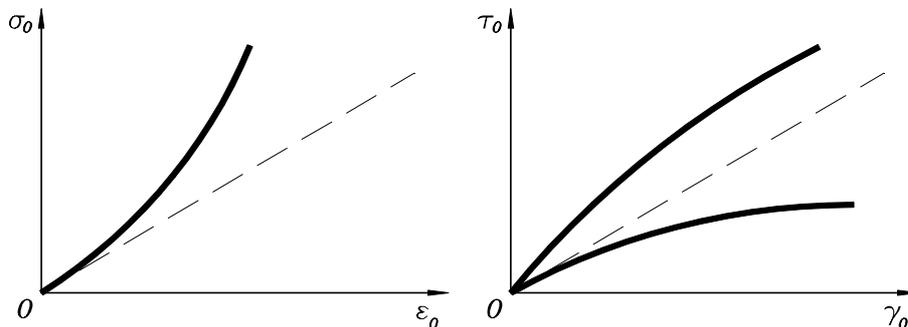


Рис.7 Нелінійні залежності Г.Каудерера

Модель Каудерера ефективна у випадках, коли відхилення показаних на рисунках кривих від прямих незначне.

Недоліком розглянутих нелінійних моделей є те, що вони не враховують вплив внутрішнього тертя на закономірності деформування та руйнування матеріалу та ефект дилатансії.

3. Нелінійні моделі, які враховують вплив внутрішнього тертя на величину деформацій зсуву

Ознакою врахування впливу внутрішнього кулонівського тертя на процес деформування можна вважати залежність деформацій зсуву і опору зсуву від відношення дотичного та нормального напружень

(τ/σ) .

➤ **Модель Боткіна.**

А.І.Боткін запропонував записати закон формозмінення для матеріалів із значним внутрішнім тертям у формі дрібно-лінійної функції [1]:

$$\frac{\tau_0}{\sigma_0} = \frac{A \cdot \gamma_0}{B + \gamma_0},$$

де τ_0 і γ_0 - октаедричні дотичне напруження і деформація зсуву, А і В - експериментальні параметри.

Графік функції показано на рис.8.

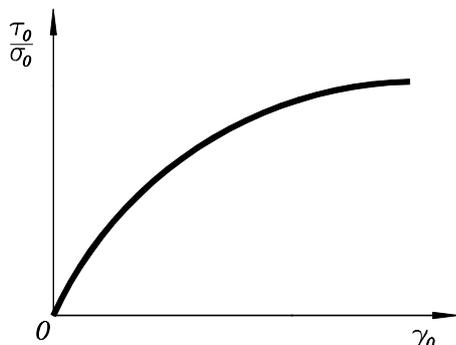


Рис.8 Нелінійна залежність А.І.Боткіна

Це, мабуть, перший випадок коли середовище розглядалось як таке, де внутрішнє тертя проявляється в дограничній стадії деформування. Всі особливості моделі А.І.Боткіна можна віднести і на рахунок моделі, запропонованої В.В.Ковтуном, в якій закон формозмінювання апроксимується зручною для розрахунків степеневою залежністю:

$$\frac{\tau_c}{\sigma_c} = A_0 \cdot \gamma_c^\alpha,$$

де A_0 і α —дослідні параметри.

➤ **Модель Шихієва.**

В моделі Ф.М.Шихієва [9] вважається, що зв'язок між напруженнями і деформаціями повністю визначається двома залежностями. Тут закон формозмінення встановлює зв'язок не між інваріантами тензорів напружень і деформацій, а між напруженнями і деформаціями, що виникають в площинках, в яких в момент граничної рівноваги відбудуться зсуви (потенціальні площини скозвання) (рис.9). Ця залежність описується таким чином:

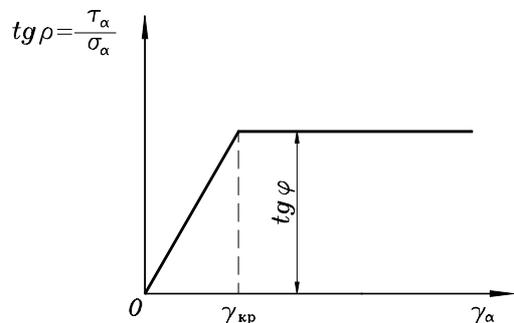


Рис.9 Залежність Ф.М.Шихієва

$$tg\rho = \frac{\tau_\alpha}{\sigma_\alpha} = tg\varphi \frac{\gamma_\alpha}{\gamma_{кр}},$$

де ρ —максимальний кут відхилення повного напруження від нормалі при досягнутому напруженому стані;

φ —кут внутрішнього тертя (граничне значення кута ρ);

γ_α —деформація зсуву по потенціальним площинкам скозвання, що відповідає досягнутому рівню напруженого стану;

$\gamma_{кр}$ —деформація зсуву, що відповідає граничному стану.

Недоліком цієї моделі є те, що в результаті об'єднання рівнянь рівноваги, геометричних рівнянь та фізичних залежностей отримується нелінійне диференціальне рівняння четвертого порядку, і ефективно його вирішити поки неможливо.

➤ **Модель Генієва.**

Г.А.Генієвим запропонована модель жорстко-пружно-пластичного середовища, котре не стискається [3]. Вона базується на фізичних співвідношеннях:

$$\tau_{ij} - \tilde{\tau}_{ij} = G_0 \gamma_{ij},$$

де τ_{ij} —повне дотичне напруження;

$\tilde{\tau}_{ij}$ —дотичне напруження, що викликане силами тертя;

γ_{ij} —деформація зсуву;

G—модуль зсуву.

Тут мається на увазі, що $\tilde{\tau}_{ij} = \lambda \cdot \tau_{ij}$. λ , в свою чергу, є скалярною величиною і має вигляд $\lambda = f\sigma_0/\tau_0$ ($f < 1$ —фізична стала матеріалу, аналогічна коефіцієнту внутрішнього тертя).

Основну фізичну залежність можна переписати таким чином:

$$\tau_{ij} = G(\lambda)\gamma_{ij}, \quad G(\lambda) = \frac{G_0}{1-\lambda} \quad \text{або} \quad E(\lambda) = 3 \frac{G_0}{1-\lambda},$$

де $G(\lambda)$ і $E(\lambda)$ —змінні модулі, котрі залежать від напруженого стану середовища в кожній точці.

В своїх подальших роботах Г.А.Генієв розвивав цю модель, яка представляє інтерес для матеріалів із значним внутрішнім тертям, оскільки доволі повно описує їхню поведінку завдяки тому, що існує зв'язок напруженого стану в довільній точці з параметрами матеріалу, тобто модулями G і E .

➤ Модель Бугрова.

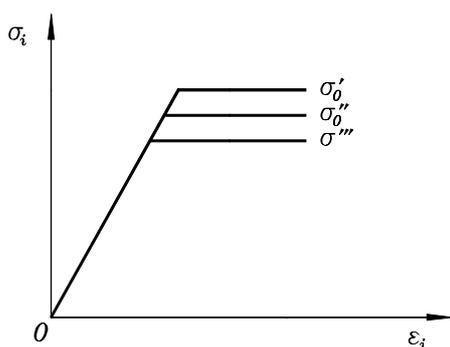


Рис.10 Модель О.К. Бугрова

О.К. Бугров запропонував модель [2], де в дограничному стані має місце закон Гука $\sigma_i = E\epsilon_i$, а в граничному – закон Мізеса - Боткіна або Мора-Кулона (рис.10). Так як дограничний стан відображається однією прямою, то ця модель не враховує вплив внутрішнього тертя в дограничній стадії деформування.

Цікавими є роботи в цьому напрямку М.В.Малишева, Ю.К.Зарецького та інших.

Наведені моделі дозволяють враховувати не тільки нелінійність залежностей між деформаціями та напруженнями, але й вплив внутрішнього тертя на закономірності деформування та руйнування матеріалу. Недоліком є те, що лишається поза увагою ефект дилатансії.

4. Інкрементально-дилатансійні моделі

В інкрементальних моделях закони деформування представляються не в формі залежностей між кінцевими напруженнями та деформаціями, а у вигляді залежностей між їх приростами. Ці моделі враховують те, що кінцева величина пластичних деформацій може суттєво залежати не тільки від досягнутого рівня напруженого стану, але й від траєкторії навантаження. Тому більш обґрунтованим здається використання інкрементальних залежностей.

Для матеріалів із суттєвим внутрішнім тертям більша частина деформацій є залишковою і не відновлюється після зняття навантаження. Отже, величина цих деформацій повинна залежати не тільки від досягнутого рівня напружень, але й від "історії" навантаження. Цей вплив можна врахувати тільки розглядаючи прирости напружень і деформацій. Кінцеві ж деформації отримуються інтегруванням приростів вздовж шляху навантаження. Цей підхід є характерним для інкрементальної теорії пластичності. Деформація дискретних матеріалів завжди пов'язана з структурними змінами, а відтак – зі зміною їх об'єму, яку відображає ефект дилатансії. Дилатансія органічно зв'язана з внутрішнім тертям і може бути врахована тільки в рамках інкрементальних моделей, що відображають вплив сухого тертя на закономірності деформування. Одна з інкрементальних моделей, яка враховує як дилатансію матеріалу, так і внутрішнє тертя, запропонована В.В.Ковтуном [6].

Недоліком таких моделей є їхня складність.

Аналіз різних типів моделей дозволяє розділити їх на чотири групи. Моделі першої групи — лінійні — є найбільш простими, але поза їхньою увагою лишаються: нелінійність залежностей між напруженнями та деформаціями, вплив внутрішнього тертя, дилатансія. Моделі другої групи — нелінійні, без урахування внутрішнього тертя — мають деякі переваги перед першою, але все ж не враховують сухе, кулонівське тертя та ефект дилатансії. Група інкрементально-дилатансійних моделей позбавлена всіх недоліків, що мають місце в моделях попередніх груп, але їх відрізняє велика складність.

Отже, для матеріалів із суттєвим внутрішнім тертям найбільш перспективними, з нашої точки зору, є нелінійні моделі з урахуванням цього тертя. Це єдина група моделей, яка при своїй відносній простоті дозволяє врахувати нелінійну залежність деформацій і опору зсуву від відношення дотичного та нормального напружень. Для визначення експериментальних параметрів моделі на кафедрі опору матеріалів і теоретичної механіки створено прилад трьохосового стиску [7].

Література

1. Боткин А.И. Исследование напряженного состояния в сыпучих и связных грунтах.- Известия ВНИИГ, т.24.-Л.:1939.- С.215-225.
2. Бугров А.К. Напряженно - деформативное состояние оснований и земляных сооружений

с областями предельного равновесия грунта: Автор. дис. ...д-ра техн.наук.-Л,1980.-30 с.

3. Гениев Г.А. Об одном варианте теории сыпучей среды//Строительная механика и расчет сооружений.- 1965.- №6.- С.22-26.
4. Дорофеев О.А., Ковтун В.В. Вплив внутрішнього тертя на процеси деформування і руйнування матеріалів різних класів//Проблеми трибології.-2000.-№1(13).-С.46-53.
5. Кандауров И.И. Механика зернистых сред и её применение в строительстве.- Ленинград: Стройиздат, 1966.-320 с.
6. Ковтун В.В. Нелинейные методы расчета обратных засыпок причальных сооружений с учетом эксплуатационных факторов: Дис. ...докт.техн.наук.- Хмельницкий, 1998.-321 с.
7. Ковтун В.В., Дорофеев О.А. Прибор для испытания сыпучих материалов//"Механика грунтов та фундаментобудування": Труды 3 Української науково-технічної конференції з механіки ґрунтів і фундаментобудування.- Одеса, 1997.- Т.2.-С.294-295.
8. Костогриз С.Г. Механіка вібраційного тертя в номінально нерухомому фрикційному контакті: Автор. дис. ...д-ра техн.наук.-Хмельницький,1995.-39 с.
9. Шихиев Ф.М. Кинематическая теория давления грунтов на причальные сооружения и другие типы жестких и гибких ограждений: Автор. дис. ...д-ра техн.наук. - Одесса, 1965.-35 с.

Надійшла 25. 12. 2000 р.

УДК 621.01

О.Б.СВЕТЛОВСЬКИЙ, Я.Т. КІНИЦЬКИЙ

Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

ГЕОМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ СИМЕТРИЧНИХ ЛЯМБДОПОДІБНИХ МЕХАНІЗМІВ ЧЕБИШЕВА ЗА ЗАДАНОЮ ТРИВАЛІСТЮ ЗУПИНКИ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ ЧИСЕЛЬНИМ МЕТОДОМ

Розглянуто чисельний метод геометричного синтезу симетричних лямбдоподібних механізмів Чебишева за заданою тривалістю зупинки однієї або двох ланок. Наведено приклади довідкових карт для попереднього синтезу цих механізмів.

У роботах [1, 2] було розглянуто графічний і аналітичний методи синтезу механізмів за заданою тривалістю зупинки вихідної ланки. В результаті було отримано довідкові карти, які дозволять визначити геометричні параметри симетричних лямбдоподібних механізмів Чебишева (ЛМЧ) з певною тривалістю зупинки вихідної ланки, яка визначається кутом повороту 2α кривошипа, з використанням лише нижньої гілки шатунної кривої.

У статті [3] було розглянуто чисельний метод, за допомогою якого можна провести частковий аналіз шатунної кривої і вибрати певні її ділянки, зокрема верхню і нижню гілки, для яких шатунна

крива та наближене коло або пряма лінія утворюють дотик п'ятого порядку (найкраще наближення за Чебишевим). Це дозволило при заданих розмірах механізму (рис.1) визначити кількість ділянок шатунної кривої, які можна наблизити з дотиком п'ятого порядку, та тривалість, час початку і кінця зупинок вихідних ланок, що відповідають цим ділянкам наближення.

В цій роботі розглянемо чисельний метод синтезу ЛМЧ, який дозволяє отримувати задану тривалість зупинки вихідної ланки.

Цю задачу можна розв'язати двома способами.
Перший: знаючи тривалість зупинки 2α і деякі

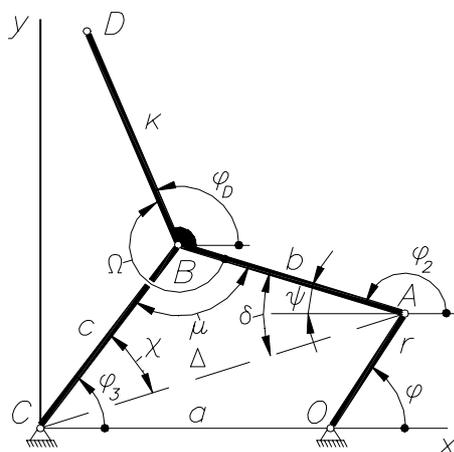


Рис. 1 Шарнірний чотириланковий механізм

геометричні параметри механізму, знайти його невідомі параметри. Другий спосіб полягає в тому, що, знаючи або задаючи всі розміри механізму, можна визначити тривалість зупинки вихідної ланки [3]. Останній спосіб дозволяє шляхом зміни лише одного із геометричних параметрів (наприклад, довжини кривошипа) отримати механізм, який забезпечує необхідну тривалість зупинки вихідної (вихідних) ланок.

Далі це питання розглянемо на прикладі симетричного ЛМЧ, як базового механізму для отримання механізмів з зупинкою вихідної ланки (див. рис. 1).

Для цього механізму траєкторія точки D описується параметричними рівняннями:

$$x_D = c \cos(\varphi_3) + k \cos(\varphi_D); y_D = c \sin(\varphi_3) + k \sin(\varphi_D), \quad (1)$$

де a, b, c, k, r – довжини ланок; Ω – кут злomu шатуна; параметри $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_D$ визначаються зі схеми механізму за допомогою наступних формул:

$$\Delta = \sqrt{r^2 + a^2 - 2ra \cos(\pi - \varphi)}; \psi = \arcsin(r \sin(\pi - \varphi) / \Delta); \varphi_2 = \pi - \sigma + \psi; \varphi_3 = \psi + \chi; \quad (2)$$

$$\varphi_M = \Omega - \pi + \varphi_2; \mu = \arccos \frac{b^2 + c^2 - \Delta^2}{2bc}; \sigma = \arccos \frac{b^2 + \Delta^2 - c^2}{2b\Delta}; \chi = \pi - \mu - \sigma.$$

Тут φ – узагальнена координата (кут повороту кривошипа OA).

Знаходження тривалості зупинки вихідної ланки за трьома точками шатунної кривої. Для знаходження вихідних параметрів синтезу $(R_i, x_{O_i}, y_{O_i}, E_i, \alpha_i)$ наближеного кола використовуємо теорему про три точки, через які можна провести одне коло [3]. У нашому випадку однією з цих точок може бути точка D_i (рис.2, 3). Двома іншими вибираємо будь-які точки L і P , які симетричні відносно точок D_0 (положення точки D на шатунній кривій при $\varphi = 0^\circ$) – для нижньої гілки або D'_0 (положення точки D при $\varphi = 180^\circ$) – для верхньої гілки (рис.2).

Радіус кола (рис.3,а), що проходить через три точки $L(x_1, y_1), D_i(x_2, y_2), P(x_3, y_3)$:

$$R = \frac{abc}{4\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}, \quad (3)$$

де a, b, c – відповідні сторони трикутника LD_iP ; p – півпериметр;

$$a = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}, b = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2}, c = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2}, p = (a + b + c) / 2. \quad (4)$$

Розв'язуючи систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} (x_1 - x_o)^2 + (y_1 - y_o)^2 - R^2 &= 0; \\ (x_2 - x_o)^2 + (y_2 - y_o)^2 - R^2 &= 0; \\ (x_3 - x_o)^2 + (y_3 - y_o)^2 - R^2 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

знаходимо координати центру O кола наближення:

$$\left. \begin{aligned} x_o &= \frac{(x_1^2 + y_1^2 - x_3^2 - y_3^2)(y_1 - y_2) - (x_1^2 + y_1^2 - x_2^2 - y_2^2)(y_1 - y_3)}{2((x_1 - x_3)(y_1 - y_2) - (x_1 - x_2)(y_1 - y_3))}, \\ y_o &= \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2x_o(x_1 - x_2) - x_2^2 - y_2^2}{2(y_1 - y_2)}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Точки L і P шатунної кривої (рис.2) відповідають положенням кривошипа OA_L і OA_P , які визначаються відповідно кутами φ_L, φ_P . Для кожних значень цих кутів обчислюємо значення координат точок L і P , використовуючи залежності (1)–(2).

Положення точки D (рис.3,б,в) визначаємо за умови найменшого сумарного відхилення шатунної кривої від дуги кола наближення.

$$E_{\Sigma} = |E_{\max}| + |E_{\min}|. \quad (7)$$

Для визначення мінімального значення E_{Σ} ділянка LP ділиться на певну кількість частин n з кроком $\Delta\varphi$ (рис.3). Одержані точки на шатунній кривій визначають положення точки D . За допомогою (3)–(6) визначаються значення R, x_0, y_0 для кожного положення точки D_i ($i=1,2,3,\dots,n-1$) та обчислюється максимальна різниця між радіусом-вектором ρ_i від центра O до шатунної кривої і радіусом R кола наближення (рис. 3, в):

$$E_i = \rho_i - R. \quad (8)$$

З усіх обчислених на ділянці LP значень сум максимального додатного відхилення E_{\max} і максимального від'ємного відхилення E_{\min} вибирається мінімальне значення (рис. 3,б,в), тобто:

$$E_{\Sigma} = (|E_{\max}| + |E_{\min}|)_{\min}. \quad (9)$$

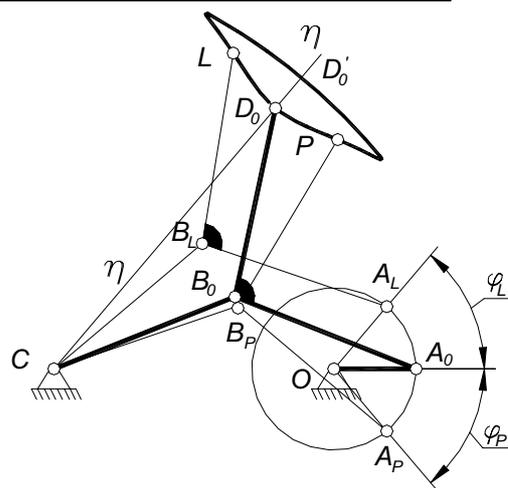


Рис. 2 До визначення положень точок L і P на шатунній кривій

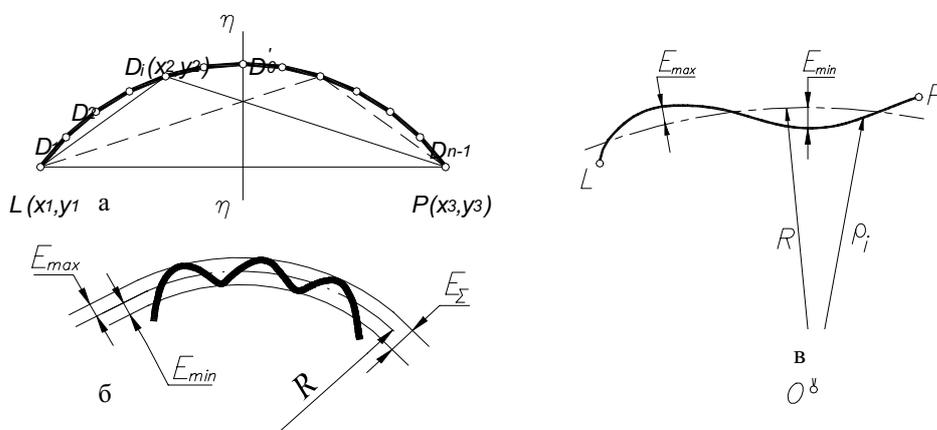


Рис. 3 Визначення радіуса кривини та відхилень шатунної кривої від кола

Для більш точного знаходження мінімального значення E_{Σ} можна застосувати метод ітерації.

Як правило, $E_{\max} \neq E_{\min}$, тому після цього виконується процедура вирівнювання відхилень шатунної кривої від кола наближення за допомогою зміни радіуса наближеного кола. Тобто, знаходиться з певною точністю ϵ таке значення R , для якого $E_{\max} = |E_{\min}| = E$ (при обчисленнях приймалось $\epsilon = 10^{-8}$).

Знаючи значення параметрів $(R_i, x_{O_i}, y_{O_i}, E_i)$, можна визначити значення кута $2\alpha_i$. Щоб знайти крайні φ_L і φ_R положення кривошипа OA , яке відповідає границям зупинки, необхідно знати такі значення кута φ , при яких відхилення зліва від точки L та справа від точки P задовольняли умові (див рис. 3 б,в):

$$|\rho_i - R| \leq E. \tag{8}$$

Після цього отримуємо значення кута:

$$2\alpha_i = \varphi_P - \varphi_L. \tag{9}$$

Найкраще наближення (дотик п'ятого порядку) нижньої гілки шатунної кривої в ЛМЧ забезпечується в межах контуру $AMNKPA$ [1, 2] (рис. 4), для верхньої - $b'bFH$. Чисельний метод отримання меж існування механізмів з найкращим наближенням для двох гілок шатунної кривої буде розглянуто в іншій роботі.

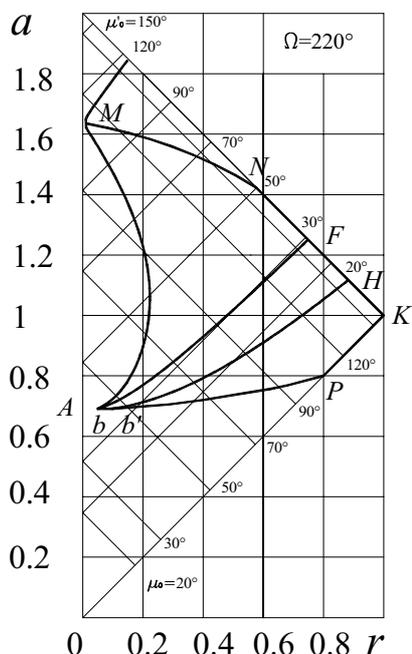


Рис. 4 Теоретичні межі існування механізмів, у яких верхню і нижню ділянки шатунної кривої можна наблизити до кола з дотиком п'ятого порядку.

Використовуючи залежності (1)–(9), розглянемо вказані способи синтезу ЛМЧ.

Перший спосіб. Знаючи межі існування механізмів, необхідний вистій $2\alpha_i$ та деякі розміри механізму, а саме: a, Ω – можна знайти значення $r, R_i, x_{O_i}, y_{O_i}, E_i$. Для цього задаємо відповідні значення $|\varphi_L| = |\varphi_R| = \alpha$ та обчислюємо вихідні параметри синтезу при послідовній зміні значення радіуса r з певним кроком. У результаті отримуємо залежність $E = f(r)$ величини точності наближення, як функції від r (рис.5). Виходячи з характеру зміни цієї функції, а саме, наявності мінімуму значення точності наближення шатунної кривої і кола при певному значенні довжини кривошипа r , знаходимо методом ітерації його остаточне значення r_{opt} .

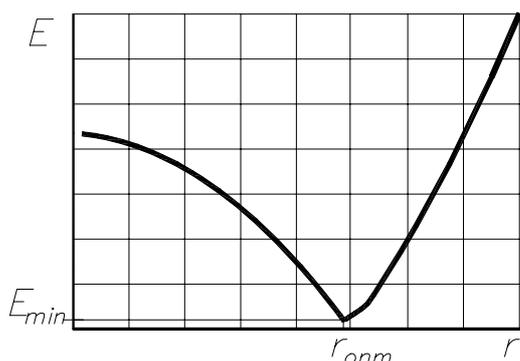


Рис. 5 Визначення оптимального значення r_{opt} кривошипа OA з залежності $E = f(r)$

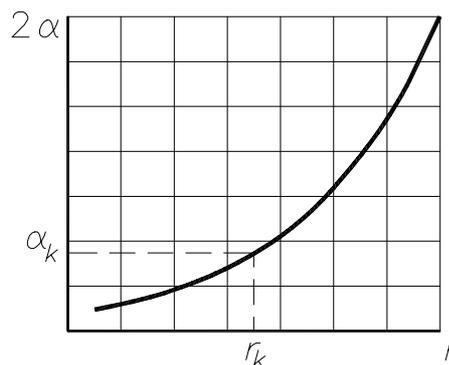


Рис. 6 Визначення оптимального значення r кривошипа OA з залежності $2\alpha = f(r)$

забезпечується мінімальне значення відхилення E траєкторії точки D від кола наближення.

Після цього, за допомогою зміни радіуса кривошипа r , отримуємо залежність $2\alpha = f(r)$ кута зупинки вихідної ланки 2α , як функцію від радіуса кривошипа (рис.6). Звідти за допомогою ітерації з певною точністю ϵ (при обчисленнях приймалось $\epsilon = 0,01\alpha$) знаходимо значення r_k для заданого $2\alpha = \alpha_k$.

На підставі запропонованого методу і алгоритмів складено програму для ЕОМ синтезу

симетричного ЛМЧ, за допомогою якої було одержано геометричні параметри механізмів, що забезпечують зупинку двох вихідних ланок (з використанням обох гілок шатунної кривої) і складено відповідні довідкові карти, приклади яких наведено на рис. 7. Ці карти можна використовувати для попереднього синтезу механізмів за заданою тривалістю вистою вихідних ланок з врахуванням кутів передачі μ_0 і μ'_0 в базовому механізмі [1, 2]. Остаточні розміри механізму треба знаходити за допомогою розробленої програми.

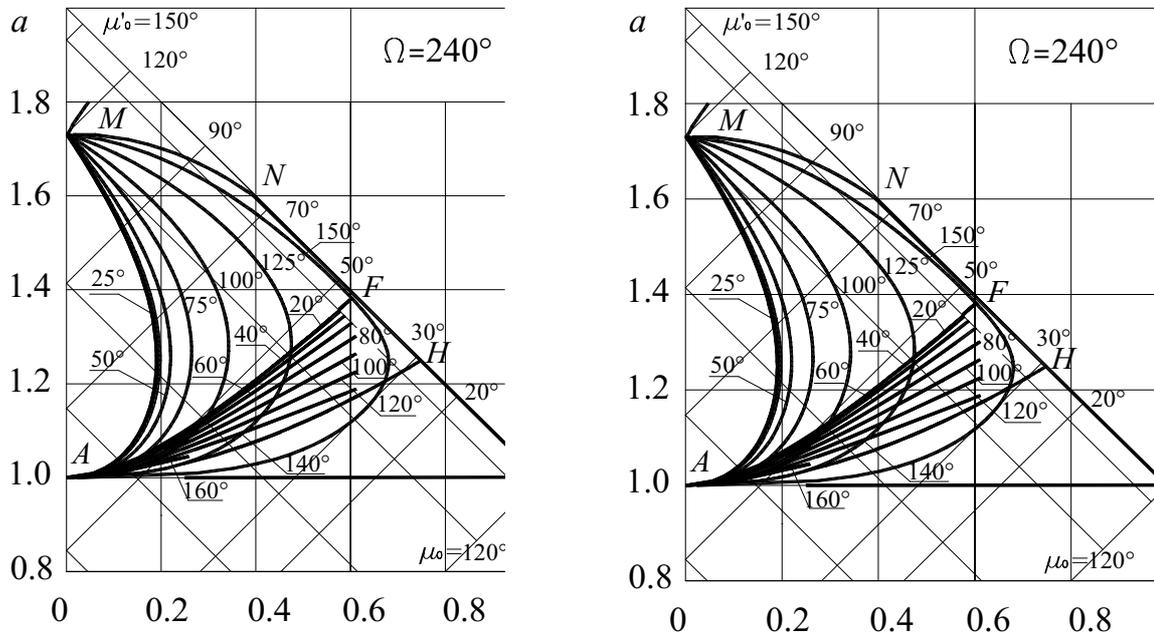


Рис. 7 Довідкові карти для попереднього синтезу ЛМЧ з зупинками двох вихідних ланок

Література

1. Гродзенская Л. С. К проектированию шарнирных механизмов по заданной продолжительности остановки ведомого звена //Тр. семинара по ТММ.— 1958.—Т. XVIII,—вып. 71.— С. 69—90.
2. Киницкий Я.Т. Шарнирные механизмы Чебышева с выстоем выходного звена.—К.: Вища школа, 1990.—231 с.
3. Кіницький Я.Т., Светловський О.Б, Харжевський В.О. Геометричний синтез симетричних лямбдоподібних механізмів Чебишева чисельним методом.//Вісник технологічного університету Поділля .—1999.—№ 6.—С.160-162.

Надійшла 2. 1. 2001 р.

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ СИСТЕМ Fe-C-i, Де i - ТРЕТІЙ СИЛЬНО ЛІКВУЮЧИЙ КОМПОНЕНТ

В найбільш поширених конструкційних матеріалах на основі заліза легуючі елементи відіграють значну роль. Забезпечення їх зносостійкості та міцності досягається за рахунок формування відповідної структури, створення твердих (наприклад, карбіди) або м'яких (наприклад, графіт) включень. Під час подальшої експлуатації створена на початку структура повинна зберігати свої основні властивості або еволювати в напрямку більш сприятливих для даних умов експлуатації структур. Важливим критерієм характеристики сплавів в цьому плані є ступінь їх термодинамічної стабільності (метастабільності).

В залізовуглецевих сплавах сильно ліквуючими компонентами вважаються фосфор та сірка. На рис.3 статті [1] показані конодні трикутники евтектичних перетворень в системі Fe-C-P в умовах стабільної і метастабільної рівноваги. Тальвеги стабільних і метастабільних евтектичних перетворень пролягають практично паралельно один одному. Як впливає з цих даних, фосфор дійсно є сильно ліквуючим компонентом цих сплавів. Діаграма на цьому рисунку побудована в координатах Скрейнемакерса $v_n = X_n / X_{Fe}$, де X_n - атомна доля компонента n, X_{Fe} - атомна доля Fe, що дозволяє використовувати в розрахунках рівняння Хіллера-Жукова [2,3] :

$$\ln a_C^{(i)} - \ln a_C^0 = -\theta \cdot \theta, \quad (1)$$

де a_C^0 - активність вуглецю в бінарному сплаві Fe-C; $a_C^{(i)}$ - те ж в потрійному сплаві Fe-C-i; θ - кут нахилу відповідної коноди при умові використання ортогональної системи координат Скрейнемакерса при рівності шкал по осях абсцис і ординат.

При цьому активність $a_C=1$ в стабільній системі Fe-C-P, при умові вибору графіту в якості стандартного стану вуглецю. В метастабільній системі активність вуглецю $a_C^{(i)}=1,05$, тобто постійна і не залежить від вмісту фосфору, що відповідає даним [4]. В статті [1] показано, що параметр ΔT_e^i схильності сплавів до графітизації, запропонований А.Кагава і Т.Окамото [5,6], гранично малий в системі Fe-C-P і дорівнює -0,04. Значить, фосфор необхідно вважати практично нейтральним елементом в залізовуглецевих сплавах за його впливом на термодинаміку графітизації.

Аналогами фосфору (з точки зору схильності до мікроліквації і накопичення в рідкій фазі при евтектичних перетвореннях) є елементи типу Ti, Mo, W, які на відміну від фосфору є карбідостворюючими елементами.

В металознавстві сплавів заліза поширена хибна точка зору про те, що термін "карбідостворюючий елемент" являється синонімом терміну "карбідостабілізуючий елемент". Справді, найбільш сильним карбідостабілізуючим компонентом чавунів являється хром [1], а елементи, які розташовані лівише і нижче хрому в таблиці Менделєєва є, з одного боку, більш сильними карбідостворюючими елементами, але, з іншої боку, є більш слабкими карбідостабілізуючими елементами, причому в системі залізо-вуглець-титан параметр ΔT_e^i тільки дещо більше, чим в системі Fe-C-P і складає всього-навсього -1,24. Це дозволило автору в статті [1] класифікувати Ti в якості аналога фосфору як майже "нейтральний" елемент. І, дійсно, практика чавуноливарного виробництва показує, що невеликі добавки титану можуть навіть впливати графітизуюче при твердненні чавунних виливків [7].

Вольфрам дещо відрізняється від титана більш вираженою карбідостабілізуючою дією, що також підтверджується практикою, але легування чавунів вольфрамом лише не набагато підвищує їх схильність до відбілювання ($\Delta T_e^W = -2,80$ згідно з [1]).

Молібден ще більше віддаляється від титану по цьому показнику ($\Delta T_c^{Mo} = -3,27$). Проте, добавка молібдену в чавун різко покращує його структуру і механічні властивості, але все ще мало відбивається на підсиленні його відбілюємості. Тому молібден неможливо рахувати аналогом хрому, у якого $\Delta T_c^{Cr} = -16,16$ [1].

Титан, вольфрам і молібден являються тугоплавкими металами, які утворюють не менш тугоплавкі карбіди. Тому деяким парадоксом вважається те, що вони знижують температуру ледебуритного і аустенітно-графітного перетворень в залізовуглецевих сплавах. Це дозволяє використовувати їх в поверхневих зносостійких покриттях через дуже великий інтервал температур ліквідус-солідус, коли надлишкова карбідна фаза утворюється при дуже високих температурах, а закінчення ледебуритного перетворення в лівкатах відбувається навпаки, при дуже низьких температурах.

В даній статті наведені розрахунки з використанням рівняння (1), а також рівняння

$$\varphi = \pi + 0,0109 (t_c - 1148^\circ\text{C}), \quad (2)$$

що пов'язує кут φ при вершині конодного трикутника ледебуритного перетворення (в радіанах) зі зміною температури t_c перетворення під впливом легування [3].

На рис.1 показано ізотермічний переріз при 1085°C кута Fe діаграми стану системи Fe-C-W, побудований нами за даними [8] в координатах Скрейнемакєрса (для зручності проведення розрахунків за рівняннями (1) і (2)). На цьому ізотермічному перерізі збережено умову рівності шкал по осях абсцис і ординат.

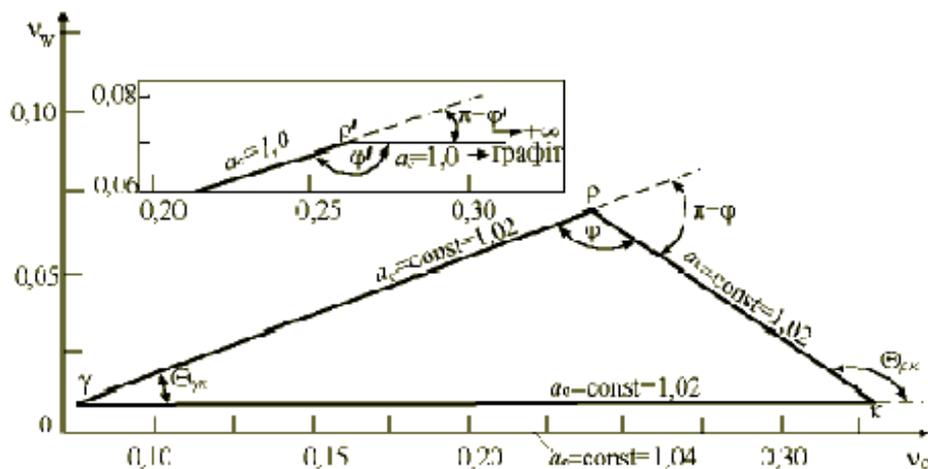


Рис.1. Ізотермічний переріз при 1085°C кута Fe діаграми стану Fe-C-W (ортогональні координати Скрейнемакєрса з однаковою ціною поділок)

Це дозволило розрахувати нахили трьох конод евтектичного трикутника, виходячи з таких координат трьох нод: аустеніт γ ($v_C=0,0725$; $v_W=0,0069$), цементит κ ($v_C=0,331$; $v_W=0,0073$) і евтектичний розплав ρ ($v_C=0,24$; $v_W=0,071$). При виборі графіту в якості єдиного стандартного стану вуглецю у всіх цих трьох фазах ми маємо $a_C = \text{const}$ по всьому периметру конодного трикутника і всередині нього.

Розрахунок активності вуглецю вздовж коноди $\gamma\kappa$

Дана конода на рис.1 практично горизонтальна. Значить, тангенс кута її нахилу дорівнює нулю і активність $a_C = a_C^\circ$ в бінарній системі Fe-C при 1085°C . Згідно з [8] a_C° при 1085°C дорівнює 1,04. З врахуванням незначного нахилу коноди $\gamma\kappa$ на рис.1 цифра $a_C = 1,04$ дещо зменшується і стає рівною 1,02.

Розрахунок активності вуглецю вздовж коноди $\gamma\rho$

Для двохфазної рівноваги *аустеніт+розплав* при 1085°C в умовах, коли бінарна система Fe - C переохолоджена тільки по відношенню до цементитного ліквідуса, a_C° дорівнює 1,50 [3]. На рис.2 відповідна

точка показана як точка М, що розташована на перетині ізотерми 1085°C з лінією ізоактивності $a_C=1,50$ в області пересичених і переохолоджених розчинів Fe-C та з екстрапольованою гілкою ліквідуса аустеніт+розплав.

Нахил коноди $\gamma\rho$ на рис.1 дорівнює +0,38 і тоді рівняння (1) набуде вигляду

$$\ln a_C = \ln 1,50 - \text{tg } \theta_{\rho\gamma} = 0,40 - 0,38 = 0,02 \quad \text{або} \quad a_C = 1,02.$$

Як бачимо, ця цифра не відрізняється від отриманої вище для коноди $\gamma\kappa$.

Розрахунок активності вуглецю вздовж коноди $\rho\kappa$

Внаслідок відсутності точно встановлених експериментальних значень нахилу лінії цементитного ліквідуса CD діаграми метастабільної рівноваги в системі залізо-цементит і даних про температурну залежність a_C° вздовж екстрапольованої гілки вказаного ліквідуса, ми задаємося значенням $a_C = 1,02$ (див. вище) і отримуємо з рівняння (1)

$$\ln 1,02 = \ln a_C^\circ - \text{tg}\theta_{\rho\kappa} = \ln a_C^\circ + 0,70,$$

звідки $\ln a_C^\circ = -0,68$ або $a_C^\circ = 0,50$.

На рис.2 точка N лежить на перетині екстрапольованої частини лінії ізоактивності $a_C = 0,50$ в рідкому металі і ізотерми 1085°C. З рис.2 видно, що точка N лежить на лінії NCD цементитного ліквідуса при умові, що точка конгруентного плавлення цементиту складає 1260°C [9].

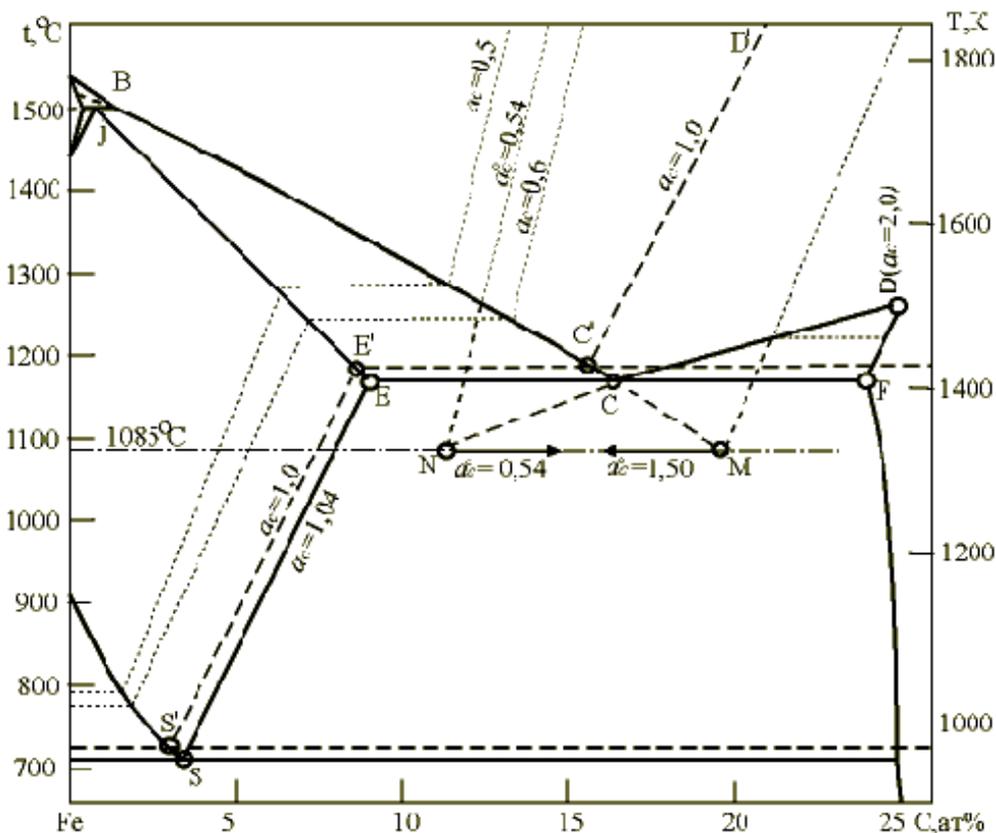


Рис.2. Діаграма стану сплавів системи Fe-C з нанесеними лініями ізоактивності вуглецю і з розрахунком профілю цементитного ліквідуса

Розрахунок по конодах $\gamma\kappa$, $\gamma\rho$ і $\rho\kappa$ дав значення a_C , що співпадають, але дещо перевищують значення $a_C=1,0$ в графіті, як стандартному стані вуглецю. Це значить, що легування залізівуглецевих сплавів вольфрамом тільки незначно зменшує їх термодинамічну схильність до графітизації, що відповідає висновкам роботи [1].

Представлений на рис.1 ізотермічний переріз діаграми Fe-C-W відноситься до метастабільних рівноваг і в сплавах ще зберігається здатність графітуватися. На рис.1 показано кут φ при вершині конодного трикутника γ/ρ . Цей кут φ може бути розрахований за рівнянням (2) :

$$\varphi = \pi + 0,0109 (1085^\circ\text{C} - 1148^\circ\text{C}) \text{ або } \varphi = 2,45 \text{ рад.}$$

На рис.1 цей кут φ складає 2,18 рад.

Ця помітна різниця між кутами $\varphi = 2,45$ рад і $\varphi = 2,18$ рад може бути пояснена тим, що рівняння (2) одержано для невеликих відхилень кутів φ від π , а в нашому випадку ця умова не виконується.

Крім того, можливим джерелом похибок в розрахунках може бути апроксимація, яка використана при виведенні формули (2) в роботі [10], в якій тангенси кутів нахилу конод прирівнювались до самих кутів в радіанах, що допустимо тільки для невеликих кутів.

На рис.1 показана вставка, яка ілюструє стабільну систему залізо-графіт-вольфрам, лінії якої дуже близько розташовані до ліній системи залізо-цементит-вольфрам. В цьому випадку по периметру конодного трикутника евтектичного перетворення $\rho \rightarrow \gamma + \text{графіт}$ ми маємо : $a_C = \text{const} = 1,00$. Кут φ' при вершині ρ' цього трикутника може бути розрахований за рівнянням [10]

$$\varphi' = \pi + 0,0066 (t_c' - 1154^\circ\text{C}) \quad (3)$$

При $t_c' = 1085^\circ\text{C}$ ми отримуємо $\varphi' = \pi - 0,455 = 2,68$ рад. Фактичний кут на вставці до рис.1 склав $\varphi' = 2,79$ рад.

Як бачимо, в стабільній системі залізо-графіт-вольфрам відмінність між розрахунковим значенням φ' і фактичним значенням невелика (2.68 і 2.79).

Рис.1 відображає початкову стадію затвердіння евтектичного чавуну, легованого великою кількістю вольфраму, коли останній тільки в невеликій степені переходить в тверді фази (аустеніт і цементит) і в своїй основній масі концентрується в лікваті. На більш пізньому етапі затвердіння накопичення вольфраму в лікватах приводить до появи карбідних евтектик нецементитного типу, які містять карбіди WC і W₂C, і картина міжфазного розподілення елементів сильно ускладнюється. Аналогічна ситуація спостерігається в сплавах, легованих Ti, Mo і їх аналогами. Титан при невеликих добавках, як і фосфор, практично не відбілює чавун. Молібден, навпаки, дещо відбілює чавун, але значно слабше, ніж хром. Останній, на відміну від Mo і W, дуже слабо ліквує і при евтектичних перетвореннях сегрегує в цементитну фазу.

ВИСНОВКИ

1. Поняття "карбідостворюючий елемент" і "карбідостабілізуючий елемент" не є синонімами в металознавстві сплавів заліза.
2. Вольфрам, який має великий атомний радіус, порівняно мало розчиняється як в аустеніті, так і в цементиті. Він накопичується при ледебуритному розпаданні в рідкій фазі, а потім утворює зносостійкі карбідні евтектики.
3. Хоча вольфрам є тугоплавким металом, він, проте, сприяє зниженню температури ледебуритного перетворення в повній відповідності з закономірностями геометричної термодинаміки, так як в цьому випадку кут при вершині конодного трикутника $\varphi < \pi$.
4. На відміну від легування хромом, легування залізвуглецевих сплавів вольфрамом тільки в дуже невеликій степені послаблює його схильність до графітизації при затвердінні виливків.
5. За розглянутими вище властивостями титан і молібден являються близькими аналогами вольфраму.

Література

1. Жуков А.А., Савуляк В.И., Архипова Т.Ф. О влиянии элементов на равновесные температуры эвтектических превращений // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2000. - N.2. - С. 3-8.

2. Zhukov A.A., Ramani A., Zhiguts Yu.Yu. Modifications of the Hillert equation and their application in phase diagram computation// Metal Physics and Advanced Technologies.-1996.-vol.16, No.7.- P.821-839.
3. Савуляк В.І., Жуков А.О., Чорна Г.О. Побудова та аналіз моделей металевих сплавів. - Вінниця: Універсум, 1999.- 200 с.
4. Hillert M., Söderholm P.O. White and grey solidification of the Fe-C-P eutectic. In: "The Metallurgy of Cast Iron," Proceedings of symposium, St. Saphorin, Switzerland, Georgi Publ., 1975, p.197-216.
5. Kagawa A., Okamoto T. Partition of alloying elements in freezing cast irons and its effect on graphitization and nitrogen blowhole formation. In: Foundry Processes. Ed. S.Katz and C.Landefeld. Plenum Publishing Corporation. 1988. P.135-162.
6. Kagawa A., Okamoto T. Theoretical calculation of eutectic temperature and composition in iron-carbon base ternary and multicomponent alloys// Journal of Materials Science. 1987. Vol.22. P.643-650.
7. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. -М.-Л.: Машиностроение, 1966.-562 с.
8. Hillert M. Solubility of cementite in liquid iron // Acta Metallurgica.-1955.-Vol.3, No.1.-P.37-38.
9. Жуков А.А. Еще раз о диаграмме состояния Fe - C //Металловедение и термическая обработка металлов.- 2000.-№1.- С.38-39.
10. Жуков А.А., Давыдов С.В., Добровольский И.И. О влиянии легирования на температуру эвтектических превращений в железоуглеродистых сплавах // Журнал физической химии.-1981.- №6.-С.1589-1591.

Надійшла 28. 11. 2000 р.

УДК 621.869.4

І.ЛОЗОВИЙ, Р.ЗІНЬКО

Державний університет «Львівська політехніка»

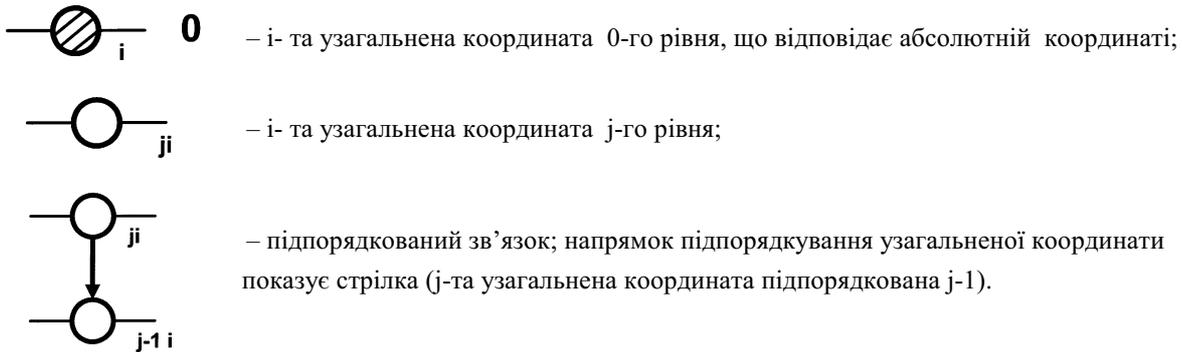
ГРАФИ СТРУКТУРИ ЗВ'ЯЗКІВ УЗАГАЛЬНЕНИХ КООРДИНАТ ДЛЯ АВТОВАНТАЖОТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ МАШИН ТА МЕТОДИКА ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Для показу кількості та зв'язків між узагальненими координатами математичних моделей автори пропонують використовувати графи. З аналізу будови графів зв'язків узагальнених координат математичної моделі видно, що їх можна розділити на два типи за ознакою кількості узагальнених координат на i -му рівні. Спільним для всіх цих графів є те, що на першому рівні є одна узагальнена координата, а саме координата відносного повороту корпусу автовантажотранспортувальних машин (АВТМ). Представлення зв'язків узагальнених координат математичних моделей у вигляді графів дозволяє з'ясувати взаємовплив руху одних механізмів і агрегатів АВТМ від інших і будувати математичні моделі з врахуванням цих зв'язків. Крім того графи зв'язків дозволяють однозначно визначити необхідну кількість і яких саме узагальнених координат потрібно для розв'язку конкретної задачі дослідження.

В роботі [1] було показано, що використання графів достатньо ефективно для аналізу і класифікації математичних моделей роботи і руху (ММ РР) автовантажотранспортувальних машин (АВТМ). Тому представляється доцільним використовувати графи і для з'ясування внутрішніх зв'язків між узагальненими координатами ММ АВТМ. Надалі опускаючи всі можливі варіанти конструкції АВТМ зупинимось на з'ясуванні зв'язків між узагальненими координатами лише для шести типів АВТМ, що представлені подібними графами [1], використовуючи графи структури зв'язків узагальнених координат (ГСЗУК) математичних моделей (ММ).

Надалі під ГСЗУК ММ будемо розуміти такий граф, який показує які і скільки узагальнених координат мають місце в ММ та зв'язки між ними. Для відображення рівня залежностей одних узагальнених координат

від інших, ці координати будемо розміщувати по рівнях залежності і позначати ці рівні залежності послідовно вгору, починаючи з нульового рівня. В ГСЗУК ММ використовуються позначення:

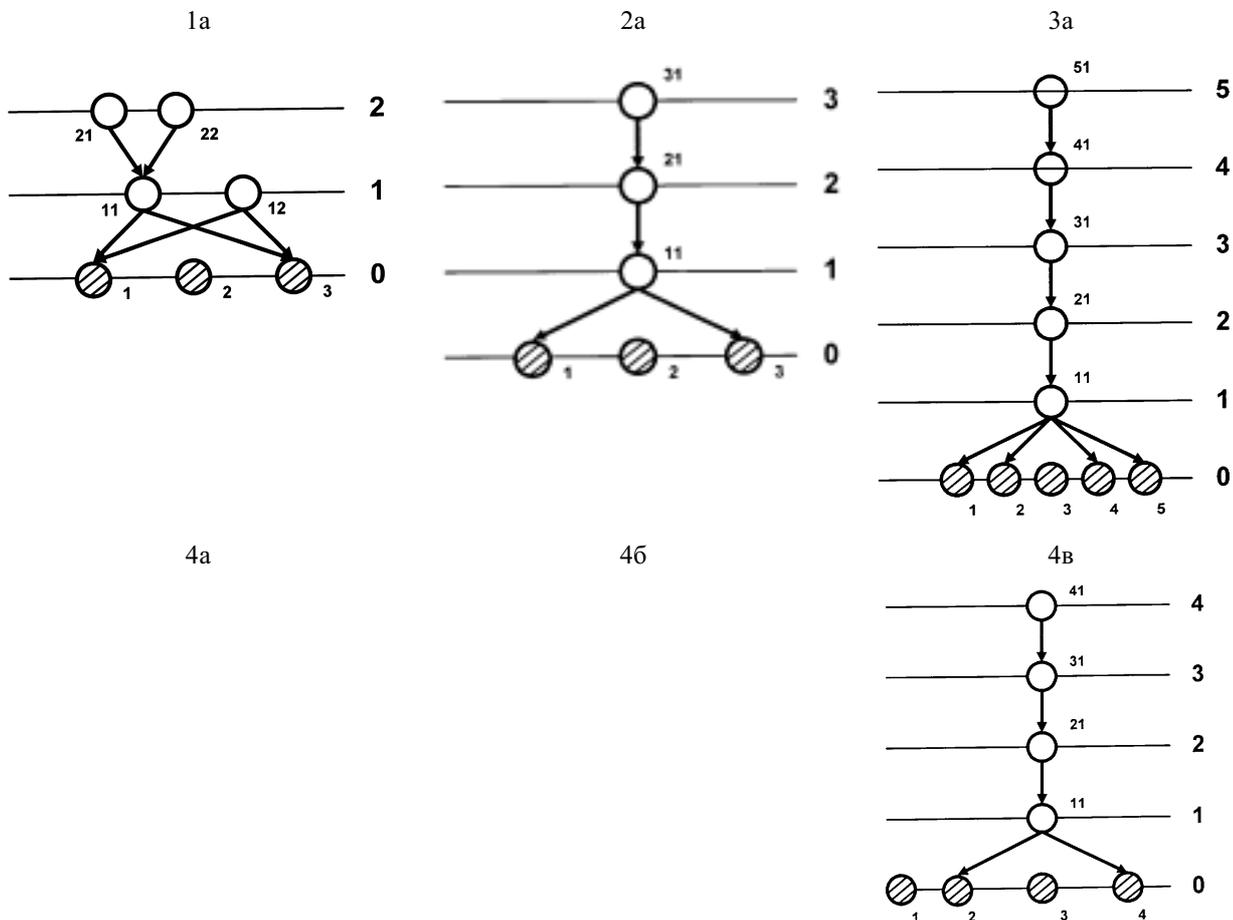


Тоді ГСЗУК для шести типів АВТМ матимуть вигляд (рис.1).

Аналізуючи будову графів видно, що їх можна розділити на два типи за ознакою кількості узагальнених координат на i -му рівні. Для прикладу проведемо класифікацію ГСЗУК по критерію кількості узагальнених координат першого рівня (табл.).

З таблиці видно, що автотранспортувачі, на відміну від всіх інших АВТМ мають специфічну, притаманний лише їм, ГСЗУК. ГСЗУК всіх інших АВТМ між собою відрізняються:

- на нульовому рівні може бути різна кількість узагальнених координат в залежності від: кількості ведучих коліс, кількості приводів робочих органів;
- розгалуженими чи нерозгалуженими – на рівнях вище першого;
- кількості узагальнених координат, тобто кількості рівнів, що обумовлюється складністю робочих органів.



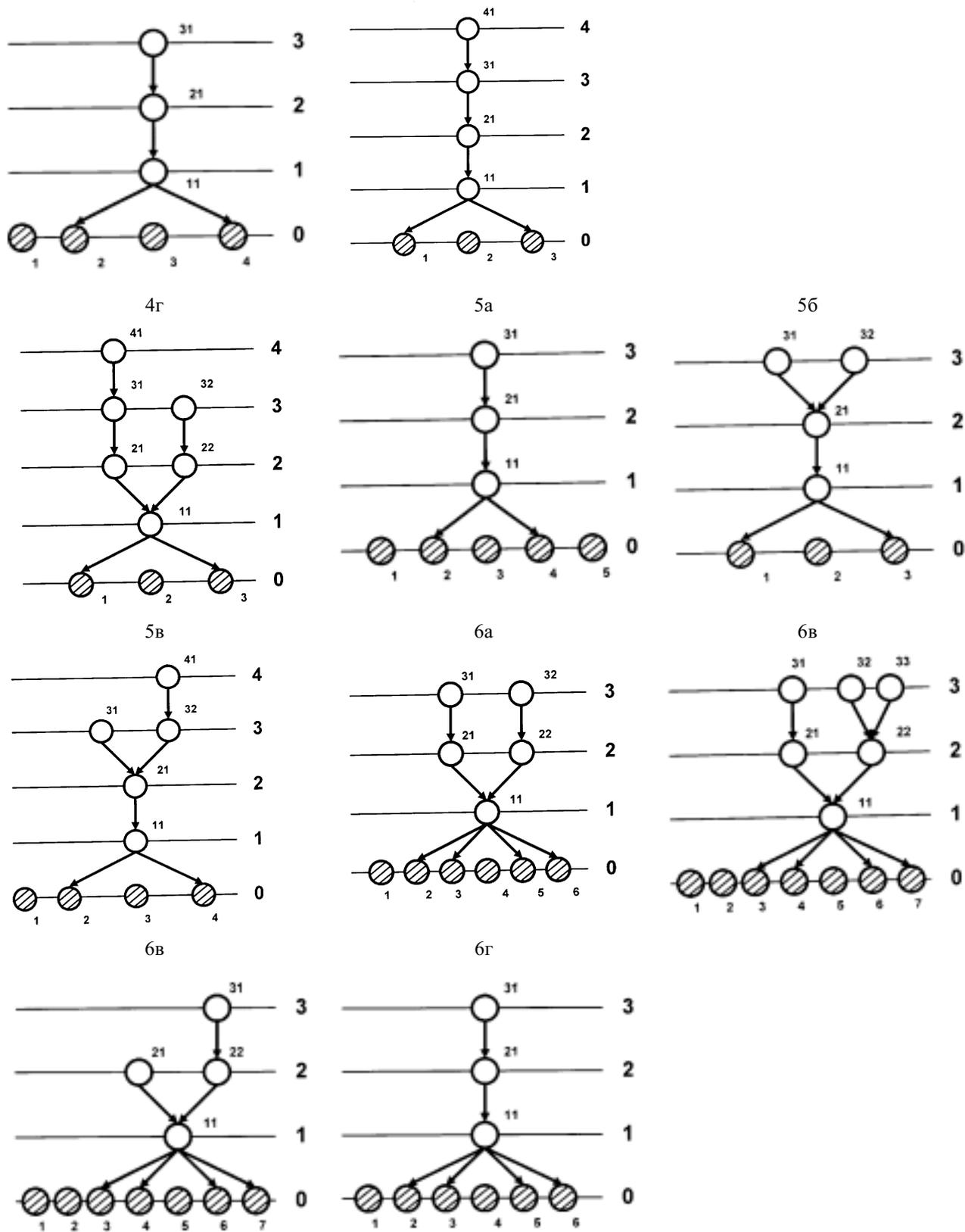


Рис. 2.1. ГСЗУК ММ для шести типів АВТМ

Таблиця 1.

Класифікації ГСЗУК по критерію кількості узагальнених координат першого рівня

Кількість	2	1
-----------	---	---

координат 1-го рівня	Одні ведучі колеса			Повноприводні	
		Нерозгалужені	Розгалужені з 1 рівня	Нерозгалужені	Розгалужені з 1 рівня
	1а	2а 4а 4б 4в 5а	4г 5б 5в	3а 6г	6а 6б 6в

Спільним для всіх цих графів є те, що на першому рівні є одна узагальнена координата, а саме: координата відносного повороту корпусу АВТМ. Представлення зв'язків узагальнених координат ММ у вигляді графів дозволяє з'ясувати взаємовплив руху одних механізмів і агрегатів АВТМ від інших і будувати ММ з врахуванням цих зв'язків. Крім того графи зв'язків дозволяють однозначно визначити необхідну кількість, і яких саме, узагальнених координат потрібно для вирішення конкретної задачі дослідження. Наприклад, при дослідженні 4г (автогрейдер, рис.1), якщо метою дослідження є вивчення роботи і руху грейдера з основним ножем і не цікавить робота і рух разом з переднім ножом, то в графі 4г будуть відсутні узагальнені координати правої гілки другого і третього рівня і, як наслідок, в ММ, яка побудована з врахуванням цього графа, не будуть присутні ці узагальнені координати.

Або інший приклад. Якщо для того ж автогрейдера поставлена задача дослідження його роботи і руху тільки з основним ножом при постійному куті нахилу балки і змінних кутах повороту ножа, тоді в графі 4г буде відсутня не тільки права гілка узагальнених координат, а ще і узагальнена координата правої гілки другого рівня і узагальнена координата третього рівня буде безпосередньо зв'язана з координатою першого рівня, тобто вона перейдена на рівень два.

Розглянемо приклади використання ГСЗУК для розуміння їх побудови і зв'язків між узагальненими координатами в самому графі.

Візьмемо дві обертові пружно зв'язані маси. ГСЗУК буде мати вигляд (рис.2, а). Для автомобіля з задніми ведучими колесами ГСЗУК показано на рис.2, б. Якщо задачами досліджень передбачено вивчення коливань і вібрацій на сидінні водія, то ГСЗУК матиме вигляд (рис. рис.2, в).

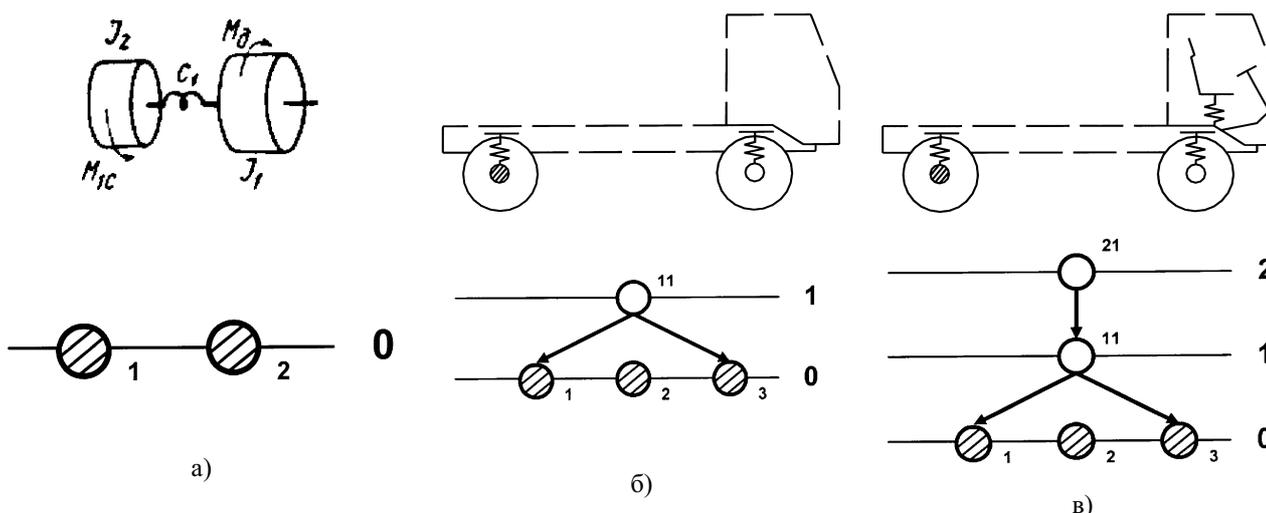


Рис. 2. Відповідність різних конструкційних схем їх ГСЗУК: а - дві обертові пружно зв'язані маси; б - автомобіля з задніми ведучими колесами; в - сидіння водія автомобіля з задніми ведучими колесами.

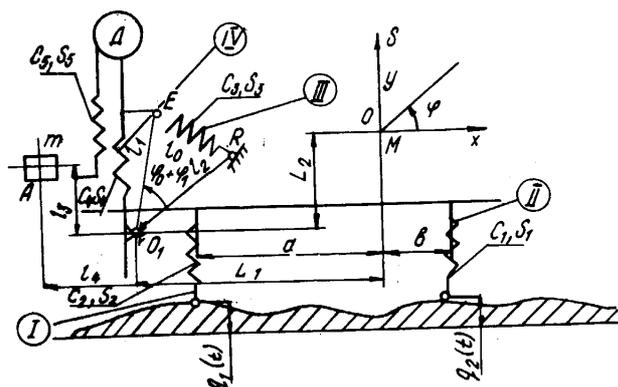


Рис. 3. Математична модель, представлена в роботі [2]

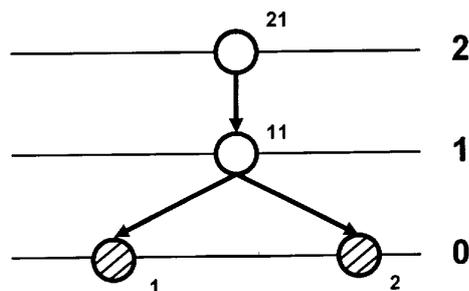


Рис. 4. ГСЗУК для ММ, представленої в [2]

З іншого боку по ГСЗУК можна перевірити правильність запису других похідних в системі рівнянь математичної моделі. В роботі [2] автор досліджує тільки вертикальні коливання автовантажувача. Центр координат він суміщає з центром маси корпуса машини, переміщення якого задані двома координатами; вантаж залежить від переміщень гідроциліндрів нахилу і підйому вантажу (рис. 3). ГСЗУК показано на рис. 4, і він відповідає системі рівнянь, записаній для наведеної розрахункової схеми.

Таким чином, можна зробити висновок, що ГСЗУК наглядно показують взаємозв'язки між узагальненими координатами ММ різних машин і механізмів.

Узагальнені координати шести типів АВТМ і зв'язки між ними зручно представляти у вигляді ГСЗУК. Вони описуються двома типами графів.

В залежності від задачі досліджень, за допомогою ГСЗУК можна сказати які і скільки необхідно і достатньо вибрати узагальнених координат.

За допомогою ГСЗУК можна наперед сказати, а потім і перевірити структуру побудови правих частин рівнянь ММ.

На основі вище сказаного можна записати методику побудови ММ РР АВТМ:

1. Формулюємо задачі досліджень.
2. Відповідно до задач досліджень визначаємо достатню якість ММ, що будується.
3. Будуємо подібний граф схеми АВТМ.
4. На підставі 2 і 3 будуємо ГСЗУК.
5. З врахуванням поставленої задачі з множини чинників вибираємо ті чинники, які повинні бути враховані в майбутній моделі.
6. Робимо припущення і на підставі ГСЗУК будуємо розрахункову схему, де показуємо вибрані чинники.
7. Готуємо ліві і праві частини рівнянь Лагранжа II-го роду.
8. За допомогою ГСЗУК перевіряємо ліві частини отриманої системи диференціальних рівнянь на рівні других похідних.
9. Формулюємо початкові умови та інші умови та обмеження.

З вище викладеного можна зробити висновки:

- 1) Графи структури зв'язків узагальнених координат наглядно показують взаємозв'язки між узагальненими координатами ММ різних машин і механізмів;
- 2) Узагальнені координати шести типів АВТМ і зв'язки між ними зручно представляти у вигляді графів структури зв'язків узагальнених координат. Вони описуються двома типами графів;
- 3) В залежності від задачі досліджень за допомогою графів зв'язків можна сказати які і скільки необхідно і достатньо вибрати узагальнених координат;
- 4) За допомогою графів зв'язків можна наперед сказати, а потім і перевірити структуру побудови правих частин рівнянь ММ.

Література

1. Лозовий І.С., Зінько Р.В. Структурний аналіз плоских схем автовантатажотранспортувальних машин// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2000. -№1. –С.148-151.
2. Зильберман Э.М. К вопросу о математическом моделировании движения автопогрузчика// Труды ГСКБ по автопогрузчикам. -Львов: ГСКБ по автопогрузчикам. -1984. -С.73-85.

Надійшла 27. 11. 2000 р.

УДК 621.2

С. Й. ТКАЧЕНКО, Є. Ф. ЛІСЦИН
Вінницький державний технічний університет
В. В. ТКАЧЕНКО, С. Й. ШАМАНСЬКИЙ.
ОКВП ВКГ «Вінницяводоканал»

РАНЖУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ВОДИ ЗА КРИТЕРІЯМИ СТІЙКОСТІ ДО ЗБУДЖЕНЬ

В цій статті застосовано метод нечітких парних порівнянь для порівняльного аналізу лічильників води, що використовуються у господарсько-побутовому водопроводі. Проведено їх ранжування за групою критеріїв під назвою: «Стійкість до зовнішніх та внутрішніх збуджень». Отримані числові оціночні коефіцієнти для різних принципових конструкцій цих лічильників.

Вступ

Лічильник води є вимірювальною технічною системою, котра характеризується багатьма критеріями оптимальності. Велика різноманітність існуючих принципових схем та конструкцій, що мають різні характеристики [1], обумовлює необхідність проведення обґрунтованої оцінки з метою виявлення найбільш ефективних. Задача такої оцінки полягає в ранжуванні всіх типів лічильників, що використовуються в господарсько-побутовому водопроводі, при якому вищому рангові відповідає більш оптимальне співвідношення величин окремих критеріїв.

Аналіз показує, що всі можливі критерії оцінки можна розбити на чотири групи, а саме: критерії корисності, критерії плати за корисність, критерії стійкості до збуджень та критерії зручності контролю водоспоживання; і проводити попередню оцінку в середині цих груп.

В цій статті пропонується ранжування за окремою групою критеріїв стійкості конструкцій та робочих характеристик лічильників води, що використовуються в господарсько-побутовому водопроводі, до зовнішніх та внутрішніх збуджень за методом нечітких парних порівнянь Сааті-Ротштейна [2,3,4,5,6,7]. В аналізі за основу приймався датчик лічильника.

Головною перевагою цього методу є те, що, розглядаючи окремі критерії, які виражені в якісній формі, ми отримуємо в результаті оцінки числове значення групового критерію. До того ж, операція перетину нечітких

множин, що застосовується тут, не є надто чутливою до незначних коливань в якісній оцінці окремих критеріїв і тому знижує вплив суб'єктивізму в таких оцінках на результат розрахунків.

Оскільки функціональне призначення водолічильника полягає у вимірюванні кількості води, що проходить через трубопровід, якій він контролює і оцінюється його функціональними (робочими) характеристиками, то до зовнішніх та внутрішніх збуджень можна віднести всі фактори, які безпосередньо впливають на перебування лічильника в робочому стані, та на його функціональні характеристики.

Метою роботи є розгляд цих факторів, формування множини критеріїв оцінки, а також ранжування різних типів лічильників за цими критеріями.

Постановка задачі

За методом парних порівнянь Сааті-Ротштейна, для ранжування необхідна множина варіантів, що оцінюються $S (S_1; S_2; \dots ; S_n)$ та множина критеріїв, за якими будемо проводити таку оцінку $C (C_1; C_2; \dots ; C_m)$.

Тривалі спостереження за роботою лічильників води у місті Вінниці та за видами виконуваних ремонтів у водолічильній майстерні ОКВП ВКГ «Вінницяводоканал» дозволяють сформулювати таку множину критеріїв оцінки:

- C_1 - стійкість конструкції лічильника до забивання механічними домішками у воді;
- C_2 - стійкість конструкції лічильника до відмов (виходу з ладу) викликаних механічними домішками у воді;
- C_3 - стійкість робочих характеристик лічильника (точності, робочого діапазону витрат, втрати тиску тощо) до впливу механічних домішок у воді;
- C_4 - стійкість робочих характеристик лічильника до виникнення та впливу газоподібних бульбашок у воді;
- C_5 - стійкість робочих характеристик лічильника до впливу коливань тиску води в трубопроводі;
- C_6 - стійкість робочих характеристик лічильника до коливань температури води в трубопроводі;
- C_7 - стійкість робочих характеристик лічильника до впливу вихрових потоків у трубопроводі;
- C_8 - стійкість робочих характеристик лічильника до виникнення та впливу електрохімічних процесів у воді;
- C_9 - стійкість конструкції лічильника до механічних пошкоджень;
- C_{10} - стійкість конструкції лічильника до виникнення кавітаційних явищ під час роботи;
- C_{11} - стійкість конструкції лічильника до підвищеної температури води (для лічильників холодної води).

Розглянувши різноманітність принципових конструкцій лічильників, скористаємось такою множиною найбільш типових варіантів: S_1 - тахометричні з осьовою передачею; S_2 - тахометричні з магнітною передачею; S_3 - звужуючі пристрої без застійних зон; S_4 - ультразвукові; S_5 - електромагнітні. Задача полягає в ранжуванні варіантів множини S за критеріями множини C .

Ранжувальний аналіз лічильників

Передбачені методом, що застосовується, лінгвістичні порівняння попарно всіх варіантів $S_i \in S, i = 1 \div 5$, за кожним критерієм $C_l \in C, l = 1 \div 12$, зводимо до матриці парних порівнянь [4]. В нашому випадку вона матиме вигляд:

$$S_1 \quad S_2 \quad S_3 \quad S_4 \quad S_5$$

$$A(C_1) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{bmatrix} a_{111}^l & a_{12}^l & a_{13}^l & a_{14}^l & a_{15}^l \\ a_{21}^l & a_{22}^l & a_{23}^l & a_{24}^l & a_{25}^l \\ a_{31}^l & a_{32}^l & a_{33}^l & a_{34}^l & a_{35}^l \\ a_{41}^l & a_{42}^l & a_{43}^l & a_{44}^l & a_{45}^l \\ a_{51}^l & a_{52}^l & a_{53}^l & a_{54}^l & a_{55}^l \end{bmatrix} \quad (1).$$

де елементу $a_{i,j}^l$ - присвоюється значення за 9-ти бальною шкалою Сааті [2].

Лінгвістичні порівняння варіантів $S_i \in S$ за всіма критеріями $C_l \in C$ можна сформулювати так:

C_1 : Абсолютна перевага S_3, S_4, S_5 , над S_1, S_2 ., відсутня перевага S_1 , над S_2 ., а також відсутня перевага одного варіанту над іншим у множині S_3, S_4, S_5 ;

C_2 : Явна перевага S_3, S_4, S_5 над S_2 ., суттєва перевага S_3, S_4, S_5 над S_1 ., слабка перевага S_1 , над S_2 ., відсутня перевага одного варіанту над іншим у множині S_3, S_4, S_5 .

C_3 : Явна перевага S_3 над S_4 ., майже явна перевага S_3 над S_5 ., суттєва перевага S_3 над S_1, S_2 ., слабка перевага S_1, S_2 над S_4 , майже слабка перевага S_1, S_2 над S_5 , та S_5 над S_4 ., відсутня перевага S_1 над S_2 ;

C_4 : Суттєва перевага S_1, S_2, S_3 над S_4 ., майже суттєва перевага S_5 над S_4 ., майже слабка перевага S_1, S_2, S_3 над S_5 ., відсутня перевага одного варіанту над іншим у множині S_1, S_2, S_3 ;

C_5 : Суттєва перевага S_1, S_2, S_5 над S_4 ., майже суттєва перевага S_3 над S_4 ., майже слабка перевага S_1, S_2, S_5 над S_3 ., відсутня перевага одного варіанту над іншим у множині S_1, S_2, S_5 ;

C_6 : Суттєва перевага S_1, S_2 , над S_4 ., слабка перевага S_1, S_2 над S_3, S_5 , та S_3, S_5 над S_4 ., відсутня перевага S_1 над S_2 ; та S_3 над S_5 .

C_7 : Слабка перевага S_1, S_2, S_3, S_4 над S_5 ., відсутня перевага одного варіанту над іншим у множині S_1, S_2, S_3, S_4 ;

C_8 : Суттєва перевага S_1, S_2, S_3, S_4 над S_5 ., відсутня перевага одного варіанту над іншим у множині S_1, S_2, S_3, S_4 .

C_9 : Майже явна перевага S_3, S_4, S_5 над S_1 ., суттєва перевага S_3, S_4, S_5 над S_2 ., майже слабка перевага S_2 над S_1 ., відсутня перевага одного варіанту над іншим у множині S_3, S_4, S_5 .

C_{10} : Суттєва перевага S_4, S_5 над S_3 ., слабка перевага S_4, S_5 над S_1, S_2 ; та S_1, S_2 над S_3 ., відсутня перевага S_1 над S_2 ; та S_4 над S_5 .

C_{11} : Явна перевага S_3, S_5 над S_1, S_2 ., суттєва перевага S_4 над S_1, S_2 ., слабка перевага S_3, S_5 над S_4 ., відсутня перевага S_1 , над S_2 , та S_3 над S_5 .

Користуючись цими висловлюваннями, складаємо матриці парних порівнянь (ф-ла (1)):

$$A(C_1) = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 9 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 9 & 9 & 9 \\ 1/9 & 1/9 & 1 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1/9 & 1 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1/9 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & & & & \end{matrix}$$

$$A(C_2) = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 5 & 5 \\ 1/3 & 1 & 7 & 7 & 7 \\ 1/5 & 1/7 & 1 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1/7 & 1 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1/7 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & & & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & & & & & \\ & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & & & & \end{matrix}$$

$$A(C_3) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 & 1/3 & 1/2 \\ 1 & 1 & 5 & 1/3 & 1/2 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/7 & 1/6 \\ 3 & 3 & 7 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 6 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(C_4) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1/5 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1 & 1/5 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1 & 1/5 & 1/2 \\ 5 & 5 & 5 & 1 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(C_5) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 & 1/5 & 1 \\ 1 & 1 & 1/2 & 1/5 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1/4 & 2 \\ 5 & 5 & 4 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 1/2 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(C_6) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/3 \\ 3 & 3 & 1 & 1/3 & 1/3 \\ 5 & 5 & 3 & 1 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(C_7) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1/3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(C_8) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1/5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1/5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1/5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1/5 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(C_9) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 6 & 6 & 6 \\ 1/2 & 1 & 5 & 5 & 5 \\ 1/6 & 1/5 & 1 & 1 & 1 \\ 1/6 & 1/5 & 1 & 1 & 1 \\ 1/6 & 1/5 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(C_{10}) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/3 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 1/3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 1 & 5 & 5 \\ 1/3 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(C_{11}) = \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{matrix} \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 7 & 5 & 7 \\ 1 & 1 & 7 & 5 & 7 \\ 1/7 & 1/7 & 1 & 1/3 & 1 \\ 1/5 & 1/5 & 3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/7 & 1 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Ступені належності кожного варіанту по кожному критерію обчислюємо за формулою [4]:

$$\mu^l(S_i) = \frac{1}{a'_{i.1} + a'_{i.2} + \dots + a'_{i.n}}$$

Користуючись формулами нечітких множин [4] отримуємо:

$$C_1 = \left\{ \frac{0.034}{S_1}, \frac{0.034}{S_2}, \frac{0.310}{S_3}, \frac{0.310}{S_4}, \frac{0.310}{S_5} \right\} \quad C_6 = \left\{ \frac{0.349}{S_1}, \frac{0.349}{S_2}, \frac{0.130}{S_3}, \frac{0.059}{S_4}, \frac{0.097}{S_5} \right\}$$

$$C_2 = \left\{ \frac{0.053}{S_1}, \frac{0.045}{S_2}, \frac{0.299}{S_3}, \frac{0.299}{S_4}, \frac{0.299}{S_5} \right\} \quad C_7 = \left\{ \frac{0.231}{S_1}, \frac{0.231}{S_2}, \frac{0.231}{S_3}, \frac{0.231}{S_4}, \frac{0.077}{S_5} \right\}$$

$$C_3 = \left\{ \frac{0.128}{S_1}, \frac{0.128}{S_2}, \frac{0.585}{S_3}, \frac{0.063}{S_4}, \frac{0.087}{S_5} \right\} \quad C_8 = \left\{ \frac{0.238}{S_1}, \frac{0.238}{S_2}, \frac{0.238}{S_3}, \frac{0.238}{S_4}, \frac{0.048}{S_5} \right\}$$

$$C_4 = \left\{ \frac{0.270}{S_1}, \frac{0.270}{S_2}, \frac{0.270}{S_3}, \frac{0.050}{S_4}, \frac{0.138}{S_5} \right\} \quad C_9 = \left\{ \frac{0.048}{S_1}, \frac{0.061}{S_2}, \frac{0.297}{S_3}, \frac{0.297}{S_4}, \frac{0.297}{S_5} \right\}$$

$$C_5 = \left\{ \frac{0.270}{S_1}, \frac{0.270}{S_2}, \frac{0.138}{S_3}, \frac{0.050}{S_4}, \frac{0.270}{S_5} \right\} \quad C_{10} = \left\{ \frac{0.120}{S_1}, \frac{0.120}{S_2}, \frac{0.059}{S_3}, \frac{0.349}{S_4}, \frac{0.349}{S_5} \right\}$$

$$C_{11} = \left\{ \frac{0.048}{S_1}, \frac{0.048}{S_2}, \frac{0.382}{S_3}, \frac{0.135}{S_4}, \frac{0.382}{S_5} \right\}$$

Необхідна для ранжування інтегральна нечітка множина визначається перетином нечітких множин за окремими критеріями за формулою[3]:

$$D = \left\{ \frac{\min_{l=1,\dots,m} [\mu^l(S_1)]}{S_1}, \frac{\min_{l=1,\dots,m} [\mu^l(S_2)]}{S_2}, \dots, \frac{\min_{l=1,\dots,m} [\mu^l(S_n)]}{S_n} \right\}$$

Тому маємо:

$$D = \left\{ \frac{0.034}{S_1}, \frac{0.034}{S_2}, \frac{0.059}{S_3}, \frac{0.050}{S_4}, \frac{0.048}{S_5} \right\}$$

Числові значення ступенів належності (чисельник) в інтегральній множині D є ранговими коефіцієнтами альтернативних варіантів (знаменник). Нечітка інтегральна множина D свідчить про значну перевагу варіанту S₃, перевагу лічильників S₄ і S₅ та недосконалість конструкцій лічильників варіанту S₁ та S₂.

Висновки

В цій роботі проведено ранжування лічильників води за окремою групою критеріїв стійкості їх конструкцій та робочих характеристик до зовнішніх та внутрішніх збуджень. Виявлена перевага лічильників на

звужуючих пристроях без застійних зон, ультразвукових та електромагнітних. При формуванні критеріїв використані тривалі спостереження за роботою лічильників води у місті Вінниці, та за видами виконуваних ремонтних робіт у водолічильній майстерні ОКВП ВКГ «Вінницяводоканал».

Отримані результати (рангові коефіцієнти) можуть бути використані при проведенні загальної оцінки лічильників за всіма групами критеріїв.

Література

1. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества. - Л.: Машиностроение. 1975. - 776 с.
2. Саати Т. Л. Взаимодействия в иерархических системах. // Техническая кибернетика. - 1979. - №1. - стр. 68 - 84.
3. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации. - Універсум-Вінниця. - 1999. - 302 с.
4. Ротштейн О. П., Черноволік Г.О., Ларюшкін Е. П. Метод побудови функцій належності нечітких множин. // Вісник ВПП. - 1996. - №3. - стор. 72- 75.
5. Ротштейн О. П., Васюра А. С., Черноволік Г. О. Ранжування студентів на базі парних порівнянь і нечітких множин. // Вісник ВПП. - 1997. - №2. - стор. 93 - 96.
6. Ротштейн О. П., Петух А. М., Петренко М. І., Войтко В. В. Варіантний аналіз на базі нечітких парних порівнянь: методика та застосування на прикладі порівняння семіотичних систем. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - №2. - стор. 118- 125.
7. Ротштейн О. П., Лісіцин Є. Ф., Шаманський С. Й. Порівняльний аналіз лічильників холодної води за неметричними критеріями. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1999. - №3. - стор. 157 - 161.

Надійшла 29. 11. 2000 р.

УДК 677.531.661

Б. ОКС

Рижский технический университет

ДИАГНОСТИКА СКРЫТЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОНКОСТЕННЫХ РОТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

Решается задача диагностирования повреждений в виде ослабления разъемных соединений, трещин, отслоений и т.д. в силовых подкрепляющих элементах роторных устройств текстильных машин, представляющих собой оребренные тонкостенные оболочки (барабаны чесальных машин, центрифуги, барабаны красильных аппаратов и т.д.), т.е. в общем случае роторных устройств текстильных машин. Спецификой этих механизмов является трудность доступа к контролируемым элементам без разборки машины.

В работах [1,2] предложен вибродиагностический метод, так называемый метод присоединенной массы (МПМ), позволяющий выявлять рассматриваемые дефекты без непосредственного доступа к диагностируемому элементу. Однако апробация этого метода на наиболее характерных для текстильных машин тонких оболочках с малым радиусом кривизны показала, что существующие модификации МПМ не дают достоверной информации [3]. Это обусловлено существенной упругой нелинейностью тонкой изогнутой оболочки: значительной разницей в значениях ее локальной жесткости при деформации оболочки к центру кривизны и в сторону, противоположную ему.

В связи с этим была поставлена задача, используя основное достоинство МПМ - возможность определения повреждений под оболочкой, разработать принципиально новые диагностические процедуры, позволяющие контролировать механизмы, содержащие тонкостенные конструкции с нелинейными упругими характеристиками.

Данная задача решалась на основе подходов нелинейной диагностики, базирующихся на целенаправленном использовании особенностей нелинейных колебаний. Рассмотрим реализацию этих подходов на примере разработки процедур диагностики трещин в ребрах чесальных барабанов и подобных им устройств.

Расчетная схема, используемая для анализа динамического поведения системы ребро (подкрепляющий элемент) - оболочка – присоединенная масса (ПМ) показана на рис 1. Диагностируемый подкрепляющий элемент рассматривается в виде балки Бернулли с жестко заземленными концами. Оболочка в первом

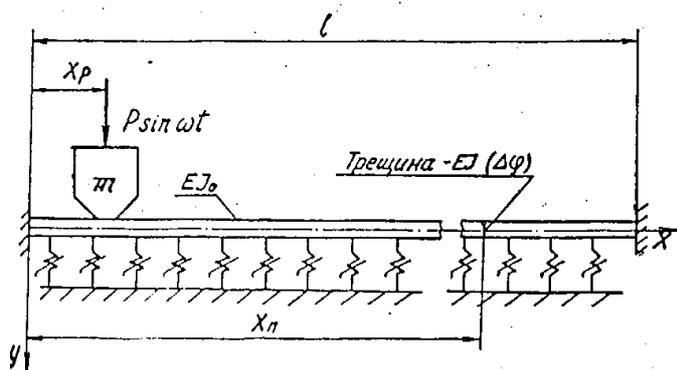


Рис .1 Расчетная схема

приближении рассматривается как упругое основание с нелинейной зависимостью коэффициента жесткости от деформации. Присоединенная масса принята в виде точечной массы, жестко закрепляемой на диагностируемом подкрепляющем элементе; координата приложения вынуждающей силы - совпадающей с координатой закрепления ПМ. Повреждение в подкрепляющем элементе рассматривается как локальная упругая нелинейность, появление которой обусловлено периодическим смыканием и размыканием берегов трещины [4]. В соответствии с данными экспериментов на реальной оболочке и результатами работы [4], упругие характеристики основания и повреждения аппроксимированы с помощью билинейных функций. Тогда математическая модель диагностируемого подкрепляющего элемента с присоединенной массой может быть представлена в виде:

$$EI(x) \frac{d^4 y}{dx^4} + f(x, x_p, y) + \mu \frac{d^2 y}{dt^2} + bEI(x) \frac{d^5 y}{dx^4 dt} + m \frac{d^2 y}{dt^2} \delta(x - x_p) = P \sin \omega t \delta(x - x_p), \quad (1)$$

где упругие свойства оболочки и подкрепляющего элемента описываются с помощью функционалов:

$$f(x, x_p, y) = \begin{cases} k_1(x)y, & y \geq -\Delta(x, x_p); \\ k_2(x)y + \Delta(x, x_p)[k_2(x) - k_1(x)], & y < -\Delta(x, x_p); \end{cases} \quad (2)$$

$$EI(x) = \begin{cases} EI_0, & x \neq x_n; \\ EI(\Delta\varphi), & x = x_n. \end{cases} \quad (3)$$

В выражениях (1) - (3) приняты обозначения: E - модуль упругости; $I_0, I(\Delta\varphi)$ - моменты инерции соответственно неповрежденного и поврежденного сечений подкрепляющего элемента (ПЭ); y - поперечное смещение; x - координата сечения; x_n - координата поврежденного сечения; $\Delta(x, x_p)$ - статический прогиб ПЭ с оболочкой при приложении ПМ; μ - погонная масса ПЭ с приведенной к нему массой оболочки; P - амплитуда вынуждающей силы; δ - дельта-функция Дирака; x_p - координата приложения ПМ и вынуждающей силы; $\Delta\varphi = \varphi_{+0} - \varphi_{-0}$ - разность углов поворота сечений ПЭ расположенных до и после повреждения; b - коэффициент поглощения; m - присоединенная масса.

Граничные условия:

$$y(0, t) = y(l, t) = 0; \frac{dy}{dx}(0, t) = \frac{dy}{dx}(l, t) = 0$$

Функция $EI(\Delta\varphi)$ в выражении (3) зависит от места образования трещины (в верхней или нижней части ПЭ) и может быть аппроксимирована следующими зависимостями:

$$EI(\Delta\varphi) = \begin{cases} EI_0, \Delta\varphi \leq \Delta\varphi_0; \\ EI_n, \Delta\varphi > \Delta\varphi_0 \end{cases} \quad (4)$$

для повреждения в верхней части ПЭ (мягкая упругая нелинейность повреждения);

$$EI(\Delta\varphi) = \begin{cases} EI_n, \Delta\varphi \leq \Delta\varphi_0; \\ EI_0, \Delta\varphi > \Delta\varphi_0 \end{cases} \quad (5)$$

при образовании повреждения в его нижней части (жесткий тип упругой характеристики поврежденного сечения).

Уравнение (1) с учетом (2) - (5) решалось на специализированном гибридном вычислительном комплексе, что позволило выявить целый ряд особенностей нелинейного поведения системы, которые могут быть положены в основу контроля. Однако все многообразие возможных подходов к диагностике рассматриваемых повреждений отразить в рамках настоящей статьи затруднительно.

Поэтому более подробно остановимся на основных идеях и принципах одной из наиболее чувствительных диагностических процедур, основанной на контроле изменения наклона кривой резонансных частот. При этом для определенности будем считать, что трещина расположена в сечении с координатой $x_n=0,7l$, а присоединенная масса m в 10 раз больше массы подкрепляющего элемента.

На рис.2а приведены графики зависимости частоты ω_p первого основного резонанса системы от безразмерной амплитуды $p = Pl^2 / EI$ вынуждающей силы (кривые резонансных частот), полученные при различных положениях x_p / l присоединенной массы и различном размещении усталостной трещины (сверху или снизу) в пределах поперечного сечения. (Глубина трещины обозначена $\varepsilon_F^B, \varepsilon_F^H$, где индексы “В” и “Н” означают, соответственно, “верхнее” и “нижнее” расположение повреждения в поперечном сечении). Отметим, что линейный участок кривой резонансных частот соответствует колебаниям системы в пределах статического

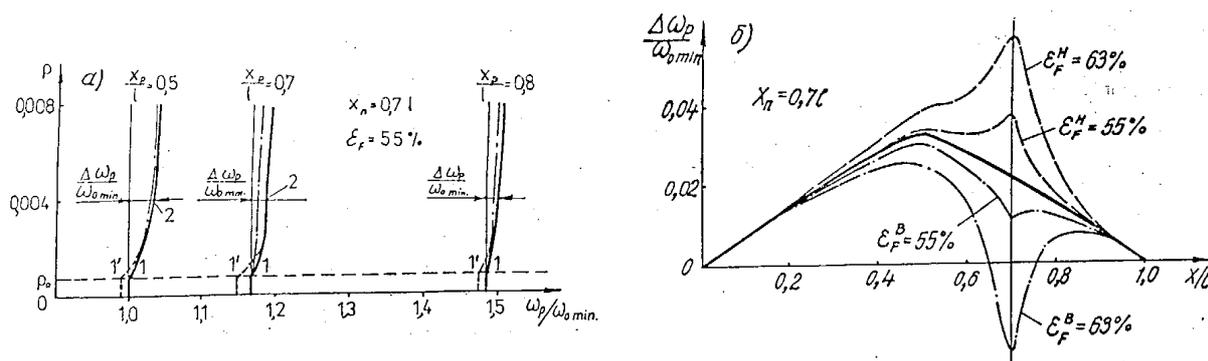


Рис 2

смещения от веса присоединенной массы, когда периодические смыкания и размыкания берегов усталостной трещины не имеют места. Выход на нелинейные (наклонные) участки кривых резонансных частот становится возможным при значении P , больших некоторого порогового значения P_0 (в рассматриваемом случае $P_0=0,0008 EI / l^2$).

Для целого ПЭ наклон кривых резонансных частот (сплошные линии на рис.2) определяется нелинейными свойствами оболочки, имеющей, при нагружении присоединенной массой, жесткую упругую

характеристику. Количественной мерой этого наклона может служить относительная разность резонансных частот:

$$\Delta\omega_p / \omega_{0\min} = (\omega_{p2} - \omega_{p1}) / \omega_{0\min}$$

где ω_{p1}, ω_{p2} - значения низшей резонансной частоты системы при двух фиксированных значениях P (точки 1 и 2 кривой резонансных частот), $\omega_{0\min}$ - низшая собственная частота системы при отсутствии повреждения в ПЭ и при расположении присоединенной массы в среднем по длине сечения ($x_p = 0,5l$). Анализ показывает что для ПЭ без повреждения величина параметра $\Delta\omega_p / \omega_{0\min}$ достигает максимального значения при расположении присоединенной массы в среднем по длине сечения ($x_p = 0,5l$) и монотонно уменьшается по мере приближения массы к одному из граничных сечений ($x_p = 0$ или $x_p = l$). Графически это иллюстрируется сплошной линией на рис.2б.

При появлении в ПЭ усталостной трещины картина резко изменяется. Так, трещина, расположенная сверху, вносит в систему "мягкую" локальную упругую нелинейность, которая, "складываясь" с жесткой нелинейностью оболочки, способствует уменьшению наклона $\Delta\omega_p / \omega_{0\min}$ кривой резонансных частот (штрих-пунктирные линии на рис.2). Указанное уменьшение становится особенно заметным в районе трещины при ($x_p = 0,7l$) (локальный минимум на графике зависимости $\Delta\omega_p / \omega_{0\min}$ от x/l); причем по мере роста глубины трещины ε_F^B параметр $\Delta\omega_p / \omega_{0\min}$ может даже принимать отрицательные значения, что соответствует наклону кривой резонансных частот влево (эквивалентная мягкая упругая характеристика).

Наоборот, при появлении усталостной трещины в нижней части поперечного сечения (локальная жесткая упругая нелинейность) эквивалентная упругая характеристика системы становится еще более "жесткой". Поэтому наклон кривых резонансных частот возрастает, а на графике зависимости параметра $\Delta\omega_p / \omega_{0\min}$ от x/l (пунктирные линии на рис.2) в районе трещины появляется локальный максимум.

Обнаруженная закономерность поведения системы может рассматриваться как диагностический признак, указывающий на появление дефекта в ПЭ. Диагностическая процедура контроля при этом осуществляется в следующем порядке. К контролируемому ПЭ в различных сечениях прикладывают присоединенную массу и при каждом положении массы определяют два значения резонансных частот (ω_{p1}, ω_{p2}), соответствующих двум фиксированным значениям P_1 и P_2 амплитуды вынуждающей силы (величину P_1 выбирают несколько меньшей, а величину P_2 , наоборот, несколько большей порогового значения P_0). Затем вычисляют разность резонансных частот $\Delta\omega_p = (\omega_{p2} - \omega_{p1})$ и строят график зависимости параметра $\Delta\omega_p$ от координаты x/l приложения массы. По наличию экстремума на полученной зависимости и по его местоположению (координата x/l определяют дефектное сечение ПЭ, а по виду этого экстремума (максимум или минимум) расположение трещины в самом сечении (снизу или сверху). Чувствительность контроля данным методом оказывается в несколько раз выше чувствительности известного частотного варианта МПМ [1].

Литература

1. Цыфанский С.Л., Магоне М.А., Милов А.Б. Обнаружение повреждений в силовых элементах несущих поверхностей летательных аппаратов// Вопросы динамики и прочности Рига: Зинатне, 1985, вып.45.- С.91-98.

2. Волков В.В., Мозурас Ф.Б. Математическое моделирование изменения технического состояния и локализация дефектов стержневых конструкций// Вибротехника.- Вильнюс: Минтис, 1983,- Вып.45.- С.91-98.
3. Окс А.Б., Бересневич В.И., Магоне М.А. Оценка применимости метода присоединенной массы для диагностирования упруго-нелинейных конструкций// Вопросы динамики и прочности Рига: Зинатне, 1991, вып.53.- С.126-138.
4. Цыфанский С.Л., Магоне М.А., Ожиганов В.М. Об использовании нелинейных эффектов для обнаружения трещин в стержневых элементах конструкций // Дефектоскопия.- 1985.- №3.-С.77-82.

Надійшла 16. 12. 2000 р.

УДК 62 – 755

А.Н. ГОРБЕНКО

Керченский морской технологический институт

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ШАРИКОВОГО АВТОБАЛАНСИРА В КОНСТРУКЦИИ ОДНОДИСКОВОГО РОТОРА НА ШАРНИРНОЙ И ПОДАТЛИВОЙ ОПОРАХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОБАЛАНСИРОВКИ

У роботі розглядаються особливості динаміки механічної системи "ротор - кульковий автобалансир" у випадку довільного розташування останнього уздовж довжини вала ротора. Встановлено, що розбіжність площин автобалансира і дисбалансу ротора знижує ефективність застосування цього устрою через виникнення додаткового навантаження в жорсткій шарнірній опорі. При цьому скорочується діапазон частот обертання ротора, у якому можлива ефективна автобалансування. Отримані результати будуть корисними при виборі місця установки автобалансира в конструкції ротора.

Применение шариковых автобалансирующих устройств (АБУ) позволяет снизить уровень вибрации и повысить надежность машин, содержащих вращающийся ротор. При определенных условиях они автоматически уравнивают ротор, устраняя тем самым возникновение радиальной центробежной силы от статического дисбаланса. Существует ряд работ, в которых исследованы основные свойства шариковых АБУ [1-4 и др.]. При этом в известных работах предполагается, что плоскость автобалансира проходит через центр масс ротора, т.е. совпадает с плоскостью дисбаланса его диска. Однако, подобное расположение автобалансира в реальной машине далеко не всегда возможно в силу ее конструктивных и функциональных особенностей. В данной работе анализируется влияние расположения АБУ в конструкции ротора на эффективность его автобалансировки.

В качестве физической модели роторной машины рассмотрим однодисковый неуравновешенный ротор, установленный на двух опорах, одна из которых податливая, а вторая – шарнирная и абсолютно жесткая (рис.1). Подобная механическая система характерна для многих машин, например, для центрифуг, центробежных сепараторов и др. В общем случае диск может располагаться как консольно, так и между опорами. Центр масс диска C отстоит от точки O крепления диска к валу на расстояние $r = OC$, что определяет статическую неуравновешенность ротора. На роторе в сечении A установлен автобалансир, представляющий собой круговую полость с помещенными в нее n шариками массой m каждый. Нередко эта полость выполняется в одном из конструктивных элементов ротора и заполняется маслом. Плоскость АБУ (сечение A) отстоит от центра масс диска на расстояние L_A вдоль линии вала. Текущее положение диска будем характеризовать координатами x и y точки O , а угловое положение j -го шарика – углом φ_j , отсчитываемым от неподвижной оси x . Указанные величины принимаем в качестве обобщенных координат механической

системы. Будем полагать, что диск и автобалансир совершают плоские движения и гироскопический эффект отсутствует.

Используя уравнения Лагранжа второго рода, можно получить следующие уравнения движения механической системы :

$$\begin{aligned} [M + (1 + \nu)^2 nm] \ddot{x} + \beta \dot{x} + Kx &= Mr\omega^2 \cos \omega t + (1 + \nu)mR \sum_{j=1}^n (\ddot{\varphi}_j \sin \varphi_j + \dot{\varphi}_j^2 \cos \varphi_j) ; \\ [M + (1 + \nu)^2 nm] \ddot{y} + \beta \dot{y} + Ky &= Mr\omega^2 \sin \omega t + (1 + \nu)mR \sum_{j=1}^n (-\ddot{\varphi}_j \cos \varphi_j + \dot{\varphi}_j^2 \sin \varphi_j) ; \\ mR^2 \ddot{\varphi}_j - \beta_0 (\dot{\varphi}_j - \omega) &= mR(1 + \nu)(\ddot{x} \sin \varphi_j - \ddot{y} \cos \varphi_j), \quad j = 1, 2, \dots, n, \end{aligned}$$

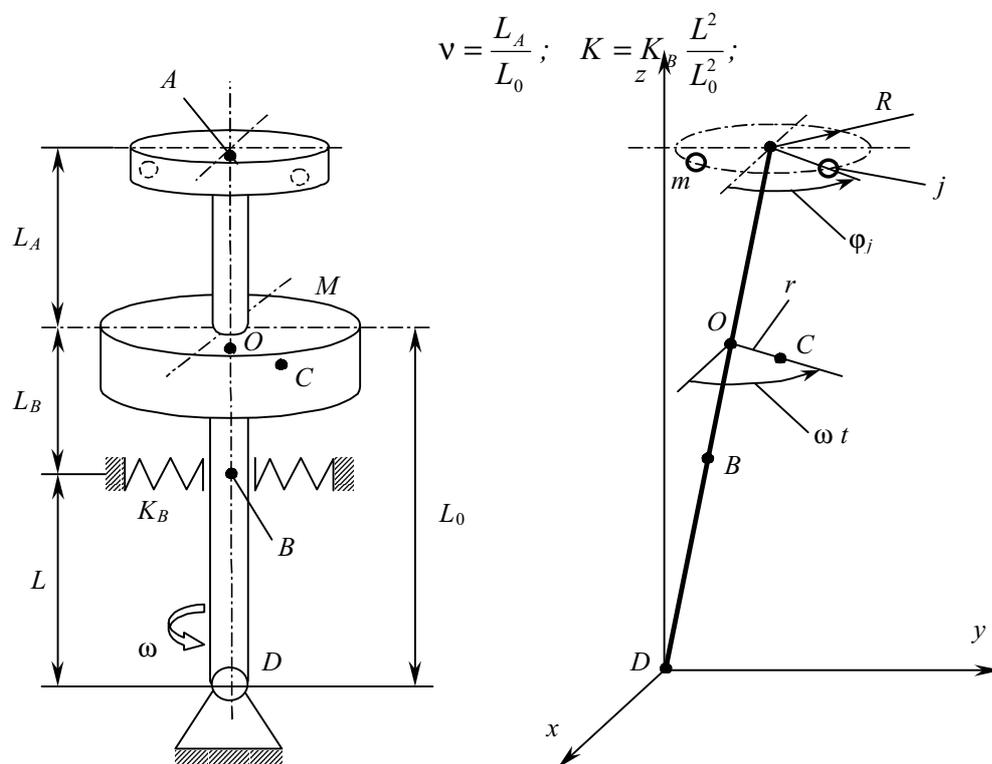


Рис.1. Схема ротора с автобалансиром

где

M – масса диска ротора; β, β_0 – коэффициенты вязкого трения ротора и шариков в АБУ; R – радиус окружности движения центров шариков в полости АБУ; Ω – угловая скорость вращения ротора.

Вводя обозначения

$$m_v = (1 + \nu)^2 m ; \quad R_v = R/(1 + \nu),$$

эту систему уравнений можно записать в виде

$$\begin{aligned} \ddot{x} + \bar{\beta} \dot{x} + p_v^2 x &= \bar{M}_v r \omega^2 \cos \omega t + \bar{m}_v R_v \sum_{j=1}^n (\ddot{\varphi}_j \sin \varphi_j + \dot{\varphi}_j^2 \cos \varphi_j) ; \\ \ddot{y} + \bar{\beta} \dot{y} + p_v^2 y &= \bar{M}_v r \omega^2 \sin \omega t + \bar{m}_v R_v \sum_{j=1}^n (-\ddot{\varphi}_j \cos \varphi_j + \dot{\varphi}_j^2 \sin \varphi_j) ; \\ R_v \ddot{\varphi}_j - \bar{\beta}_0 (\dot{\varphi}_j - \omega) &= \ddot{x} \sin \varphi_j - \ddot{y} \cos \varphi_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \tag{1}$$

$$\text{где } \bar{M}_v = \frac{M}{M + nm_v}; \quad \bar{m}_v = \frac{m_v}{M + nm_v}; \quad p_v = \sqrt{\frac{K}{M + nm_v}}; \quad \bar{\beta} = \frac{\beta}{M + nm_v}; \quad \bar{\beta}_0 = \frac{\beta_0}{m_v R_v}.$$

Здесь коэффициент v отражает влияние несовпадения плоскости автобалансира с плоскостью дисбаланса диска на динамику механической системы. При положительном v автобалансиры смещены относительно центра масс диска в сторону от шарнирной опоры ротора, а при отрицательном v - ближе к ней. Легко заметить, что при $v=0$ полученная система уравнений (1) полностью совпадает с известными уравнениями движения [1, 2 и др.], не учитывающими данный фактор.

Анализ системы уравнений (1) показывает, что она в первом приближении имеет следующие устойчивые частные решения:

при $\omega < p_v$

$$\begin{aligned} x &= \frac{\omega^2}{p_v^2 - \omega^2} (\bar{M}_v r + n \bar{m}_v R_v) \cos \omega t; \\ y &= \frac{\omega^2}{p_v^2 - \omega^2} (\bar{M}_v r + n \bar{m}_v R_v) \sin \omega t; \\ \varphi_j &= \omega t + \alpha_j; \quad \alpha_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \end{aligned} \tag{2}$$

при $\omega > p_v$

$$x = y = 0; \quad \varphi_j = \omega t + \alpha_j; \quad \sum_{j=1}^n \cos \alpha_j = -\frac{M r}{m_v R_v}; \quad \sum_{j=1}^n \sin \alpha_j = 0, \tag{3}$$

где α_j - постоянный угол, характеризующий положение j -го шарика относительно полости АБУ.

Решения (2), (3) соответствуют стационарному движению механической системы, при котором шарики неподвижны относительно АБУ. Собственные колебания предполагаются затухающими.

Заметим, что все представленные выше результаты могут быть получены из уже известных [1, 2 и др.], но не учитывающих указанный фактор, путем простой замены постоянных параметров m и R на m_v и R_v .

Рассмотрим влияние параметра v на особенности движения механической системы. Как видно из (2), при докритическом движении системы влияние v заключается лишь в некотором изменении амплитуды колебаний ротора - при увеличении v (с учетом знака) амплитуда колебаний растет.

Значение критической скорости вращения p_v снижается при положительном v и возрастает при отрицательном v . Однако, учитывая, что обычно $nm \ll M$, влияние v на p_v весьма незначительно.

С практической точки зрения наиболее важно выявить влияние расположения АБУ вдоль линии вала при закритическом режиме движения ротора, что является необходимым условием устойчивости автобалансировки. В случае $v \neq 0$, как следует из (3), наблюдается проявление эффекта автобалансировки. Благодаря тому, что шарики занимают определенные устойчивые положения в полости АБУ, поперечные колебания ротора отсутствуют несмотря на его неуравновешенность. Однако при этом эффективность автобалансировки заметно снижается (по сравнению со случаем $v=0$) вследствие возникновения реакции, нагружающей жесткую шарнирную опору D, вал ротора и корпус машины. Действительно, как нетрудно установить, амплитуда реакции в опоре D без учета трения определяется выражением:

$$R_D = \frac{v}{1+v} M r \omega^2 \tag{4}$$

и обращается в нуль только при $v=0$. При отсутствии конструктивной возможности обеспечения прохождения плоскости АБУ через центр масс ротора предпочтительнее размещать автобалансиры более удаленным от

шарнирной опоры ($v > 0$). В этом случае при равной абсолютной величине смещения $|v|$ значение R_D оказывается меньшим (см.(4)).

Физической причиной возникновения дополнительной реакции является то, что при $v \neq 0$ устранение статического дисбаланса ротора невозможно без появления динамического дисбаланса (пары неуравновешенных центробежных сил инерции). При этом положение шариков в АБУ таково, что общий центр масс механической системы не лежит на оси вращения ротора.

Отрицательным свойством реакции R_D является ее неограниченный рост при увеличении ω , в то время как применение АБУ наиболее эффективно именно в высокооборотных роторных машинах. С другой стороны, амплитуда реакции R_{D0} в шарнирной опоре ротора той же конструкции, но без автобалансира, в закритической области при увеличении ω асимптотически снижается до некоторой величины, что очевидно из выражения :

$$R_{D0} = \frac{1 - v_0}{v_0} M r p^2 \frac{\omega^2}{p^2 - \omega^2} , \quad (5)$$

где

$$v_0 = \frac{L}{L_0} ; \quad p = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

Из сказанного следует, что применение шарикового автобалансира с целью разгрузки шарнирной опоры целесообразно лишь в случае, если рабочая скорость вращения ротора не превышает некоторой величины ω_R . При $\omega > \omega_R$ после установки АБУ на ротор реакция в шарнирной опоре становится больше своего начального значения. Приравняв (4) и (5), находим выражение для граничной скорости вращения в виде:

Как видим, значение ω_R зависит не только от величины смещения АБУ (v), но и от расположения диска

$$\omega_R = p \sqrt{1 + \left| \frac{(1 - v_0)(1 + v)}{v_0 v} \right|} .$$

ротора относительно опор (v_0).

На рис.2 приведены относительные значения граничной скорости вращения в зависимости от v и v_0 . Из рисунка видно, что при существенном смещении АБУ относительно центра масс ротора заметно сужается частотная область эффективного применения шарикового автобалансира по критерию нагрузки в шарнирной опоре. При этом следует учесть, что нижняя граница устойчивости автобалансирующей в действительности не равна критической скорости p_v , как указано в (3), а несколько превосходит ее (обычно в 1,2...1,5 раза) [3,4].

В случае, если надежность шарнирной опоры достаточно велика, применение АБУ возможно и при $\omega > \omega_R$ с целью использования других положительных свойств эффекта автобалансировки. К таковым относятся: отсутствие отклонения оси ротора, что может быть важно из условий функционирования машины, и полная разгрузка податливой опоры. Кроме того, при $v > 0$ увеличивается фактическая емкость АБУ, т.е. наибольшая величина дисбаланса ротора, которую автобаланси́р может полностью компенсировать.

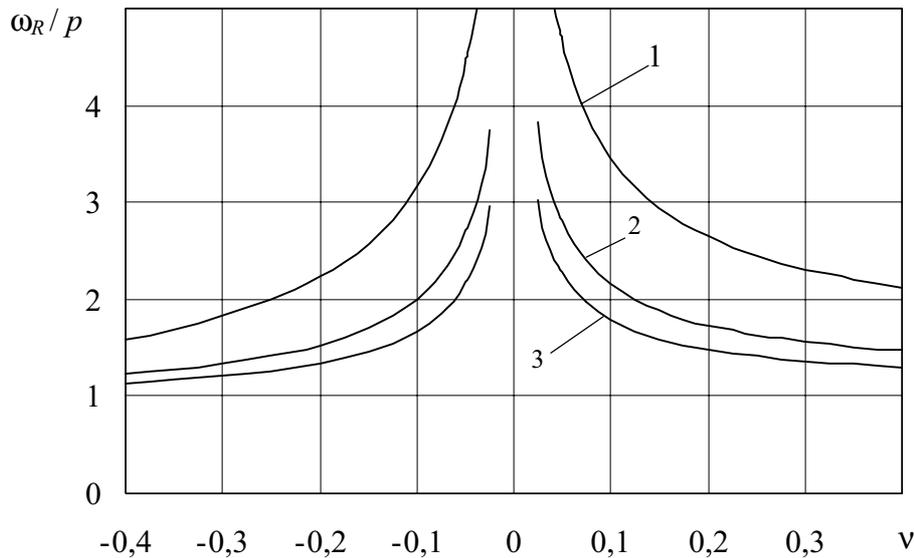


Рис.2 Зависимость граничной скорости вращения от параметров v и v_0 :

1 - $v_0=0,5$; 2 - $v_0=0,75$; 3 - $v_0=1,25$

Таким образом, установлено, что смещение АБУ относительно плоскости дисбаланса ротора отрицательно сказывается на эффективности его применения. Наиболее целесообразно следует считать установку АБУ в плоскости, проходящей через центр масс ротора. Другим вариантом может быть установка двух или более АБУ.

Результаты данной работы могут использоваться для более обоснованного выбора места установки шарикового автобаланси́ра на роторе рассмотренной конструкции.

Литература

1. Детинко Ф.М. Об устойчивости работы автобаланси́ра для динамической балансировки. // Изв. АН СССР ОТН. Механика и машиностроение. - 1959. - №4. - с. 38-45.
2. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. - М.: Наука, 1981. - 352 с.
3. Автоматическая балансировка роторов машин / А.А.Гусаров, В.И.Сусанин, Л.Н.Шаталов, Б.М.Грушин. - М.: Наука, 1979. - 151 с.
4. Горбенко А.Н., Радченко О.П. Численный анализ динамики процесса автобалансировки ротора с помощью шаров // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. науч. тр. - Харьков: ХАИ, 1999. - Вып. 9. Тепловые двигатели и энергоустановки. - с. 409, 410.

Надійшла 16. 12. 2000 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ

Розглядаються питання математичного опису взаємодії твердого формуючого елемента з заданою кривизною поверхні з анізотропним в'язкопружним текстильним матеріалом при визначених граничних умовах.

There was reviewed the problems of the mathematical description of the interaction of a rigid moulding element with a specific curvature of a surface and an anisotropic viscous and elastic textile material at certain limiting conditions.

При формуванні складних криволінійних поверхонь деталей одягу із шаруватих текстильних матеріалів виникає задача визначення зовнішніх зусиль, що прикладаються до формуючого матеріалу і переміщень точок формуючої поверхні, тобто визначенні параметрів середовища з границею розподілу, що змінюється в часі.

Багатостадійність і багатопараметричність задачі формування таких поверхонь обумовлена специфікою гігротермічного і силового впливу формуючих органів на матеріал.

З огляду на математичну складність поставленої задачі, вирішення проблеми формоутворення варто розбити на кілька етапів:

- процес впровадження формуючого елемента заданої форми в листовий матеріал;
- поведінка матеріалу в процесі навантаження-розвантаження;
- оцінка формостійкості отриманої криволінійної поверхні під впливом зовнішнього середовища.

При цьому необхідно враховувати характер анізотропії властивостей деформуючого матеріалу і накладення на нього процесу волого-теплової обробки.

Основні гіпотези і припущення при вирішенні цих задач.

1. При формуванні в'язко-пружний матеріал піддається простому навантаженню, для якого закон зв'язку напруг з деформаціями має такий вигляд:

$$\bar{S}_{ij} = \bar{d}_{ij}, \quad (1)$$

$$\sigma_i(t) = 2\mu \{e_i(\tau)\}_t^t, \quad (2)$$

$$\sigma_{ij}(t) = 3K \{e_{ii}(\tau)\}_t^t, \quad (3)$$

де \bar{S}_{ij} і \bar{d}_{ij} - направляючі тензори девіаторів напруг і деформацій;

σ_i і e_i - інтенсивності напруг і деформацій;

σ_{ii} і e_{ii} - гідростатичний тиск і об'ємна деформація;

μ і K - деякі нелінійні оператори.

2. Масові сили $F(M, t)$ і поверхнева сила $S_V(M, t)$ на частині поверхні, обмеженої поверхневим контактом, зростають на S_σ пропорційно одному параметру $\varphi(t)$:

$$F(M, t) = F^0(M) \cdot \varphi(t), \quad (4)$$

$$S_v(M, t) = S_v^0(M) \cdot \varphi(t), \quad (5)$$

3. Переміщення, задані на частині поверхні S_u ($S = S_0 + S_u$), що утворюється в процесі формування криволінійної поверхні, змінюються на S_u пропорційно іншому параметру $\psi(t)$:

$$U(M, t) = U^0(M) \psi(t), \quad (6)$$

4. Текстильний матеріал розглядається як в'язко-пружний анізотропний півпростір. Враховуючи це, ми розглянули формування криволінійної поверхні з анізотропного грузлого-пружного текстильного матеріалу ($Z \geq 0$), у який впроваджується асиметричне тверде тіло довільної форми $g(r)$. Вертикальне переміщення тіла $\alpha(t)$ може бути представлено у вигляді певної функції:

$$\begin{aligned} & \varphi(x, y, 0, t), \text{ тобто:} \\ & W_0(r, t) = W(x, y, 0, t) = \varphi(x, y, 0, t), \end{aligned} \quad (7)$$

Позначивши радіус контакту координатної поверхні $\alpha(t)$, визначимо граничні умови на поверхні півпростору $Z = 0$ у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} & W_0(r, t) = \alpha(t) + g(r) \\ & \text{для } r \leq a(t) \\ & W_0(r, t) > \alpha(t) + g(r) \\ & \text{для } r > a(t) \\ & \sigma_{x2} = \sigma_{y2} = \sigma_{22} = 0 \\ & \text{для } r > a(t) \\ & \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0; \sigma_{zz} \leq 0 \\ & \text{для } r \leq a(t) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Виражаючи вертикальні переміщення $W_0(\tau, t)$ через контактний тиск $P(x, y, t)$, рівний $[-\sigma_{zz}(x, y, 0, t)]$ умови контакту всередині $a(t)$ і поза радіусом контакту $a(t)$ запишуться у вигляді:

$$\int_{S_a^{\max}} \int \frac{\theta \{P\}_r^y dS}{R} = \alpha(t) + g(r), \quad (9)$$

$$\int_{S_a^{\max}} \int \frac{\theta \{P\}_r^y dS}{R} > \alpha(t) + g(r), \quad (10)$$

де $S_{a^{\max}}$ - коло поточного радіуса a_{\max} .

Поряд з цим варто врахувати, що контактний тиск поза радіусом і всередині радіуса дорівнює:

$$\left. \begin{aligned} & P(r, t) = 0 \\ & P(r, t) \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

У рівняннях (9,10) $a(t) = \max a(\tau)$ для $0 < \tau \leq t$, а θ - в'язко-пружний оператор, що узагальнює властивості текстильного матеріалу при взаємодії з формуючим органом.

При вирішенні контактної задачі теорії пружності замість умов (9,10) приймаються умови кінцевого тиску на границі області контакту $P(r, t)$.

З цих умов буде випливати кінцівка значень в'язко-пружного оператора і, навпаки, з кінцевих значень в'язко-пружного оператора буде випливати кінцівка тисків на границі області контакту:

$$\theta\{P(r, \tau)\}_t^t$$

Тоді в остаточному вигляді маємо такі граничні умови для в'язко-пружної задачі формування в середині $a(t)$:

$$\int_{S_a^{\max(t)}} \int \frac{\theta\{P(r, \tau)\}_t^t d\Sigma}{R} = \alpha(t) + g(r) \quad (12)$$

і поза $a(t)$:

$$P(r, t) = 0, \quad (13)$$

чи:

$$P(r, t) \text{ звичайно при } r = a(t), \quad (14)$$

$$\text{і } \theta\{P(r, t)\}_t^t \text{ звичайно при } r = a(t), \quad (15)$$

Радіус області контакту $a(t)$, що залежить від глибини проникнення формуючого органу в матеріал, вважаємо заданим.

З врахуванням вище сказаного, задача зводиться до визначення функції переміщення форми $\alpha(t)$, зміни контактного тиску $P(r, t)$, переміщення формуючого елемента $U(M, t)$ і напруг, що виникають у в'язко-пружному півпросторі $\sigma_i(M, t)$ і $\sigma_{ii}(M, t)$, що визначаються виходячи з граничних умов (12), (13), (14), (15).

Знаючи $P(r, t)$, знаходимо функцію $\varphi(x, y, z, t)$ з виразу:

$$\varphi(x, y, z, t) = \int \int_{\Omega^{\max(t)}_{z(t)}} \frac{\theta\{P(x', y', \tau')\}_t^t \cdot d\Sigma}{R} \quad (16)$$

З врахуванням (16), можемо знайти переміщення і напруги в в'язко-пружному просторі з виразів виду:

$$\left. \begin{aligned} U(M, t) &= \frac{1}{2}(1-\nu^*)^{-1}(1-2\nu^*) \int_z^\infty \frac{d\varphi}{dx} dz - \frac{1}{2}(1-\nu^*)^{-1} z \frac{d\varphi}{dx}; \\ U(M, t) &= \frac{1}{2}(1-\nu^*)^{-1}(1-2\nu^*) \int_z^\infty \frac{d\varphi}{dy} dz - \frac{1}{2}(1-\nu^*)^{-1} z \frac{d\varphi}{dy}; \\ W(M, t) &= \varphi(M, t) - \frac{1}{2(1-\nu^*)} \left\{ z \frac{d\varphi}{dz} \right\}_\tau^t; \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma_{xx}(M, t) &= 2\mu \left[\frac{v^*(1-v^*)(1-2v^*)}{(1-2v^*)} \frac{d\varphi}{dz} + \frac{1}{2}(1-v^*)^{-1}(1-2v^*) \int_z^\infty \frac{d^2\varphi}{dx^2} dz - \frac{1}{2}(1-v^*)^{-1} z \frac{d^2\varphi}{dx^2} \right]; \\
 \sigma_{yy}(M, t) &= 2\mu \left[(1-2v^*)^{-1} \cdot v^*(1-v^*)(1-2v^*) \frac{d\varphi}{dz} + \frac{1}{2}(1-v^*)^{-1}(1-2v^*) \int_z^\infty \frac{d^2\varphi}{dy^2} dz - \frac{1}{2}(1-v^*)^{-1} z \frac{d^2\varphi}{dy^2} \right]; \\
 \sigma_{zz}(M, t) &= 2\mu \left[\frac{1}{2}(1-v^*)^{-1} \frac{d\varphi}{dz} - \frac{1}{2}(1-v^*)^{-1} z \frac{d^2\varphi}{dz} \right]; \\
 \sigma_{yz}(M, t) &= -\mu(1-v^*)^{-1} \cdot z \frac{d^2\varphi}{dy \cdot dz}, \\
 \sigma_{xz}(M, t) &= -\mu(1-v^*)^{-1} \cdot \frac{d^2\varphi}{dx dz}, \\
 \sigma_{xy}(M, t) &= \mu \left[(1-v^*)(1-2v^*) \int_z^\infty \frac{d^2\varphi}{dx dy} dz - (1-v^*)^{-1} z \frac{d^2\varphi}{dx dy} \right],
 \end{aligned} \right\} (18)$$

тут $v^* = \frac{\lambda}{2}(\lambda + \mu)^{-1}$; λ, μ - константи Ляме.

Вирази (9), (10), (17), (18) отримані в результаті вирішення задачі про дію на границю в'язко-пружному напівпростору $Z \geq 0$ тіла, що створює нормальний тиск, розподіленого за деяким законом в області $\Omega(t)$ площини.

Слід зазначити, що константа θ не є константою в класичному змісті, а деяким оператором в'язко-пружності:

$$\theta = \frac{\lambda + 2\mu}{4\pi\mu(\lambda + \mu)},$$

у якій постійні Ляме також розглядаються як в'язко-пружні оператори. Отже, інтегрування функції $\theta\{r, t\}_r^t$ проводиться по області більшої кола радіуса $a(t)$ (у випадку формування чи сфери еліпсоїди). При цьому рівність (9) у межах цієї області повинна виконуватися.

Процес подальшого вирішення задачі розділяється на етапи в залежності від того, чи збільшується або зменшується область контакту. Вирішення цих задач буде здійснено на прикладі напівсферичних поверхонь деталей одягу.

Надійшла 9. 12. 2000 р.

УДК 687.016.5:572.087

О.П. ГЛАДУН, А.Л. СЛАВІНСЬКА
Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТИТУЦІЙНИХ ТИПІВ ТІЛОБУДОВИ ЖІНОК

Наведені основні координати морфологічної конституції тілобудови і запропоновані найбільш характерні морфологічні ознаки. Проведено кількісний та якісний аналіз останніх. Розглянуто конституційні теорії будови тіла і взаємозв'язок їх основних типів.

Дизайн одягу обумовлений зовнішньою формою та розмірами людського тіла і залежності від морфологічної будови окремих анатомічних відділів. Відповідно індивідуальні або індивідуально-типологічні особливості організму в медицині прийнято характеризувати габітусом або соматотипом [1]. Останні виражають сукупністю тотальних (загальних) та парціальних (часткових) розмірів тіла, що характеризують основні координати морфологічної конституції організму. До них належать координата вузько-широкоскладеності та кістково-м'язова, жирова. В антропології близькими до цих координат є кісткова, м'язова та жирова. Перша з них характеризує розвиток скелету за довжиною та шириною і відповідно вказує на тенденцію переважання лінійного та широтного росту. Вона є досить стабільною завдяки збереженню форми та розмірів усіх кісток скелету, і найбільш об'єктивно характеризується співвідношенням габаритних параметрів розчленувань тіла по поздовжніх та поперечних осях, тобто його пропорціями [2].

Найбільш поширеним методом оцінки пропорцій є метод індексів, за яким менший розмір (як правило ширина плечей та довжина кінцівок) виражається у відсоткових долях більшого (загальної довжини тіла або корпусу) [3]. За цим співвідношенням побудовані класифікаційні системи Бунака В.В. та Башкірова П.М.

Однак, як показали найновіші дослідження, метод індексів має певні недоліки, оскільки він не враховує залежності окремих розмірів тіла від його загальної довжини. Тому при характеристиці пропорцій необхідно не лише враховувати співвідношення окремих частин тіла, але приводити їх до однієї довжини тіла [3] (метод регресії).

Такий підхід є більш коректним, оскільки враховує неоднакові за силою зв'язки окремих ознак, як між собою, так і з тотальними розмірами тіла.

Кістково-м'язова та жирова координата визначається головним чином варіаціями розвитку основних компонентів сом (жирової, кісткової, м'язової, шкіряної тканини та тканини внутрішніх органів) Окрім загальноприйнятого антропометричного (за допомогою формул) методу характеристики компонентів сом в останні роки використовують найновіші методи їх оцінки. Це бальна оцінка, метод "фракціонування" (непряма оцінка на основі антропометрії за спеціально розробленими формулами); рентгенографічні, біохімічні, біофізичні. До числа непрямих методів відноситься також оцінка розвитку жирової компоненти на основі питомої ваги тіла, обернено пропорційної до ступеню розвитку жировідкладень.[2]

Особливий інтерес представляють рентгенографічний метод та метод ізотопів, які дають можливість виміряти товщину жирового шару, м'язів та кісток, описати ступінь мінералізації останніх, визначити вміст води, загального жиру і кліткової маси [4].

Кісткова та м'язова координати є найбільш стабільними компонентами сом, форма і розміри який формуються в період розвитку організму і залишаються мало змінними протягом усього життя.

Кісткова координата обумовлює будову та розміри усіх кісток скелету і тому впливає на формування типу пропорцій та постави людини. М'язова координата більше впливає на формування зовнішньої форми усіх частин тіла і тому характеризує тип тілобудови.

Жирова тканина, яка розташовується в підшкірній клітковині та на внутрішніх органах людини є найбільш лабільною і такою, що легко визначається [5]. Вона перш за все обумовлює зовнішню форму тіла та пластику його поверхні і тому зазвичай характеризує тип тілобудови [6].

Кількість, розміри та місце локалізації жирової компоненти визначається характером індивідуальної мінливості і залежить від статі та віку. Відповідно в медичних конституційних теоріях виділяють два основні типи топографічного розташування жирових клітин: "андройдний" (чоловічий) – з переважною локалізацією жиру на ділянці тулуба, із незначними жировими відкладеннями, які легко поповнюються і зникають час від часу; "гіноїдний" (жіночий) -- з розташуванням жирових клітин зазвичай більших і стабільніших метаболічно

не лише на ділянках черева, але й на стегнах, сідницях. Обидва ці типи зустрічаються серед жінок з різною частотою [2].

Найпоширенішою характеристикою жирової координати є конституційна система Шкерлі Б. [6], яка враховує не лише ступінь розвитку, але й місце локалізації жировідкладень (по всьому тілу і на окремих його ділянках). За цією теорією конституційні типи прирівнюються до векторів, тоді як в класичній антропології їх прийнято класифікувати за типами або групами. Векторний підхід дає можливість структурувати інформацію в певному напрямку.

За теорією Шкерлі Б. перший вектор характеризує рівномірний розподіл жиру по всьому тілу, ступінь розвитку якого може бути нормальною (N), слабкою (L -- лептосомний, від грец. -- “leptos”, тонкий), та надмірною (R - “рубенівський” тип) [6]. Другий нерівномірний розподіл жиру у верхній (S - від лат. -- “superior”, верхній) та нижній (I - від лат. -- “interior”, нижній) частинах тіла. Третій -- локалізацію жирових відкладень на тулубі (Tr - від лат. -- “truncus”, тулуб) та кінцівках (Ex - від лат. “extremitas”, кінцівка). Четвертий вектор є додатковим і характеризує надмірний розвиток жировідкладень на окремих ділянках тіла: на грудях (M -- від лат. - “mamma”, жіночі груди), стегнах, сідницях.

Для окремих досліджень в галузі медицини, антропології та психології використовують більш повні класифікаційні системи (вітчизняних антропологів Галанта І.Б., Штефко В.Г.—Островського А.Д., Черноруцького М.В., німецького психіатра Кречмера Е., американського психолога Шелдона У., італійця Сіго К).

Перераховані класифікації є більш об’єктивними та інформативними, оскільки будуються на вивченні не однієї морфологічної ознаки (як попередні), а на їх комбінації і поєднанні з окремими морфологічними ознаками (формою та розмірами грудної клітки, тазу, черева, обличчя). Комбінація морфологічних ознак в основних координатах морфологічної конституції, які зустрічаються в медичних та антропологічних теоріях тілобудови наведена на рис. 1.

Принцип підбору і комбінації морфологічних ознак в основних конституційних теоріях також різноманітний. Це підтверджує діаграма співвідношення морфологічних ознак в конституційних схемах тілобудови (рис.2). В класифікаціях лікарів та психіатрів Сіго К., Кречмера Е, Шелдона У. їх розглядають з точки зору вимог медицини: розвитку функціональних систем організму людини, загального фізичного розвитку тіла. В конституційних схемах антропологів Шкерлі Б., Галанта І.Б., Штефко В.Г.—Островського А.Д., Черноруцького М.В. більш поширеними є такі координати, які дозволяють охарактеризувати конституційні типи тіла людини, його пропорції та розвиток основних компонентів соми.

Координати морфологічної конституції				
Тотальні морфологічні ознаки	1	Зріст	×	×
	2	Периметр грудної клітки		
	3	Маса		
	4	Довжина обличчя	×	
	5	Ширина обличчя		
	6	Довжина шиї	×	

Кісткова координата (вузько-широко- складеності)	7	Ширина шиї	×	×	
	8	Ширина плечей	×	×	
	9	Довжина тулуба			
	10	Довжина грудної клітки	×	×	
	11	Ширина грудної клітки	×	×	
	12	Ширина тазу			
	13	Довжина верхніх кінцівок	×	×	
	14	Довжина кисті			
	15	Ширина кисті			
	16	Довжина нижніх кінцівок	×	×	
	17	Довжина стопи			
	18	Ширина стопи			
	Жирова координата	19	Ступінь розвитку	×	×
		20	Місце локалізації		
	М'язова координата	21	Ступінь розвитку	×	×
				Медичні конституційні теорії	Антропологічні конституційні теорії

Рис. 1. Класифікаційна схема координат морфологічної конституції тілобудови

Окремо враховують психофізичні та психологічні особливості індивідів і відповідно характеризують основні риси обличчя, загальний розвиток тіла та окремі риси характеру.

Класифікація Черноручького М.В. вважається єдиною системою, яка враховує абсолютно всі тотальні морфологічні ознаки (рис. 2). В інших типологіях така характеристика відсутня, або врахована лише одна із цих ознак (як правило загальна довжина тіла).

Повна характеристика всіх морфологічних ознак, які представляють кісткову координату зустрічається лише в класифікації Кречмера Е. (рис. 2.б), тоді як в типологіях Сіго К. (рис. 2.в) та Галанта І.Б. (рис. 2.г) врахована основна їх більшість.

Найменш об'єктивними щодо характеристики кісткової координати є класифікації Шелдона У. (рис. 2.д), Черноручького М.В. (рис. 2.а) та Штефко В.Г. – Островського А.Д. (рис. 2.е), оскільки вони враховують найменшу кількість морфологічних ознак.

Основна частина класифікаційних систем побудована на врахуванні ступеню розвитку жирової та м'язової координати і лише система Галанта І.Б. (рис. 2.г) та Штефко В.Г. – Островського А.Д. враховує місце локалізації жирівідкладень по всьому тілу і на його окремих ділянках.

При вивченні кореляційної залежності основних компонентів семи медики досить часто користуються парціальною кореляцією, яка дозволяє визначити ступінь впливу одного розміру на взаємозв'язок двох інших [7]. Такий підхід є абсолютно раціональним при визначенні взаємозв'язків основних координат конституції в типологічних групах тілобудови.

Щодо кількісної характеристики морфологічних ознак, то основна їх більшість використовується для характеристики як медичного, так і антропологічного аспекту конституції. Частота зустрічності перших в різних конституційних теоріях представлена у вигляді полігону на рис. 3.

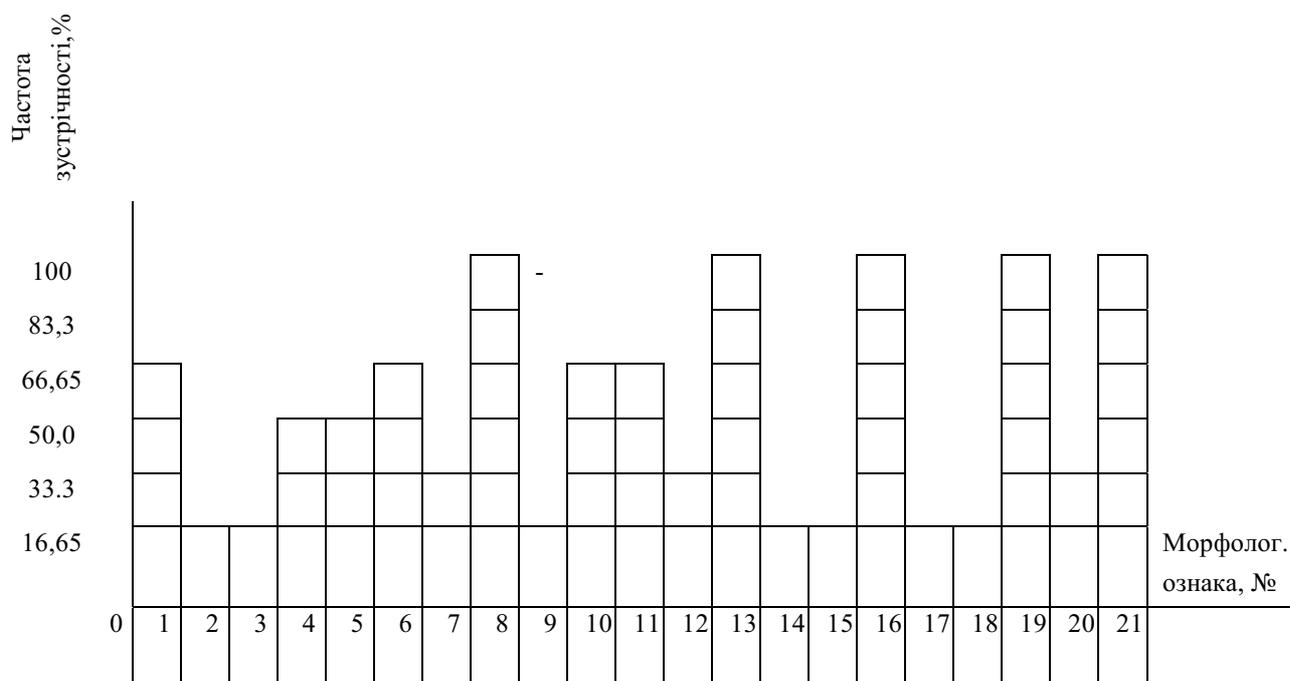
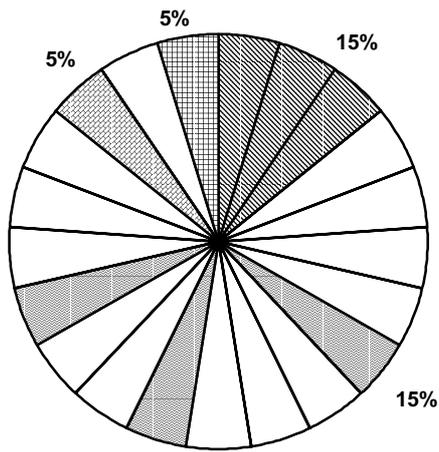


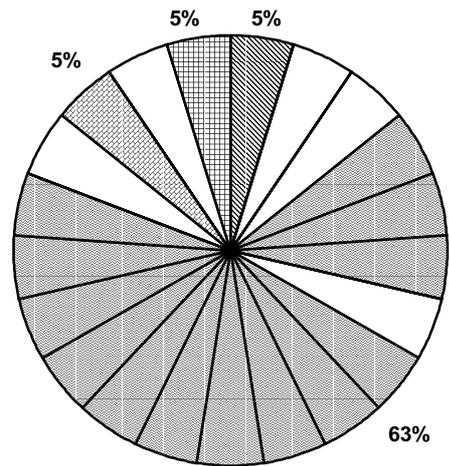
Рис.3 Частота зустрічності морфологічних ознак в конституційних системах тілобудови

Із групи тотальних морфологічних ознак найбільш вживаною є загальна довжина тіла. Кісткову координату найкраще представляють шириною плечей, довжиною верхніх та нижніх кінцівок. Досить часто її доповнюють характеристикою довжини шиї, довжини та ширини грудної клітки. Ступінь розвитку підшкірно-жирового шару та м'язової тканини враховують абсолютно в усіх конституційних теоріях.

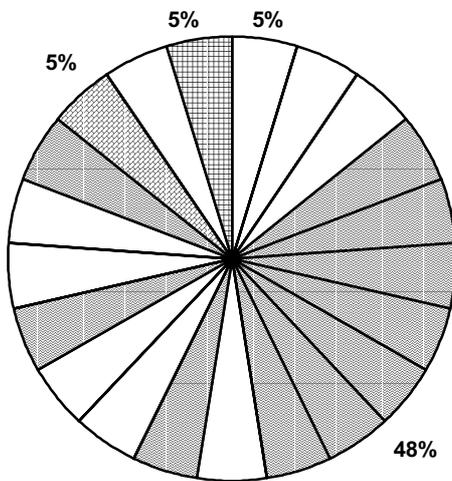
Відповідно всі конституційні схеми є 3-,4-членними (рис. 2) (в залежності від кількості основних координат) і включають переважно три типи конституції: вузько-, нормально-, ширококладений. Схема



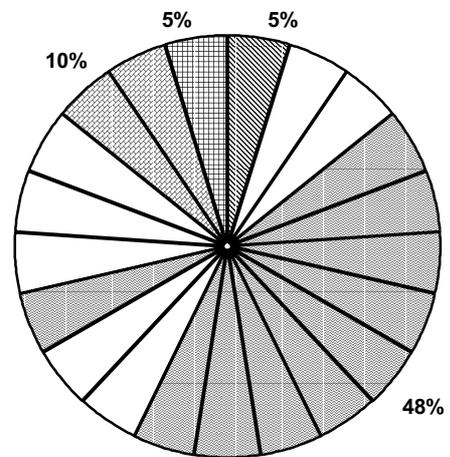
а) Чернорутський М.В.



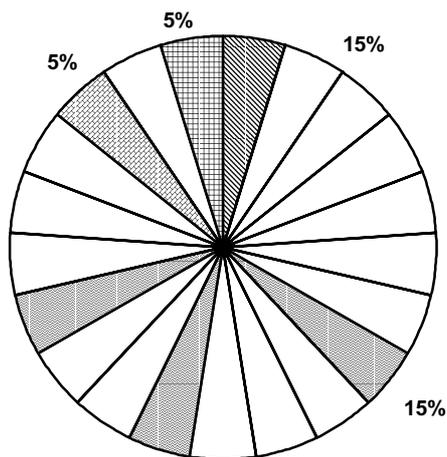
б) Крегмер Е.



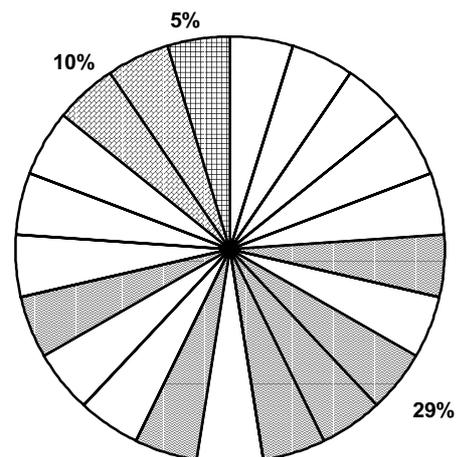
в) Сіго К.



г) Галант У.Б.



д) Шелдон У.



е) Штефко В.Г. – Островський А.Д.



Тотальні розмірні ознаки

Морфологічні ознаки жирової координати



Морфологічні ознаки кісткової координати

Морфологічні ознаки м'язової координати

Рис. 2. Діаграма співвідношення морфологічних ознак в конструкційних схемах тілобудови

Штефко В.Г. – Островського А.Д. передбачає виділення проміжних типів, які на практиці включають до числа тих основних, особливості яких переважають [8].

Серед робочих жіночих конституцій класифікація Галанта І.Б. визнана однією із самих вдалих, оскільки включає найбільшу кількість основних типів і автоматично виключає необхідність виділення проміжних. Перші згруповані в три категорії залежно від переваг лінійного або широтного зросту або ж їх відсутності: лептосомні астенічні та стенопластичні); мезосомні (пікнічні та мезопластичні); мегалосомні (атлетичні, субатлетичні, еуріпластичні). Вони мають ряд аналогів в проаналізованих класифікаціях. В окремих випадках останні включають по два аналоги: перший є абсолютно ідентичним до одного із трьох основних типів, другий – характеризується відмінностями окремих морфологічних ознак. Їх загальна характеристика наведена в табл.1.

Наприклад, в теорії Штефко В.Г. – Островського А.Д. виділено торакальний тип, який є близьким до групи мегалосомних конституцій (Галант І.Б.). Він характеризується більш видовженою грудною кліткою та великою життєвою ємністю легень. З цією ж теорією до групи мезосомних конституцій належать абдомінальний тип тілобудови, який має значно вужчу грудну клітку і менший ступінь розвитку підшкірно-жирового шару.[8].Згідно з класифікацією Сіго К. церебральний тип є близьким до групи лептосомних конституцій, але він відрізняється вужчим тулубом та коротшими кінцівками [9].

Таблиця 1

Характеристика основних типів тілобудови

Тип тілобудови	ВУЗЬКО-СКЛАДЕНИЙ	НОРМАЛЬНО—СКЛАДЕНИЙ	ШИРОКО-СКЛАДЕНИЙ	ДОДАТКОВИЙ
Класифікаційна система				
СІГО К.	Церебральний Респіраторний	Мускульний	Дигестивний	
КРЕЧМЕР Е.	Астенічний	Атлетичний	Пікнічний	Диспластичний
ШЕЛДОН У.	Ектоморфний	Мезопластичний	Ендоморфний	
ГАЛАНТ І.Б.	Лептосомний	Мегалосомний	Мезоморфний	
ШТЕФКО В.Г. – ОСТРОВСЬКИЙ А.Д.	Астеноїдний	Торакальний	Дигестивний Абдомінальний	Невизначений
ЧЕРНОРУЦЬКИЙ М.В.	Астенічний	Нормостенічний	Гіперстенічний	

В деяких конституційних системах спостерігається виділення додаткових типів: диспластичного (Кречмер Е.) та невизначеного (Штефко В.Г. – Островського А.Д.), які за набором морфологічних ознак не відносяться до будь-якого із трьох основних типів, оскільки мають різноманітні деформації тілобудови.

Для кожного із зазначених типів тілобудови доцільно розробити систему характерних йому морфологічних координат. Доповнення останніх параметричною характеристикою морфологічних ознак дає змогу визначити соматотип конкретного споживача на основі розмірів його тіла.

Література

1. Большая медицинская энциклопедия / Гл. ред. – М.: Сов. энциклопедия, 1986

2. Хрисанфова Е.Н. Антропология – М.: Изд-во МГУ, 1991
3. Рогинский Л. Л., Левин М.Г. Антропология – М.: Высшая школа, 1978
4. Зиневич Г. П. Человек изучает человека – К.: Наук. Думка, 1988
5. Дунаевская Т.Н., Коблякова Е.Б., Ивлева Г.С. Размерная типология населения с основами анатомии морфологии – М.: Легкая индустрия, 1973
6. Шершнева Л. П. Основы конструирования женской и детской одежды – М.: Легпромбытиздат, 1987
7. Воробьева Е.А. Анатомия человека – М.: Высшая школа, 1988
8. Иваницкий М.В. Анатомия человека – М.: Физкультура и спорт, 1985
9. Никитюк Б.А., Чтецов В.П. – М.: Морфология человека – М.: Изд-во МГУ, 1990

Надійшла 16. 12. 2000 р.

УДК 677. 861.

М.Л. КУЛИГИН, Т.В. ИВАНОВА

Херсонский государственный технический университет

НИЗКОМОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ГИДРОФОБНОГО И МАЛОУСАДОЧНОГО ЭФФЕКТА НА ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЯХ

У статті приведені результати дослідження можливості одержання комбінованого малоусадочного та гідрофобного ефекту на бавовняній тканині шляхом нанесення оздоблювальних складів способом розпилення.

Знайдено оптимальні оздоблювальні склади та запропонована низькомодульна ресурсозберігаюча технологія одержання комбінованого малоусадочного ефекту на бавовняній тканині, що забезпечує оптимальний баланс показників якості готової тканини одночасно з підвищенням економічної ефективності.

В последнее время большое внимание уделяется развитию способов полифункциональной заключительной отделке, при которой текстильным материалам придается целый комплекс необходимых потребительских свойств.

Хлопчатобумажные костюмные ткани согласно требованиям стандарта должны обладать свойством малоусадочности или гидрофобности, а в случае специального назначения тем и другим одновременно.

В данной работе изучена возможность применения низкомодульной технологии получения комбинированного гидрофобного и малоусадочного эффекта на хлопчатобумажных тканях арт.3188.

Для придания свойств гидрофобности использовали 50%-ную силиконовую эмульсию (136-157М) с солью циркония, а для стабилизации линейных размеров карбамол ЦЭМ с хлоридом аммония в качестве катализатора.

Изучено влияние концентрации компонентов отделочных составов, их природы на показатели качества ткани. Критерием оценки показателей качества готовой ткани служили: изменение линейных размеров при мокрой обработке, водопоглощение, водоупорность, устойчивость окраски к трению, устойчивость гидрофобного эффекта к химической чистке и к стирке и физико-механические показатели.

Отделочные составы наносили на ткань распылением на специально созданной установке и традиционным способом (пропитка на плюсовке). Привес ткани в мокром состоянии составлял 34-40 % и 80 % соответственно.

Полученные результаты показали, что по традиционному способу усадка по основе и утку (-3,5% и $\pm 2\%$) достигается при концентрации карбамола 50 г/л, а по способу распыления 100 г/л.

Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что отделка солью циркония концентрации 5-20-40-60-80 г/л сообщает высокий эффект гидрофобности (300 мм. вод. ст., 30 Па).

Таблиця 1

Влияние природы и концентрации компонентов в отделочных составах на показатели качества.

Варианты составов	Компоненты композиций	Концентрация, г/л				
		Варианты обработки				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
1	Ацетат циркония	5	20	40	60	80
	Водопоглощение, %	26,5	24,2	24,0	23,2	21,1
	Устойчивость окраски к трению	5/3	5/3	5/3	5/2	5/2
2	Ацетат циркония	5	20	40	60	80
	Карбамол ЦЭМ	50	50	50	50	50
	Хлорид аммония	3	3	3	3	3
	Водопоглощение, %	69,7	58,5	48,5	46,9	42,4
	Устойчивость окраски к трению	5/4	5/4	5/3	5/3	5/3
3	Ацетат циркония	5	20	40	60	80
	Карбамол ЦЭМ	50	50	50	50	50
	Хлорид аммония	5	3	3	3	3
	Силиконовая эмульсия	60	60	60	60	60
	Водопоглощение, %	88,6	60,3	49,3	47,2	43,8
	Устойчивость окраски к трению	5/5	5/5	5/5	5/4	5/4
4	Ацетат циркония	5	20	40	60	80
	Карбамол ЦЭМ	50	50	50	50	50
	Хлорид аммония	3	3	3	3	3
	Закрепитель У-2	50	50	50	50	50
	Водопоглощение, %	49,3	47,9	44,1	43,5	42,9
	Устойчивость окраски к трению	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
5	Ацетат циркония	5	20	40	60	80
	Карбамол ЦЭМ	50	50	50	50	50
	Хлорид аммония	3	3	3	3	3
	Силиконовая эмульсия	60	60	60	60	60
	Закрепитель У-2	50	50	50	50	50
	Водопоглощение, %	76,3	66,7	55,3	48,6	45,4
	Устойчивость окраски к трению	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5

Однако при этом отделанная ткань характеризуется низкой устойчивостью окраски к трению и недостаточной устойчивостью гидрофобного эффекта к химической чистке. Комбинированные составы на основе силиконовой эмульсии с солью циркония и карбамолом позволяют при определенном

соотношении компонентов получить одновременно эффект малоусадочности и гидрофобности и хорошую устойчивость окраски ткани к трению и мокрым обработкам.

Наиболее высокие показатели по устойчивости к стирке и трению получены при введении в отделочный состав закрепителя У-2. В табл. 2 приведены оптимальные отделочные составы для нанесения традиционным способом и распыления.

Таблица 2

Отделочные составы

Наименование Препаратов	Вид отделки, концентрация препарата, г/л			
	МАПС		МАРС	
	Плюсование		распыление	
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Силиконовая эмульсия (136-157М) 50%-ная	60		100	
Ацетат циркония	40		60	
Карбамол ЦЭМ	50	50	100	100
Хлорид аммония	3	3	5	
Плувиолон БА		60		100
Уксусная кислота (70%-ная)		до рН 4-4,5		до рН 4-4,5

Для определения эффективности применения разработанных композиций было проведено сопоставление с препаратом Плувиолон БА (фирма Бёме).

Данные, характеризующие основные показатели качества: гидрофобность и изменение линейных размеров при мокрой обработке тканей (табл. 3, 4) свидетельствуют о том, что необходимый эффект достигается по всем исследуемым вариантам.

Таблица 3

Физико-механические показатели обработанных тканей

Вариант Обработки	Изменение Линейных размеров при мокрой обработке, %		Разрывная Нагрузка, Н		Стойкость к истиранию, в циклах	Воздухопроница емость, дм/м ² с
	основа	уток	Основа	уток		
1	-3,2	-1,4	470	448	4563	105
2	-3,3	-1,3	433	443	4359	104
3	-3,1	-1,2	451	445	4612	104
4	-3,0	-1,3	455	529	4452	111

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что свойства ткани, подвергнутой отделке способом распыления не отличается значительно от свойств ткани, отделанной по традиционной технологии.

При выборе наиболее эффективного отделочного состава предпочтение следует отдать композиции на основе силиконовой эмульсии с солью циркония и карбамолом ЦЭМ, поскольку устойчивость окраски к сухому трению, к стирке и гидрофобного эффекта и химической чистке выше чем у ткани, обработанной Плувиолоном БА.

Таким образом, в результате исследований найдены композиции отделочных составов и предложена низкомолекулярная технология получения комбинированного малоусадочного эффекта на хлопчатобумажной ткани, обеспечивающая оптимальный баланс показателей качества одновременно с повышением экологической эффективности.

Таблица 4

Показатели качества обработанных тканей

Варианты обработки	Водоупорность, Па (мм. вод. Ст.)	Устойчивость Гидрофобного эффекта, Па (мм. вод. ст.)		Устойчивость окраски, в баллах	
		к стирке	химчистке	к стирке	Химчистке
Способ плюсования					
1	20 (200)	16 (160)	18,4 (160)	5/5 ин/4	5/4
2	23 (230)	17 (170)	15,2 (152)	5ин/4	5/4
Способ распыления					
3	21 (210)	16 (160)	17,8 (178)	5/и/5	5/4
4	22 (220)	16,5 (165)	15,0 (156)	5ин/5	5/4

Надійшла 28. 11. 2000 р.

УДК 658.512.2(075.8)

В.В. СЬОМКІН

Національний науково – дослідний інститут Дизайну, м. Київ

КЛАСИФІКАЦІЯ СПЕЦІАЛІЗАЦІЙ І ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ СПЕЦІАЛІЗАЦІЙ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ “ДИЗАЙН”

Запропонована система спеціалізацій зі спеціальності “Дизайн”, яка містить в собі інтегрований досвід формування спеціалізацій зі спеціальності “Дизайн” у вищих навчальних закладах України.

З цією метою було проведено дослідження проблеми спеціалізацій спеціальності “Дизайн” на основі порівняльного аналізу різноманітних навчальних планів, осмислення функцій, знань та умінь з багатьох спеціалізацій (в існуючих в практиці термінах).

Для обговорення викладені у скороченому вигляді результати цієї розробки.

Одним з вирішальних питань удосконалення і підвищення якості освітнього дизайнерського процесу є систематизація спеціалізацій зі спеціальності “Дизайн” з урахуванням досвіду підготовки фахівців з дизайну в навчальних закладах дизайнерського спрямування.

Все велике різноманіття спеціалізацій в галузі дизайну, які знайшли своє відображення в освітньому процесі, можна узагальнити і розподілити на наступні класифікаційні групи.

Перша група – спеціалізації такі, що вже склалися за багато років, мають чітку орієнтацію на об’єкти дизайну, широку розгалуженість спрямувань цієї діяльності а також багаторічний досвід підготовки фахівців з цих спеціалізацій на терені України, колишнього СРСР а також ведучих держав світу – це такі спеціалізації:

- Промисловий дизайн ;

- Графічний дизайн;
- Дизайн середовища.

Друга група – яка об'єднує спеціалізації з порівняно невеликим терміном існування а також чітко вираженою орієнтацією на сучасну техногенну проблематику (відповідно на об'єкти, що розташовані і функціонують в полі впливу факторів, притаманних такій проблематиці) з акцентним врахуванням людського фактору – це:

- Ергодизайн;
- Екологічний дизайн (екодизайн).

Третя група – це такі спеціалізації, які мають семантично інтегруючі асоціативні назви і об'єднують відповідні близькі за характером і специфікою діяльності спрямування - це:

- Художнє моделювання;
- Артдизайн.

Розглянемо, в першу чергу, спеціалізацію “Художнє моделювання”, яка об'єднує модельєрів різних спрямувань, тобто працюючих з специфічними об'єктами (наприклад, швейного та взуттєвого виробництва) та матеріалами. Це спеціалізація “Художнє моделювання”, яка сформувалась в такому інтегруючому вигляді саме на терені України і логічно вписується в запропоновану класифікацію спеціалізацій (з урахуванням всього різноманіття її спрямувань).

Вимагає дещо ширшого обґрунтування доцільність такого об'єднання різноманітних спрямувань спеціалізацій під терміном “Артдизайн”.

Під спеціалізацією “Артдизайн” пропонується об'єднати цілий ряд спрямувань, які порівняно довго претендували на окремі спеціалізації, наприклад, фітодизайн, дизайн тканин і таке інше.

Існуючі сьогодні спрямування промислового дизайну характеризуються в першу чергу пріоритетністю художньої складової в дизайн–розробці об'єктів, підкресленими взаємозв'язками з ремісничими витоками декоративно - прикладного мистецтва, з досвідом допроектаного малосерійного виробництва, з практикою, зокрема, етнодизайну.

Врахування такої спеціалізації дозволяє, крім вже внесених в перелік спрямувань, занести, наприклад, ще дизайн меблів. Це будуть меблі не ті, що включені в спеціалізацію “Промисловий дизайн”, а індивідуальні, унікальні за розробкою високохудожні меблі, можливо, наприклад, як виставкові зразки, які відображають погляд автора на тенденції розвитку цих виробів і таке інше.

Четверта група – це такі спеціалізації, які на терені України на сьогодні тільки починають існування і ще не знайшли свого достатнього відображення в освітньому процесі, а саме:

- Дизайн культурного і природного ландшафту;
- Дизайн віртуальної реальності.

Дизайн культурного і природного ландшафту має своє визнання в освіті і практиці деяких зарубіжних держав дещо під іншою назвою “Ландшафтний дизайн”. Але з метою чіткого термінологічного відокремлення дизайн–діяльності в цій сфері пропонується прийняти саме назву спеціалізації “Дизайн культурного і природного ландшафту” в порівнянні з існуючою в архітектурі спеціалізацією “Ландшафтна архітектура”.

Спеціалізація “Дизайн віртуальної реальності” існує під назвою “Комп'ютерний дизайн”.

Поняття “віртуальна реальність” сформувалось у сфері комп'ютерної діяльності і охоплює дизайн – об'єкти, які характеризуються існуванням в уяві, на екранах моніторів, телевізорів, кінотеатрів чи у видовищному просторі масових культурних заходів і таке інше. Тобто, до цієї спеціалізації можна щонайменше віднести такі спрямування: “Дизайн видовищних заходів”; “Дизайн тривимірної анімації”; “Футуродизайн”. Таким чином, можна стверджувати, що термін “Комп'ютерний дизайн”, який ще донедавна претендував на спеціалізацію, не має права на існування як спеціалізація, тому що комп'ютер в цьому разі не об'єкт дизайнерської діяльності, а тільки ефективний інструмент у вирішенні завдань щодо спеціалізації. Тому більш доцільною є назва “Дизайн віртуальної реальності”.

Ще декілька слів про термін “Регіональний дизайн”, який теж розглядався деякий час як потенційна спеціалізація в галузі дизайну. Світова практика підготовки спеціалістів в галузі дизайну свідчить, що є своя специфіка в деяких підходах по дизайн–процесу, а головне в результатах цієї діяльності, наприклад, в таких державах, як Японія, Німеччина, США, Італія та в інших промислово розвинених державах. Але освітня підготовка дизайнерів в цих державах містить в собі однакові базові знання та уміння, хоч відображає традиції, досвід і специфіку професійних шкіл цих держав. Коли мова йде про регіони, наприклад, України і акцентується увага на наявності так званого “регіонального дизайну”, то під цим не може бути таких значних особливостей дизайну цих регіонів, щоб можна було говорити, що спеціалізація, яка може мати свою специфіку формування знань і умінь по відношенню до інших регіонів. Тобто, підготовка фахівців з дизайну в таких розвинених країнах, що названі вище, не несе в собі конфронтуючих особливостей, які б дозволили говорити про спеціалізацію в дизайні, наприклад, японську, італійську та ін., незважаючи на те, що в навчальних планах, методології і методики освітнього процесу є і можуть бути свої особливості.

Враховуючи викладене, пропонується система спеціалізацій зі спеціальності “Дизайн”, яка містить в собі інтегрований досвід формування спеціалізацій зі спеціальності “Дизайн” у вищих навчальних закладах України (табл. 1).

Таблиця 1.

Система спеціалізацій зі спеціальності “Дизайн”

Напря́м	Спеціальність	Спеціалізація	Спрямування
1	2	3	4
МИСТЕ ЦТВО	ДИЗАЙН	Промисловий дизайн	• Дизайн машинобудівної техніки
			• Дизайн в літакобудуванні
			• Дизайн транспортних засобів
			• Дизайн меблів
			• Дизайн електропобутової техніки та світильників
			• Дизайн товарів широкого споживання
			•
		Графічний дизайн	• Дизайн газетно – журнальної графіки
			• Дизайн візуальних комунікацій
			• Дизайн промислової графіки
			•
		Дизайн середовища	• Дизайн міського та сільського середовища
			• Дизайн житлового і культурно – побутового середовища
			• Дизайн промислового середовища
			• Дизайн виставково – ярмаркового середовища
		•	
		Ергодизайн	• Дизайн космічної техніки
			• Дизайн об’єктів керування і контролю техногенно небезпечного середовища
			•
		Екологічний дизайн	•
		Художнє	• Художнє моделювання костюма

		моделювання	• Художнє моделювання трикотажних виробів
			• Художнє моделювання видовищного костюма
			• Художнє моделювання взуття та виробів із шкіри
			• Дизайн швейних виробів
			• Дизайн виробів легкої промисловості
			•
		Артдизайн	• Дизайн декоративно – прикладних виробів з металу
			• Фітодизайн
			• Дизайн декоративно – прикладних виробів з дерева
			• Дизайн декоративно – прикладних виробів з кераміки та скла
			• Дизайн декоративно – прикладних виробів з шкіри та синтетичних матеріалів
			• Дизайн тканин
			• Дизайн сувенірів
			• Дизайн ювелірних виробів
			• Фотодизайн
			•
		Дизайн культурного і природного ландшафту	• Дизайн садибного середовища
			• Дизайн садово – паркового середовища
			• Дизайн природного ландшафту
			•
Дизайн віртуальної реальності	• Дизайн видовищних заходів		
	• Дизайн тривимірної анімації		
	• Футуродизайн		
	•		

Запропонована система характеризується прозорістю, семантичною обґрунтованістю, їй притаманна здатність до саморозвитку і вона дозволяє вбудувати в систему будь – які майбутні спрямування дизайн – діяльності, а може і нові спеціалізації.

Надійшла 3. 1. 2001 р.

ВИВЧЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПЕЦОДЯГУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА ГІГІЄНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Визначено умови експлуатації спецодягу на Хмельницькому виробничому об'єднанні "Термопластавтомат". Досліджувались зміни гігієнічних властивостей матеріалів, з яких пропонується виготовляти виробничий одяг. Для досліджень було використано тривиди артикулів спеціальних тканин. За результатами дослідів встановлено, що під час експлуатації гігієнічні властивості виробничого одягу зменшуються.

Створення високоякісного спецодягу, який би відповідав усім вимогам в залежності від його призначення і області застосування – важливе завдання виробника. Провідну роль у створенні спецодягу, що відповідає вимогам виробництва, відіграє правильний вибір матеріалів для його виготовлення, побудований на об'єктивній та всебічній оцінці властивостей матеріалів за допомогою методів та приладів, що моделюють умови експлуатації спецодягу. Тому в процесі виробництва захисного одягу перед вибором обладнання та способів обробки вузлів і навіть перед вибором моделей та матеріалів, з яких буде виготовлятися даний виріб, проводиться детальне вивчення робіт, які виконують робітники окремого цеху, умови, в яких вони працюють.

На Хмельницькому виробничому об'єднанні "Термопластавтомат" можна виділити три види робіт: розробка та виготовлення прес-форм для литтєвого пресування, виготовлення виробів із пластмас та ремонтно-налагоджувальні роботи.

Для виготовлення прес-форм використовують вуглеводні ванни та леговані сталі, обробляють їх на фрезерних та токарних станках. В результаті обробки утворюється стружка температурою 500-600⁰ С. Вона може пошкодити шкіру робітника. Також на даному підприємстві відбувається безпосереднє виготовлення виробів із пластмас за допомогою прес-форм. Вихідним матеріалом для виготовлення пластмас є поліетилен, розплавлені пари якого є шкідливими для здоров'я людини. При виконанні ремонтно-налагоджувальних робіт для зменшення тертя між деталями машин використовують силіконове мастило, яке забруднює поверхню одягу.

В результаті аналізу умов праці на даному підприємстві визначено найбільш небезпечні ділянки виробництва: установка прес-форми, приготування суміші з поліетилену та фарбника, подання розплавленої суміші у прес-форму, вилучення та зачистка готового виробу, змашування відкритих частин та ремонт обладнання.

Для захисту робітника від вище перерахованих виробничих факторів необхідно розробити спецодяг з матеріалів, стійких до дії вологи і високих температур, які володіють достатніми захисними та гігієнічними властивостями. Ці властивості мають однаково важливе значення під час експлуатації виробничого одягу, так як їх задовільні показники гарантують комфорт і безпеку робітників. Як захисні, так і гігієнічні властивості спецодягу складаються з комплексу показників, що в цілому характеризують ту чи іншу властивість. Так, наприклад, на захисні властивості впливають розривне та роздираюче навантаження, стійкість до дії пропалювання та термостійкість. Гігієнічні властивості визначають здатність одягу створювати і підтримувати в підодяговому шарі необхідні комфортні умови. До гігієнічних властивостей матеріалів відносяться: гігроскопічність, водопоглинання, повітря- і пилепроникність.

В процесі експлуатації на виробничий одяг робітників, що виготовляють вироби із пластичних мас, діють такі фактори: механічне тертя частин одягу між собою та з обладнанням; вплив пилу, бруду, мастил, часток полімерного лиття. Також даний виріб періодично, час від часу, підлягає пранню. В

цьому випадку відбувається зміна властивостей одягу від дії на нього миючих засобів, тертя, кручення, дії високих температур прасуючої поверхні. В результаті цього відбувається зношення одягу, що перш за все позначається на зміні гігієнічних та захисних властивостей спецодягу. Вже раніше відбувалися деякі дослідження щодо зміни захисних властивостей даного спецодягу, зокрема розглядалися зміни розривного і роздираючого навантаження та жорсткості. І було встановлено, що величини цих показників змінюються з часом в залежності від кількості обробок (забруднення з послідовним пранням). Тому доцільним буде розглянути зміну гігієнічних властивостей матеріалів в залежності від кількості обробок.

У вищесказаному були зазначені основні показники гігієнічних властивостей матеріалу. Так як на даному підприємстві умови праці відповідають встановленим санітарним нормам і правилам, тобто забрудненість і рух повітря та максимальна вологість не перевищують допустимих параметрів, то немає особливої потреби у дослідженні даного одягу на повітропроникність, водопоглинання. В даному випадку особливу увагу слід звернути на гігроскопічність даного виду одягу. Гігроскопічні властивості характеризують здатність текстильних матеріалів поглинати і віддавати водяні пари і воду, що значно впливає на комфорт і гарне самопочуття працюючих.

Для проведення експериментальних досліджень зміни властивостей матеріалів для виготовлення спеціального одягу в даній роботі застосовувались стандартні методи [1, ст. 195; 2, ст. 218]. В результаті проведеного експерименту отримано залежність зміни гігроскопічних властивостей матеріалу від кількості обробок. На процес поглинання суттєво впливає хімічний склад волокноутворюючих полімерів, з яких виготовлені текстильні матеріали. В залежності від кількості гідроксильних груп полімеру, текстильні волокна при однакових умовах мають більшу чи меншу здатність поглинати водяні пари і вологу. Проводячи аналіз графіка залежності гігроскопічності від кількості обробок (рис.1), можна сказати, що гігроскопічність матеріалів змінюється однаково. Її зменшення зумовлене забрудненням матеріалу, внаслідок чого, напевно, “закриваються шпари” тканини. Найменшу гігроскопічність має тканина з домішками поліефірних волокон. Після першого та другого прання також спостерігається зменшення гігроскопічності матеріалу. Напевно, це пояснюється зменшенням міжмолекулярної відстані у волокнах внаслідок вилучення вологи під час прання. З наступними обробками бруду, що осідає на поверхні одягу, залишається все більше, так як миючі засоби не здатні повністю видалити усі виробничі мастила з поверхні матеріалу.

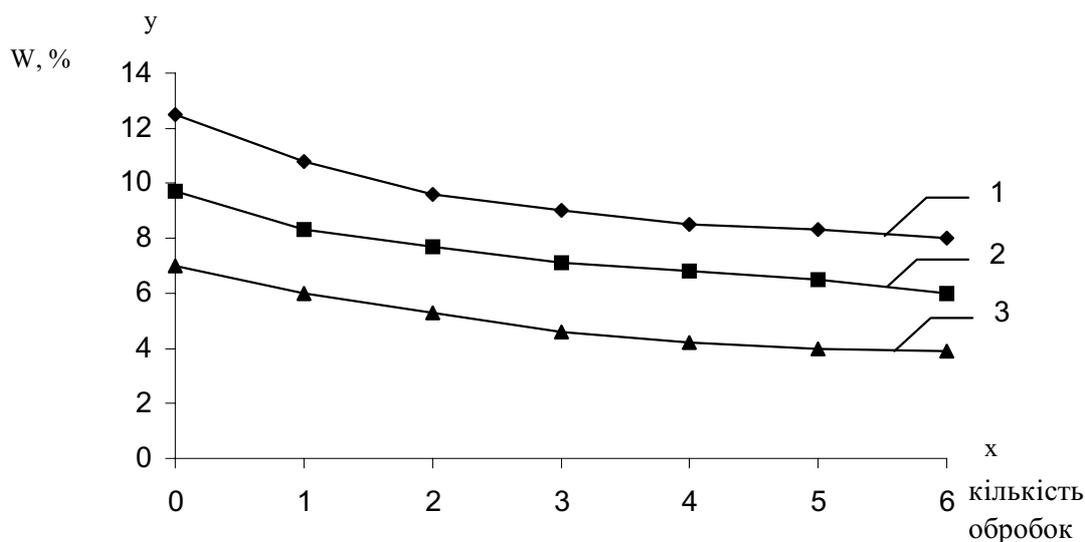


Рис.1. Залежність гігроскопічності від кількості обробок тканин: 1-арт.3020; 2-арт.9022; 3-арт.С1-Л-ЕХ.
Зміна гігроскопічності для всіх артикулів тканини описується рівнянням

$$Y=A+BX^n, \quad (1)$$

де Y - гігроскопічність, %;

X - кількість обробок пранням;

A, B - постійні коефіцієнти рівняння зв'язку, значення яких різні для тканин різних артикулів;

n - показник степеня.

Рівняння отримано в результаті апроксимації експериментальних даних на ПЕОМ. Графік залежності (1) представлено на рис.1.

Проводячи аналіз графіка (рис.1), можна сказати, що гігроскопічність матеріалів змінюється за однаковою закономірністю, але для тканин різних артикулів ця зміна неоднакова. Це пояснюється тим, що на процес поглинання суттєво впливає хімічний склад волокноутворюючих полімерів, з яких виготовлені текстильні матеріали. В залежності від кількості гідроксильних груп полімеру, текстильні волокна при однакових умовах мають більшу чи меншу здатність поглинати водяні пари і вологу. Зменшення гігроскопічності зумовлене забрудненням матеріалу, внаслідок якого, напевне, "закриваються шпари" тканини. Причому забруднення матеріалу залежить також від волокнистого складу, поверхні та переплетення матеріалу. Найменшу гігроскопічність має тканина з домішками поліефірних волокон, діагоналевого переплетення, на поверхні якої залишається найбільше бруду. Тканина з найбільшими домішками натуральних волокон полотняного переплетення має найвище значення показника гігроскопічності. Після першого та другого прання гігроскопічність різко зменшується внаслідок зменшення міжмолекулярної відстані волокон, зсідання матеріалу. Із збільшенням кількості обробок підвищення гігроскопічності не спостерігається. Напевно, це можна пояснити тим, що незважаючи на прання, внаслідок якого вилучається бруд з поверхні матеріалу, змінюється структура матеріалу. Тобто, при механічному терті матеріалу між собою та з обладнанням в процесі виробництва натуральні волокна швидко витираються. Тому вміст синтетичних волокон підвищується по відношенню до натуральних, і у зв'язку з цим зменшується гігроскопічність матеріалу.

Отже, дослідження показали, що гігроскопічність тканини в результаті комплексної дії виробничих факторів зменшується. Тобто, можна сказати, що під дією зовнішніх агресивних середовищ відбувається значна зміна властивостей і структури волокон, ниток та тканини в цілому, що призводить до погіршення гігієнічних властивостей спеціального одягу. В залежності від структури тканини, товщини, щільності, переплетення змінюються її гігроскопічні властивості.

Отже, слід вважати важливим вибір найбільш оптимальних видів тканин, які б мали відповідати усім вимогам захисного спеціального одягу. З цією метою дослідження властивостей тканин будуть продовжуватись у цьому напрямку.

Література

1. Бузов Б. А. Материаловедение швейного производства.- Москва: Легпромбытиздат, 1986. - 424 с.
2. Бузов Б. А. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства.- Москва: Легпромбытиздат, 1991.- 432 с.

Надійшла 7. 1. 2001 р.

УДК 687. 1. 016.5.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ФОРМ У ЖІНОЧОМУ ТРИКОТАЖНОМУ КОСТЮМІ

У статті розглянуто методика проведення системно-структурового аналізу параметрів формоутворення жіночих трикотажних костюмів. Для прогнозування формоутворюючих характеристик запропоновано використовувати графічний метод аналогових періодів (розроблений для швейних виробів), а також розроблено метод «умовного періоду». Проведено порівняння отриманих результатів.

In the article the technique of realization of a system - structure analysis of shape's parameters of female knit-suits is considered. For forecasting of the shape's characteristics it is offered to use a graphical method of the terms - analogous (designed for garments), and also the method " of the conditional term " is designed. The comparison of obtained results is given.

На сучасному етапі розвитку ринкової економіки, в умовах значного рівня насичення ринку одягом різноманітного виду і призначення, перед підприємствами легкої промисловості особливо гостро стоїть питання створення конкурентноспроможної, високоякісної продукції, що відповідає останнім вимогам моди. Це пов'язано зі зміною структури потреб, у якому поряд із кількісними показниками усе значнішу роль відіграють якісні. Науково-технічний прогрес, прискорення темпу життя і швидкоплинність моди обумовлюють те, що для споживача усе більше значення поряд із добротністю виробу одержує його відповідність визначеним стильовим особливостям, естетичним і художнім вимогам.

На жаль, недостатній динамізм і розуміння вимог ринку і сьогодні залишається найбільшою хвилюючою багатьох підприємств галузі. Незважаючи на негативні зовнішні тенденції, серед яких фахівці виділяють податковий тиск, різку лібералізацію ринку, розвиток тіньового сектора економіки, різке зниження купівельної спроможності населення, не можна недооцінювати інертність і недостатню мобільність виробництва. Наслідки планової економіки виявилися в тому, що виробництво було цілком відірвано від споживача. Основна увага приділялася питанням кількісної оцінки якості продукції, що випускається, (надійності, зносостійкості і т.д.) естетичні вимоги, відсувалися на другий план, що в результаті призвело до затоварення складів підприємств продукцією, що не відповідає вимогам ринку.

Дорікання багатьох керівників підприємств на проблеми збуту продукції в зв'язку з руйнацією системи оптової торгівлі, занадто низькі ціни несумлінних конкурентів, як правило, насправді є проблемою виробництва морально застарілої продукції, що не користується попитом. Досвід останнього років показав, що споживач набагато ліпше купує вироби, які відповідають напрямку моди навіть за рахунок якості матеріалу, конструкції й обробки, що підтверджується і соціологічними дослідженнями.

Для випуску виробів, що відповідають останнім модним тенденціям, необхідною є комплексна наукова розробка процесу проектування одягу, на основі прогнозування розвитку моди.

Найбільше повні дослідження процесу формоутворення одягу в часовому аспекті з художньо-естетичної точки зору проводилися на кафедрі моделювання костюма МТА з застосуванням системно-структурного підходу та імовірнісних методів оцінки матеріалів міжнародної моди [1-3]. Дані дослідження показали, що мода підпорядкована діалектичному закону розвитку. Під зовнішньою оболонкою змін моди сховані більш стабільні ознаки форми, в усіх її варіаціях вона обумовлена внутрішньою структурою, якій властива періодичність і циклічність змін.

Проте питанням формоутворення трикотажної групи виробів, що мають свої специфічні особливості, взаємозв'язкам особливостей силуетотворення і композиційної розробки форми, не приділялося достатньо уваги, оскільки вони дотепер цілеспрямовано не розроблялися, не виявлявся їхній взаємозв'язок у процесі історичного розвитку. Група верхніх трикотажних виробів у даний час займає поряд із швейними виробами значний сектор ринку і прогнозування в даній підгалузі не менш важливо.

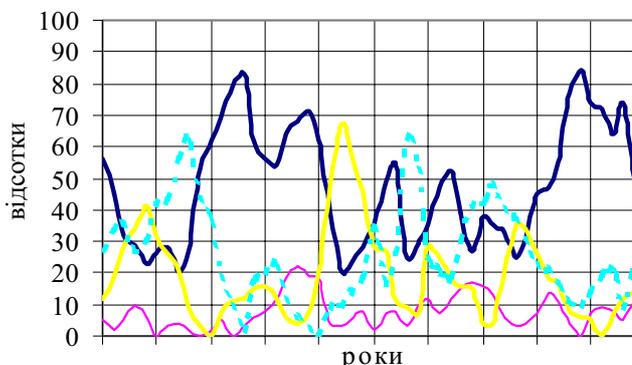


Рисунок 1. Графічна модель змін форм верхньої частини жіночих трикотажних костюмів 1950 - 2000рр.

- пряма
- трапецієвидна
- перекинута трапеція
- - - овальна

Для упорядкування прогнозу необхідний: системний аналіз тенденцій розвитку протягом деякого проміжку часу; дані про стан виробництва і моди, пов'язування всіх отриманих чинників, ретельне урахування всіх знань в області закономірностей формоутворення і розвитку костюма. Проте точного повторення в моді не буває і бути не може, тому доцільно модні форми одягу розглядати як у цілому, так і на рівні розвитку складових її елементів. Такий аналіз дає можливість встановити

закономірності переходу від попередньої структури до наступної, що у свою чергу дозволить перейти до прогнозування форм. Цей метод одержав назву системно-структурного.

В якості об'єкта дослідження були обрані жіночі трикотажні костюми періоду 1950-1999рр., подані в часописах мод. Обсяг вибірки склав 5000 жіночих трикотажних костюмів, тобто 100 моделей у рік. Для статистичного аналізу були виділені такі ознаки опису моделей:

- геометричний вид форми ліфа і спідниці;
- характеристики основних формоутворюючих конструктивних поясів (для плечового пояса положення і ширина лінії плеча, для талієвого - положення лінії талії);
- крій;
- ступінь об'ємності ліфа і спідниці;
- довжинні характеристики ліфа і спідниці;
- напрямки конструктивно-декоративних ліній.

В основу упорядкування прогнозу і встановлення кількісних залежностей розвитку модних тенденцій форми, на базі системно-структурного аналізу, було покладено два методи:

- розроблений для швейних виробів графічний метод аналогових періодів;
- запропонований метод «умовного періоду» розвитку параметрів формоутворення.

Відповідно до першого методу, при побудові теоретичної моделі моди за основу бралися тенденції розвитку структурних параметрів минулих років і приймалася гіпотеза про зберігання закономірностей їхнього подальшого розвитку в аналогічній послідовності.

У результаті статистичного опрацювання даних були отримані графічні моделі різноманітних параметрів формоутворення (приклад - рис.1). Далі зроблена періодизація формоутворюючих параметрів, складена таблиця періодів-аналогів і виведені теоретичні моделі розвитку моди в жіночих трикотажних костюмах на період 2000 - 2010 р. (приклад - рис.2).

Більш перспективним, із математичної точки зору, є емпіричний підхід до прогнозування значень параметрів формоутворення. Він дозволяє враховувати деяку нерегулярність коливань, що чиняться

функціями, отриманими в результаті статистичного опрацювання даних. Тому, при прогнозуванні будемо ґрунтуватися на тому, що дані функції мають деякий «умовний період» повторення змін.

Для визначення «умовного періоду» уся множина значень показника i розбивається на проміжки по осі ординат з інтервалом 10%, а тимчасовий інтервал осі абсцис - по п'ятиріччях.

Для кожного кроку по осі ординат знаходимо суму тимчасових проміжків, у яких зустрічається значення аналізованого параметра i . Якщо для аналізованої функції значення в одному або декількох інтервалах узагалі не зустрічаються, тоді виключаємо їх з розгляду. Потім, для всіх параметрів i в значимих інтервалах знаходимо так звані проміжні періоди t_j .

Слідуючим кроком є визначення «умовного періоду» T для параметра i , як середнє арифметичне всіх періодів t_{ij} . Після виконання розрахунків, починаємо прогнозувати показник i у період (S) .

Якби функція змін параметра i була строго періодичною, то значення досліджуваного показника в S_1 року збігалось б з $(S_1 - T_i)$. Проте, часто значення показника i у S_1 року дорівнює іншій цифрі. Будемо вважати, що в S_1 року досліджуваний показник прийме значення середнього арифметичного між попереднім показником функції $(S_1 - T_i)$ та її показником за попередній до прогнозованого рік. Таким чином отримуємо значення параметра i у прогнозованому періоді.

Розрахунки виконано в MS Excel.

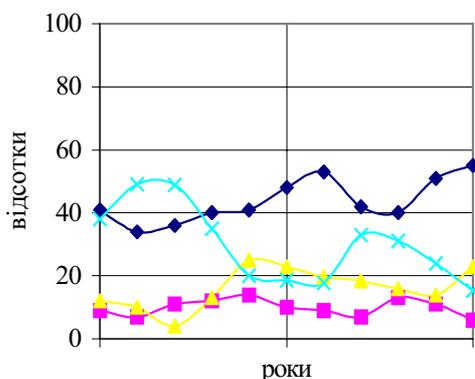


Рисунок 2. Графічна модель змін форм верхньої частини жіночих трикотажних костюмів 2000- 2010гг.отримана графічним методом аналогових періодів.

—♦— пряма
—■— трапецієвидна
—▲— перекинута трапеція
—×— овальна

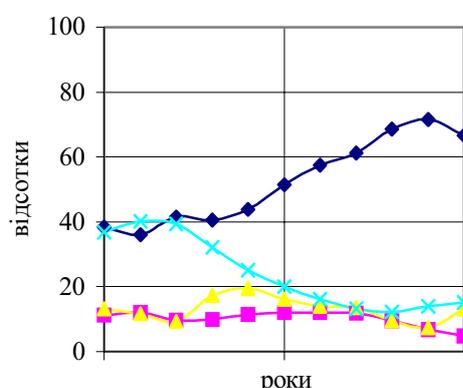


Рисунок 3. Графічна модель змін форм верхньої частини жіночих трикотажних костюмів 2000- 2010гг.отримана методом "умовного періоду".

—♦— пряма
—■— трапецієвидна
—▲— перекинута трапеція
—×— овальна

Отримане значення досліджуваного показника i у такий спосіб дозволить відобразити дві тенденції в його змінах:

- тенденцію розвитку, що намітилася в останні роки (значення $(S_1 - T_i)$ показника в допрогнозованому періоді S_0);
- тенденцію, що враховує коливальний характер змін параметра i із «умовним періодом» T .

Після розрахунку всіх прогнозованих показників підраховуємо міжгрупові суми по кожному року (вони повинні бути рівні 100% - досліджувана сукупність моделей за рік). Проте суми отриманих значень параметрів можуть відрізнятися на деякий розмір, тому проводиться коригування отриманих значень. На основі запропонованого методу були розраховані значення параметрів формоутворення жіночих трикотажних костюмів на 2000-2010 р.м. і складений графічний прогноз (приклад - рис.3.)

Співставивши дві теоретичні моделі моди, можемо одержати діапазон їхнього варіювання і переконатися, що він не перевищує 15%.

Для узагальнення матеріалу і наочності ступеня прояву кожного зі структурних параметрів, у

жіночих трикотажних костюмах за період 1950-1999 р., була побудована зведена модель формоутворення.

На основі аналізу графічних і зведеної моделей формоутворення були виведені, так звані, підсумкові або «базові» форми по періодах, а також складені «базові» форми-прогнози.

Література

1. Основы теории проектирования костюма: Учеб. для вузов/ Под ред. Т.В. Козлова. - М.: Легпромбытиздат, 1988.
2. Петушкова Г.И. Структурообразование легкой женской одежды на основе методов симметрии. Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1984.
3. Гузявичоте Р.А. Исследование стабильных признаков в проектировании одежды XX столетия: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М., 1977, 30 с.

Надійшла 2. 12. 2000 р.

УДК 620.19

В.В.ШЕВЕЛЯ, А.ДЖИМАЛА

Жешовський технологічний університет, м.Жешов, Польща

Г.С.КАЛДА, В.П.ОЛЕКСАНДРЕНКО

Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький, Україна

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КОРОЗІЙНИХ ЯВИЩ ТА СУБСТРУКТУРИ МЕТАЛІВ ПРИ ВТОМЛЕНОСТІ

Представлені результати досліджень субструктури армо-заліза методом внутрішнього тертя та електрохімічних явищ при малоцикловій та багаточикловій втомленості. Випробування проводились в середовищі повітря та 3% розчині NaCl. Встановлено взаємозв'язок субструктурних змін та електрохімічних процесів при корозійній втомленості металів.

До теперішнього часу зберігає актуальність питання взаємозв'язку субструктурних змін та електрохімічних процесів в металах в умовах корозії під напругою, зокрема, при корозійній втомленості.

Метод внутрішнього тертя (ВТ), або розсіяння енергії при механічних коливаннях внаслідок непружності, є одним із тонких структурно-чутливих методів дослідження металів. Цей метод набув широкого поширення при вивченні дислокаційної структури металів після пластичної деформації та термічної дії. Ряд специфічних особливостей циклічної деформації ОЦК-металів зв'язано з високою енергією взаємодії домішкових атомів (вуглець, азот) з дислокаціями [1]. Внутрішнє тертя є ефективним методом, що дозволяє дослідити накопичення дислокацій та їх взаємодію з атомами вкорінення.

Ми проводили вимірювання ВТ (логарифмічного декременту коливань δ) на установці УИМД-1 методом "резонансного стержня" [2] на зразках з армо-заліза (0,03%С) в амплітуднонезалежній області. Плоскі зразки після механічного шліфування піддавали електрополіруванню та рекристалізаційному відпалу у вакуумі. Випробування на втомленість проводили в умовах чистого симетричного згину при частоті навантаження 30 Гц в повітрі та в 3%-ому водному розчині NaCl.

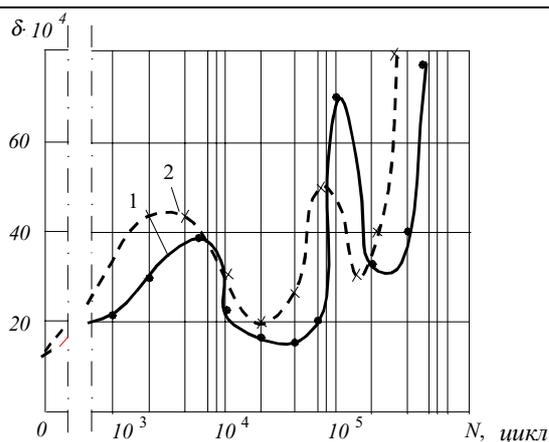
Розглянемо зміну амплітуднонезалежної складової ВТ армо-заліза із збільшенням числа циклів навантаження при різних амплітудах відносної деформації в циклі ϵ_a (рис.1). Зміна ВТ в ході

випробувань при підвищених та знижених амплітудах деформації має різний характер. При багатоцикловій втомленості ($\epsilon_a = 0,1\%$) (рис.1а) можна виділити п'ять стадій зміни ВТ. Підвищення деформації до $\epsilon_a = 0,15\%$ (малоциклова втомленість) призводить до зникнення стадій II та III (рис.1б), що пов'язано з особливостями структурних змін в металі при дії підвищених циклічних напружень.

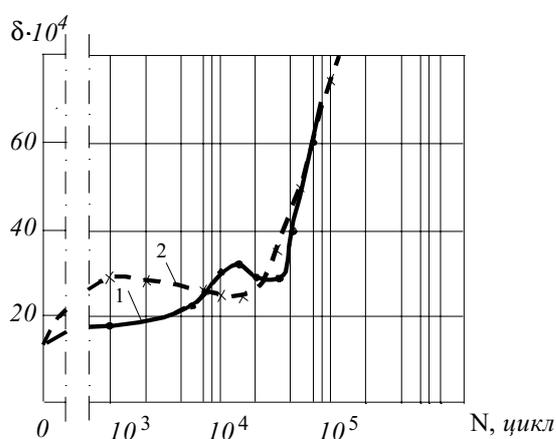
Проаналізуємо дані по зміні ВТ при дії знижених деформацій в повітряному середовищі. Зростання ВТ на стадії I є наслідком підвищення щільності рухомих дислокацій в металі під впливом циклічних напружень. Можливі два механізми, які сприяють цьому процесу: відрив "відпалених" дислокацій від хмарки закріплення, з однієї сторони, та розмноження "свіжих" дислокацій – з іншої. Другий механізм для стадії, що розглядається, є переважним. Із зростанням числа циклів навантаження збільшується пластична деформація в мікрооб'ємах металу, і рівень ВТ зростає, досягаючи першого максимуму. Так як магнітопружні характеристики дуже залежать від стану металу, пластичні деформації та внутрішні напруження будуть впливати на структуру та рухливість доменних стінок внаслідок зміни щільності дислокацій. Тому зростання ВТ, що спостерігається на I етапі навантаження значне. Таким чином, зростання щільності рухомих дислокацій на початковому етапі циклічного навантаження армо-заліза в відомій мірі характеризує протікання процесів зменшення міцності.

При такій дії циклічних навантажень збільшення щільності дислокацій призводить до скорочення довжини їх вільного пробігу, накопичення у бар'єрів, що утворюються та формування локальних зон з підвищеною щільністю дислокацій. На II стадії розвиваються процеси динамічного деформаційного старіння, пов'язані з осадженням домішкових атомів (вуглець, азот) на дислокаціях, які призводять до скорочення довжини дислокаційних сегментів. До аналогічних явищ призводить взаємодія дислокацій в первинних системах ковзання та осадження на них вакансій, що сприяє утворенню малорухомих порогів. Таким чином, на другій стадії циклічного навантаження армо-заліза зниженими рівнями деформації переважають процеси, які пов'язані із зміцненням металу. При цьому число рухомих дислокацій, які здатні вносити суттєвий внесок в затухання, зменшується і рівень ВТ падає.

Нове зростання ВТ, що спостерігається на III стадії втомленості, може бути обумовлене розвитком множинного ковзання, характерного для ОЦК-металів. Зростання щільності рухомих дислокацій при активізації вторинних систем призводить до полегшення пластичної деформації, відповідно до нового зменшення міцності матеріалу. Але це зменшення міцності не буде таким суттєвим, як на I стадії, так як продукти взаємодії дефектів в первинних системах будуть чинити опір розвитку пластичної деформації. Інтенсивне зростання ВТ на III стадії втомленості може бути пов'язано як із збільшенням щільності рухомих дислокацій λ , так із зростанням довжини дислокаційних сегментів L ($\delta \approx \lambda L^2$). Мабуть, на даному етапі навантаження другий фактор грає ведучу роль. Враховуючи специфічні властивості поверхні, можна припускати, що найбільш довгі дислокації розташовуються в підповерхневих шарах металу. Щільність дислокацій в кінці III періоду досягає критичної величини, створює передумови для появи субмікронесуцільностей в приповерхневих шарах металу.



а)



б)

Рис. 1 Зміна декременту коливань при циклічному навантаженні армко-заліза в різних середовищах:
а- $\epsilon_a=0,1\%$; б- $\epsilon_a=0,15\%$ (1 – повітря; 2 – $H_2O+3\%NaCl$)

Дія циклічних напружень на протязі IV стадії втомленості заліза призводить до взаємодії дислокацій різних систем ковзання, утворення субмеж із густих скопичень дислокацій та продуктів їх взаємодії. Такі явища супроводжуються зміцненням та зниженням кількості рухомих дислокацій, які здатні брати участь в розсіюванні енергії, внаслідок чого внутрішнє тертя знову падає. Очевидно до кінця IV періоду субмікротріщини розростаються в мікротріщини, зростання яких згодом проявляється в новому прогресуючому зростанні внутрішнього тертя (стадія V).

При дії підвищеної амплітуди циклічної деформації (рис.1б, крива 1) процес зміни дефектної структури можна поділити на три стадії. Початкове зростання ВТ, як і при знижених навантаженнях, пов'язане з накопиченням рухомих дислокацій. Але, дія підвищених напружень призводить до охоплення ковзання великих об'ємів металу, що супроводжується більш значним зростанням дислокаційної складової ВТ, ніж при знижених деформаціях. Цікаво також відмітити, що із збільшенням амплітуди деформації тривалість I періоду зростає. Це можна пояснити тим, що при підвищених деформаціях на початковому етапі навантаження менше проявляються зміцнюючі фактори. Відомо [1], що при підвищених циклічних деформаціях процеси динамічного деформаційного старіння мало ефективні. Крім того, підвищені напруження активізують множинне ковзання вже на ранніх етапах навантаження. Обидва вказані фактори сприяють зростанню щільності рухомих дислокацій, які дають великий внесок в рівень внутрішнього тертя. Очевидно, зростання ВТ було б ще більш значущим, якби

підвищення щільності рухомих дислокацій не обмежувалось їх взаємодією між собою і з точковими дефектами. В ОЦК-металах мікропластичні деформації відбуваються переважно за рахунок поперечного ковзання гвинтових дислокацій. При дії підвищених навантажень величина сходинок, що утворюється при переході дислокації з однієї площини ковзання в іншу, буде мати більші розміри, ніж при дії знижених навантажень. Отже, не дивлячись на підвищення щільності дислокацій в металі під дією високих зовнішніх напружень, їх рухомість буде поступово обмежуватися, що і проявляється в уповільненні зростання ВТ. Вплив магнітної складової ВТ в цьому випадку не стільки значний, як при навантаженні зниженими амплітудами. Таким чином, вже до завершення I стадії малоциклової втомленості армко-заліза щільність дислокацій досягає критичного значення.

Із зниженням ВТ можна пов'язувати початок II стадії малоциклової втомленості, коли починається формування дислокаційних згустків. Дислокації, що накопилися в субмежах дають малий внесок в розсіяння енергії, так як вони міцно закріплені [3].

Зростання ВТ на III стадії навантаження характеризує розвиток мікротріщин і інтенсивність цього зростання визначається розмірами тріщин.

Враховуючи велику чутливість ВТ до поверхневих структурних змін, ми також вивчили явища втомленості при циклічному деформуванні металів в корозійно-активному середовищі (3% розчин NaCl).

При співставленні випробувань на втомленість в повітрі та в корозійно-активному середовищі (КАС) спостерігається більш помітне зростання внутрішнього тертя на першому етапі навантаження армко-заліза в корозійно-активному середовищі (рис.1, крива 2). Можна припустити, що КАС, адсорбуючись на вільній поверхні метала, на першій стадії втомленості виявляє себе як слабе поверхнево-активне середовище. Крім того, корозійні процеси сприяють розвитку нових поверхонь, що полегшує роботу підповерхневих джерел дислокацій. Тому на початковому етапі циклічного навантаження в корозійному середовищі можлива поява в приповерхневій зоні великої кількості рухомих дислокацій як за рахунок пластифікуючої дії середовища (ефект Ребіндера), так і за рахунок додаткових гетерогенних джерел. Висока щільність рухомих дислокацій полегшує зсувоутворення та призводить до підвищеного (в порівнянні з повітрям) рівня ВТ на першій стадії корозійної втомленості.

При циклічному деформуванні в КАС нарівні з адсорбційним пониженням поверхневої енергії діє електрохімічний фактор, який сприяє вибірному анодному розчиненню зміцненого металу, в зв'язку з чим полегшується розрядка частини дислокацій (хемомеханічний ефект). Отже, корозійний фактор може проявлятися двояко: коли щільність дислокацій в поверхневих шарах невелика, поверхневі субмікронесуцільності, які мають корозійну природу, є гетерогенними джерелами нових дислокацій і сприяють інтегральному їх накопиченню; якщо щільність дислокацій в поверхневих шарах зросла настільки, що відбувається їх інтенсивна взаємодія з утворенням бар'єрів, які гальмують зсувні процеси, електрохімічна корозія сприяє усуненню цих бар'єрів, полегшуючи рух дислокацій в приповерхневій зоні. Виходячи із таких уявлень, одержує пояснення зміна ВТ, що спостерігається на другій стадії корозійної втомленості (рис.1а, крива 2). Внутрішнє тертя на цій стадії знижується з такою ж інтенсивністю, як і при навантаженні в повітрі, але його рівень лишається дещо вище. Отже, незважаючи на те, що процес взаємодії дислокацій в КАС протікає досить інтенсивно, частина поверхневих бар'єрів із загальмованих дислокацій розблокується на корозійних язвах, що утворюються. Тривалість протікання другої стадії втомленості в КАС помітно скорочується в порівнянні з повітрям, що свідчить про активізацію деформаційних процесів і зміцнення. В КАС на третій стадії втомленості повторне зростання ВТ спостерігається раніше, ніж при навантаженні в повітрі, що може бути пов'язано з більш раннім виникненням множинного ковзання. Причому, другий максимум ВТ в цьому випадку нижче, ніж після навантаження в повітрі, що свідчить про більш інтенсивне протікання процесів динамічного деформаційного старіння на III стадії корозійної втомленості. Мікротріщини, на яких відбувається інтенсивне розсіювання енергії в КАС, виникають раніше, ніж в повітрі і швидкість їх зростання вища.

При високому рівні циклічного деформування в присутності КАС (рис.1б), як і при низькій амплітуді деформації, на початковому етапі навантаження ВТ зростає більш інтенсивно, ніж в повітрі. Це є наслідком підвищеного зростання щільності рухомих дислокацій під впливом середовища внаслідок охоплення пластичною деформацією великої кількості зерен металу. З іншого боку, коли зростає щільність дислокацій, збільшується вірогідність їх взаємодії, що супроводжується зміцненням первинних систем ковзання, і створюються передумови для більш раннього розвитку множинного ковзання. Орієнтуючись на рівень ВТ (мал.1б, крива 2), можна припустити, що на першій стадії корозійної втомленості при високій амплітуді деформації щільність дислокацій зростає інтенсивніше, ніж в звичайних умовах випробувань. Друга стадія корозійної втомленості супроводжується незначним зниженням ВТ. В цьому випадку, мабуть, з процесами взаємодії дислокацій та утворення малорухомих скопичень суттєво конкурують процеси поверхневої розрядки дислокацій внаслідок анодного розчинення металу.

Зроблена спроба встановити взаємозв'язок між структурними змінами, які властиві типовій втомленості, та кінетикою корозійних процесів при корозійній втомленості. Було досліджено зміну електродного потенціалу ϕ та струму корозії I_k при навантаженні армко-заліза з різними амплітудами деформації ϵ_a в 3% розчині NaCl. Електродний потенціал характеризує ступінь інтегрального розблагороджування металу в процесі циклічного навантаження, а струм корозії – інтенсивність роботи мікрогальванопар.

Електродний потенціал вимірювали відносно хлоросрібного електроду, потенціал якого по водневому електроду при 25⁰С в насиченому розчині KCl дорівнює +0,202В. В якості вимірювальної апаратури використовували потенціостат типу П-5848 та самопишучий потенціометр КСП-4, з їх допомогою проводили також поляризаційні досліді. Корозійний струм визначався методом поляризаційного опору [4,5]. Схема установки, що використовувалась наведена на рис. 2.

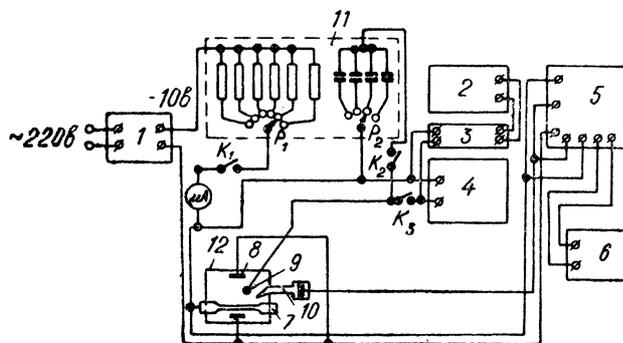


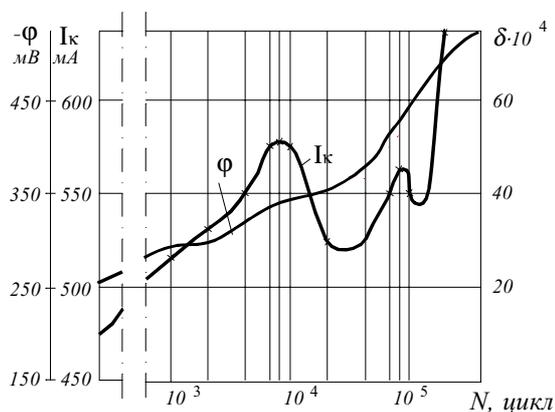
Рис. 2 Установа для дослідження електрохімічних процесів при корозійній втомленості:

- 1 – джерело живлення; 2 – самопис; 3 – еміттерний повторювач; 4 – осцилограф;
- 5 – потенціостат; 6 – потенціометр; 7 – зразок; 8 – допоміжний електрод;
- 9, 10 – електроди порівняння; 11 – блок фільтрів та додаткових опорів;
- 12 – електрохімічна комірка

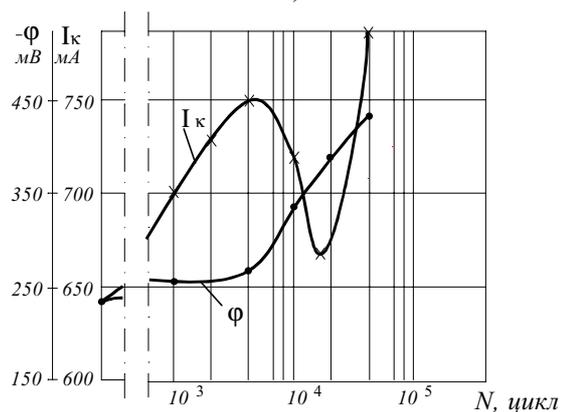
Струм корозії розраховували по формулі $I_k = K/R_n$, де $K = (b_a \cdot b_k) / [2,3(b_a + b_k)]$, b_a , b_k – коефіцієнти рівняння Тафеля. Для армко-заліза в розчині NaCl $K = 3,2 \cdot 10^{-2}В$. Поляризаційний опір визначали по величині струму поляризації I та зміні потенціалу ΔE : $R_n = (\Delta E \cdot S) / I$, де S – площа електрода. При вимірюванні швидкості корозії необхідно мати джерело напруги, яке здатне підтримувати поляризацію робочого електрода біля 10 мВ та мати малий внутрішній опір, що важливо у випадку великих швидкостей корозії [4]. Крім того, необхідно, щоб пульсація на виході джерела напруги не перевищувала 0,1%, так як проходження змінної складової крізь електрохімічну комірку

під час вимірювання може викликати небажані флуктації. Для дотримання цих вимог використовувався розроблений спеціальний електронний стабілізатор.

Відповідно до отриманих даних, які представлені на рис. 3, можна виділити п'ять стадій зміни струму корозії при багатоцикловій корозійній втомленості та три стадії – при малоцикловій. При відносно низькому рівні навантаження (багатоциклова втомленість), мікропластичне протікання в первинній системі ковзання, що розвивається на першій стадії та зсувоутворення в поверхневих шарах призводять до збільшення ювенільних поверхонь, що супроводжується відповідним зростанням струму корозії. Взаємодія дислокацій первинних систем та динамічне деформаційне старіння, що розвивається на другій стадії, блокують дислокації, зменшуючи їх рухомість і інтенсивність поверхневих зсувоутворень. Починає переважати процес пасивування поверхні, що проявляється в зниженні величини струму корозії I_k . Активізація вторинних систем ковзання на третій стадії втомленості призводить до нового зростання величини струму корозії. Взаємодія дислокацій різних систем ковзання, утворення дислокаційних згустків та комірок (зміцнення) призводять до послаблення активності зсувних процесів, що супроводжується новим часовим пасивуванням поверхні, про що свідчить падіння струму корозії на четвертій стадії втомленості. З утворенням та розвитком мікротріщин (п'ята стадія) спостерігається прогресуюче збільшення значень і електродного потенціалу, і струму корозії. П'ятистадійний характер зміни струму корозії при багатоцикловій втомленості відповідає характеру зміни внутрішнього тертя (див. рис.1а).



а)



б)

Рис.3 Зміна електродного потенціалу ϕ і струма корозії I_k в процесі корозійної втомленості армко-заліза (середовище – $H_2O + 3\% NaCl$): а - $\epsilon_a = 0,1\%$; б - $\epsilon_a = 0,15\%$

При підвищеному рівні циклічного навантаження (малоциклова втомленість, рис.3б) також спостерігається відповідність між трьохстадійністю зміни струму корозії і характером зміни внутрішнього тертя (див. рис.1б). В той же час із збільшенням амплітуди циклічної деформації різко зростає величина струму корозії на всіх етапах корозійної втомленості.

Одержані дані свідчать про тісний взаємозв'язок субструктурних змін та електрохімічних процесів при корозійній втомленості металів (механохімічний ефект). В той же час слід відмітити, що зміна загального електродного потенціалу в недостатній мірі відбиває кінетику розвитку корозійно-втомленого пошкодження металу.

Література

- 1 Иванова В.С. Роль дислокаций в упрочнении и разрушении металлов. – М.: Наука, 1965
- 2 Жаров Ю.Д., Трокин Ю.А., Васильев А.А. и др. Определение внешнего трения и модуля упругости металлов при малых амплитудах / В кн.: Релаксационные явления в металлах и сплавах. М., 1963. – С. 221-225.
- 3 Грузин П.Л., Жаров Ю.Д. Релаксационные явления в твердых телах. – М.: Metallurgy, 1968. – 323 с.
- 4 Антропов Л.И., Герасименко Ю.С. Применение метода поляризационного сопротивления для определения скорости коррозии / Реф. информ. о законченных научно-исслед. работах в вузах УССР. Вып. 2., Киев: Наукова думка, 1966
- 5 Мансфелд Ф. Определение типа коррозии методом поляризационного сопротивления / В кн.: Достижения науки о коррозии и технологии защиты от нее. – М.: Metallurgy, 1980. – С. 174-268.

Надійшла 2. 1. 2001 р.

УДК 685.31

М.В. КЛЯЦЬКА, Н.М. ОМЕЛЬЧЕНКО, В.П. КОНОВАЛ

Київський державний університет технологій та дизайну

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ВЗУТТЯ ДЛЯ ВАГІТНИХ ЖІНОК

З урахуванням особливостей функціональних морфометричних змін в організмі вагітних жінок розроблено основні вимоги до раціонального взуття для даної групи населення. До особливостей конструкції цього взуття відносяться перш за все високі берці (халяви) для підтримування гомілкових суглобів, низькі підбори, наявність м'яких амортизуючих прокладок по лінії верхнього канта і по сліду взуття та ін. Спосіб закріплення взуття на стопі за допомогою застібки "велкро", черевичної резинки, пряжок, що швидко розстібаються та ін.

With subject of the peculiarities of functional morphological changes in the pregnant women organism the basic requirements for rational footwear for the given group of the population are developed. First of all, the high tops of boot for talocrural joint support, the low heels, the presence of a soft cushion layers on the top edge line and on the footwear trace etc., are the to features of a this footwear design. As well as the way of the footwear fixing on a foot with the "velcro" fastener, shoe rubber, or fast unfastening buckles etc.

Формування здоров'я майбутніх поколінь є однією з найбільш значущих і водночас складних медико-соціальних проблем сьогодення. Визначальним у цьому плані є вивчення закономірностей

становлення здоров'я майбутньої матері, вагітної жінки, дотриманням режиму сну, харчування, використанням раціональної конструкції взуття та ін.

Материнський організм під час вагітності перебудовується та пристосовується до нових умов, причому ця перебудова захоплює весь організм у цілому і носить не тільки анатомо-статистичний, а й морфометрично-функціональний характер [1].

В організмі вагітної жінки відбуваються зміни кісткового скелета, хребет випрямляється, плечі та потилиця відхиляються до заду, згин спини в поперековому відділі дещо збільшується. Ці зміни відбуваються як наслідок пристосування вагітної для утримання тулуба у вертикальному положенні. Хо́да у вагітних внаслідок змін у кульшових суглобах характеризується перекочуванням, перевалюванням ("качина" хо́да).

Результатом змін в організмі вагітної жінки є зростання ваги на 10 – 12 кг на протязі декількох місяців, втомлюваність, підвищений основний обмін, набряки нижніх кінцівок (особливо у пізні строки у 64-83% випадків), ниркові порушення та ін. [1, 2, 3].

Крім того, у вагітних можуть виникати ускладнення, що призводять до змін у нижніх кінцівках, які пов'язані з пізніми гестозами вагітних (набряки в ділянці стоп та гомілок) та варикозним розширенням вен (51,5%) та тромбозами глибоких вен (уражена кінцівка збільшується в обсязі до 1 см на тиждень) [4].

Згідно вищесказаного, а також враховуючи, що сьогодні вагітні жінки працюють майже весь строк вагітності (до третього триместру) можна зробити висновок про те, що одяг та взуття вагітної повинні бути зручними й вільними [5]. Також можна виділити наступні вимоги до взуття для вагітних жінок:

1. Взуття для вагітних жінок повинно мати низькі підбори, тому що при підйомі п'яtkової частини на підбор відбувається скривлення хребта та зміщення центру тяжіння вагітної жінки, особливо на II та III триместрах, бо відбувається перерозподіл та збільшення тиску на голову плоду, що призводить до порушення мозкової діяльності дитини тощо.
2. Взуття для вагітних повинно бути вільним, з урахуванням того, що внаслідок збільшення навантаження на нирки та інші органи спостерігається набряклість нижніх кінцівок. Взуття не повинно стискати стопу, тому що при стисканні відбувається порушення кровопостачання нижніх кінцівок, що призводить до появи різних патологічних деформацій;
3. Взуття для вагітних повинно відповідати антропометричним даним стопи, а також швидко та зручно закріплюватися на стопі (за допомогою "велкро", башмачні резинки, пряжки, що швидко розстібаються та ін.).
4. Для запобігання розтягу зв'язок, вивихів та підвивихів у гомілковому суглобі взуття для вагітних жінок повинно мати, по можливості, високі берці, що фіксують і підтримують гомілковий суглоб у необхідному положенні, а також перешкоджають набрякам.
5. Взуття для вагітних жінок повинно носити сезонний характер та відповідати високим гігієнічним вимогам (вологовбирання, вологовіддача, паропроникність, повітропроникність, теплозахисні властивості, високий повітрообмін усередині взуття та ін.);
6. Маса взуття для вагітних жінок повинна бути мінімальна, щоб знизити енерговитрати під час пересування;
7. Враховуючи зростання маси тіла, велике значення мають амортизаційні властивості матеріалів підшви. Крім того, для більш рівномірного розподілу тиску по плантарній поверхні ступні взуття повинно мати вкладну устілку з високими амортизаційними властивостями;
8. З позицій зниження енерговитрат дуже важлива гнучкість, збільшення якої можна досягти використанням безустілкового взуття чи спеціальних устілок із рифленням, перфорацією або надсіканням у пучковій частині;

9. Взуття для вагітних жінок повинно відповідати високим естетичним вимогам та мати добрий вигляд.

З урахуванням вище перерахованого нами була розроблена конструкція черевиків (для забезпечення підтримки гомілкового суглоба) на низькому підборі для вагітних жінок. До конструктивних особливостей яких відносяться наявність амортизуючої прокладки по сліду та по лінії верхнього канта. Спосіб закріплення взуття на ступні – за допомогою двох або трьох череспідйомних ременів та застібки "велкро".

В подальшому передбачається проектування та виготовлення експериментальної партії вказаного взуття та носіння його у відповідних колективах.

Література:

1. Думитру И., Теодореску-Эксарку И. и др. Физиология и патофизиология воспроизводства человека. / Пер. с румын. Бурт М.– Бухарест: Медицинское изд-во, 1981г. – С.736.
2. Акушерство: Підручник для лікарів – інтернів / Артамонов В.С., Богдашкін М.Г., Венцковський Б.М. та ін.; за ред. Грищенка В.І. – Харків: Основа, 1996р. – С.608.
3. Вороненко Ю.В., Гульчій О.П., Литвинчук Л.В. та ін. Деякі особливості захворюваності жінок у період вагітності. // Акушерство та гінекологія. – 1999р. -- №3. – С.56-57.
4. Кириенко А.И., Макаров О.В., Озолиня Л.А. и др. Ведение беременности, родов и послеродового периода при тромбозе глубоких вен нижних конечностей. // Российский медицинский журнал. – 1996г. -- №2. – С.21-25.
5. Справочник фельдшера. / под. ред. Михайлова А.А. – М.: Медицина, 1990г. – В 2-х томах. Т. 2. – С.496.

Надійшла 7. 1. 2001 р.

УДК 685.31

ПЛЯЄВА М.О.,СВІСТУНОВА Л.Т. , КОНОВАЛ В.П.

Київський державний університет технологій та дизайну

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ КЛАСИФІКАЦІЙНИХ ОЗНАК ЗА СКЛАДНІСТЮ КОНСТРУКЦІЇ ЗАГОТОВКИ ВЗУТТЯ

В роботі розглядаються питання аналізу та класифікації конструктивних особливостей заготовок чоловічих напівчеревиків з метою створення універсальної бази даних , яка буде застосовуватись при автоматизованому проектуванні технологічних процесів складання заготовки.

This work is devoted to problem of the analysis and design man's shoes constructions with the purpose of creation the universal database, which will be used at the automatic designing of technological processes of assembling of shoe uppers.

В останній час за допомогою комп'ютерної техніки з'явилась можливість вирішувати найскладніші виробничі завдання, серед яких автоматизація проектування конструкцій та технологічних процесів складання заготовки взуття є одним з найважливіших.

Для виробників взуття велике значення має проблема скорочення часу та трудових витрат на конструкторсько-технологічну підготовку виробництва, зокрема на проектування та впровадження нових

зразків взуття, що дозволяє підвищувати конкурентоспроможність і прискорити вихід на ринок. Важливим аспектом у вирішенні цієї проблеми є створення автоматизованої системи проектування технологічних процесів складання заготовки і взуття з використанням ПЕОМ.

Щоб скоротити до мінімуму трудові витрати, необхідно вирішити оптимізаційне питання вибору технологічного процесу з великої кількості можливих. Це створить умови для організації на взуттєвих підприємствах інтегрованих АРМ інженера-технолога та конструктора. Ефективність застосування АРМ в значній мірі залежить від повноти інформації банку даних про конструкцію, що забезпечить належний об'єм та компактність вхідних компонентів [1]. У зв'язку з цим, з метою подальшого створення універсальних класифікаційних ознак та критеріїв їх оцінки, виникла необхідність поглибленого аналізу конструктивних особливостей заготовки. Це дозволить розробити розгорнуту систему кодування заготовок, яка буде застосовуватись як універсальна база даних при проектуванні технологічного процесу їх складання.

Слід мати на увазі, що при розробці нових моделей взуття інженер-конструктор в більшості випадків зустрічається не з проектуванням принципово нових конструкцій, а з доопрацюванням та модифікацією існуючих з випробуваними конструктивними елементами, і моделюванням тих проектних рішень, що вже є. Вони мають бути враховані, зашифровані та сформовані у базу даних для наступної розробки та вибору технологічного процесу складання заготовки.

В ході досліджень були вивчені і проаналізовані конструктивні особливості чоловічих напівчеревинок. Виділені в окремі групи заготовки різних конструкцій: з овальними вставками та без них, з настрочною союзкою та настрочними берцями, лаофер та типу лаофер, група напівчеревинок з резинками та без них, із застібкою "блискавка" та без неї і таке ін.

Для кожної групи визначені заготовки з цілими і відрізними деталями. В свою чергу, кожна група поділяється на підгрупи в залежності від конструктивних особливостей, способу скріплення деталей та інших ознак.

Однією з суттєвих ознак є варіанти обробки верхнього канту заготовки. Тому окремо розглянуто заготовки з обробкою канта в загинання, у вивертання, окантовкою в накладання, окантовкою у вивертання та інші варіанти.

Наступною класифікаційною ознакою пропонується підрозділити заготовки за способом укріплення п'яtkового шва. В процесі аналізу виділено понад 20 таких способів. Для кожного з них розроблено перелік операцій технологічного процесу з визначенням матеріалоемності та трудоемності, з вибором раціонального устаткування.

Певний інтерес для дослідження має група напівчеревинок з овальними вставками. Розглянуто понад 40 варіантів овальних вставок: орнаментний шов, тугий зшивний шов - краї деталей назовні, тугий зшивний шов - краї деталей усередині, з розстрочкою чи з бізиком, настрочний шов з настрочуванням союзки на вставку чи вставки на союзку, одно - чи дворядний шов, з обробкою країв деталей в обрізання чи в загинання, окантовка в накладання, в обрізання, в вивертання з боку вставки чи союзки, з утворенням бортика чи без нього та багато інших варіантів [2]. З них згруповано 10 базових підваріантів за спільністю елементів технологічного процесу складання вузла вставка-союзка та обладнання, що використовується.

Для кожного варіанту розроблено шифр з урахуванням класифікаційних ознак. Наприклад:

ЗВ1Н2.СОВО.ОВС.Б.: ЗВ1 – зшивний однорядний шов з подальшим вивертанням; Н2 – з подальшим настрочним дворядним швом; СО – союзка в обрізання; ВО – вставка в обрізання; ОВС – окантовка з вивертанням на союзку; Б – утворення бортика.

Використання шифру створює передумови для занесення інформації в банк даних ЕОМ та подальшої роботи з нею.

Таким чином, пошуковий експеримент визначає складність поставленої проблеми і необхідність її вирішення для розробки системи АРМ - технолога.

Література:

1. Четвериков В. Н. и др. Базы и банки данных., М., Высшая школа, 1987, 248 с.
2. Олійникова В.В., Беленко Н.Я., Свістунова Л.Т. Довідник – каталог взуттєвика Ч.2 , Київ , КДУТД , 2000 , 370 с.

Надійшла 2. 12. 2000 р.

УДК 685.31

Н.В. ПЕРВАЯ, Н.Н. ОМЕЛЬЧЕНКО, В.П. КОНОВАЛ

Київський державний університет технологій та дизайну

**ЗАСТОСУВАННЯ УНІФІКАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДИТЯЧОГО
СПОРТИВНОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ ІГРОВИХ ВИДІВ СПОРТУ**

У статті наведені дані біомеханічного, антропометричного досліджень, а також аналіз моделей спортивного взуття провідних фірм-виробників. Результати цих аналізів вказують на передумови до використання уніфікації при розробці спортивного тренувального взуття для дітей, які займаються ігровими видами спорту.

The article including the data analysis of biomechanical and anthropometric researches and also analysis of models of sport footwear of leading firms of the manufacturers is indicated. The outcomes of the analyses point out the precondition to usage of unification in the time of designing of sporting training footwear for children occupied with game kinds of sports.

В наш час існує біля 500 фасонів колодок, а також величезна кількість майже подібних видів конструкцій верху для спортивного взуття, тому дуже актуальним постає питання можливості їхньої уніфікації по визначених видах спорту.

Уніфікація дозволяє звести до раціонального мінімуму невиправдане різноманіття виробів, вузлів, деталей, технологічних процесів, конструкторської, технологічної та іншої документації.

Застосування уніфікації у взуттєвій промисловості надає змогу створити банк конструкторських даних, тобто можливість використання раніше розроблених конструкторських рішень, деталей та вузлів конструкцій взуття. Саме уніфікація дозволяє технологічно та економно виконувати увесь комплекс робіт по кожному новому виробу. Так, наприклад, дослідження Шаповал М.І., проведені у 1993 році, показали, що за рахунок тільки самої симпліфікації колодок для побутового й спортивного взуття та внесення змін у діючі стандарти можна було б мати економічний ефект в розмірі 1109 тис. крб.

Питання уніфікації у взуттєвій промисловості досліджувалося Ченцовою К.І., Нестеровим В.П., Шаповалом М.І., Фоміною Т.Т., Карандасовою В.Д., Либою В.П. та іншими.

Для застосування уніфікації при проектуванні дитячого тренувального спортивного взуття для гандболу, волейболу та баскетболу, ми провели біомеханічні, антропометричні дослідження, а також аналіз моделей спортивного взуття провідних фірм-виробників.

Результат біомеханічного дослідження ігрових видів спорту (гандболу, волейболу та баскетболу) показав, що: по-перше, дані ігри є командними видами спорту з застосуванням м'яча; по-друге, в даних

видах спорту ігри проводяться, в більшості випадків, у залах з дерев'яним покриттям; по-третє, у волейболі, баскетболі та гандболі велику увагу приділяють розвитку стрибучості спортсменів; по-четверте, морфологічний тип статури спортсменів, які займаються даними видами спорту, являє собою гігантоїдний. Аналіз застосування локомоторних біомеханічних прийомів (бігу, ходьби, стрибків, поворотів та інші) показав, що застосовність аналогічних прийомів у волейболі, баскетболі та гандболі складає для різних видів зупинок 83,3% (стрибком, однією чи двома ногами та інші); – 90,9% для бігу (звичайного, приставним кроком, зигзагом, боком, уперед лицем та спиною та інші); – 93,3% для ходьби (звичайним та приставним кроком, з поворотом, боком, уперед лицем та спиною та іншими); – 100% для стрибків та поворотів.

Результати біомеханічного аналізу вказують на передумови до використання уніфікації при розробці тренувального взуття для дітей, які займаються ігровими видами спорту.

Під час антропометричних досліджень було обміряно біля 600 ступнів хлопчиків та дівчаток віком 13-14 років, які займаються гандболом, волейболом та баскетболом. По кожному обміряному визначалось біля 100 параметрів (довжинних, широтних на ступномірі і за плантограмою, висотних і обхватних). Після обробки даних графічним методом та на ПСОМ були отримані графічні зображення та основні параметри умовно - середньотипові ступні (УСТС) спортсменів-дітей (хлопчиків та дівчаток), які займаються означеними видами спорту. На базі отриманих даних були спроектовані спортивні колодки спеціального призначення для хлопчиків та дівчаток, які займаються волейболом, баскетболом та гандболом.

Аналіз антропометричних даних, а також параметрів та форм розроблених спортивних колодок(таблиця 1), виявив можливість уніфікації взуттєвих колодок для даних видів спорту .

Таблиця 1

Параметри колодок	Виміри колодок дівочої групи вихідного номеру в, мм			Відхилення, мм	Виміри колодок хлопчачої групи вихідного номеру в, мм			Відхилення, мм
	Г*	В*	Б*		Г*	В*	Б*	
Вид спорту	Г*	В*	Б*		Г*	В*	Б*	
Номер колодки	250	250	250	–	270	270	270	–
Довжина ступні	250	250	250	–	270	270	270	–
Довжина устілки	260	260	260	–	280	280	280	–
Ширина устілки в перетинах:								
0,18 Д ступні	50,4	51,6	49,8	1,8	55,7	55,7	54,8	0,9
0,68 Д ступні	81,5	80,4	82,0	1,6	86,6	87,9	87,7	1,3
Обхват у перетинах:								
0,72/0,68 Д ступні	238	236	236	2	251	254	258	4

Примітка. Г* - гандбол, В* – волейбол, Б* – баскетбол.

Як видно з таблиці, різниця між параметрами колодок у різних перетинах не перевищує межі чутливості, що дає змогу провести уніфікацію.

З метою вивчення конструкції взуття для ігрових видів спорту, нами було проаналізовано біля 500 моделей спортивного взуття для волейболу, баскетболу, гандболу, кросу та тренувань провідних фірм-виробників: NIKE, REEBOK, ADIDAS, DIADORA, NWE BALANCE та інші.

Аналіз моделей спортивного взуття провідних фірм-виробників дозволив виявити основні найбільш типові конструкції для означених видів спорту, а також факт використання однієї та тієї ж моделі взуття для різних видів спорту (бігу, кросу, тренувань, баскетболу та інших – наприклад, моделі

фірми NIKE), а також для різних статевих груп, які ще поділяються за віком (наприклад, чоловічої та дитячої – фірм REEBOK, NIKE).

Була розроблена структурна таблиця класифікації основних деталей верху (союзок, берців, задинок, надблочників, обсоюзок, п'яткових амортизаторів), а також деталей низу (підшов) спортивного взуття для волейболу, баскетболу та гандболу, що дозволить значно зменшити та автоматизувати процес конструкторської підготовки при виготовленні спортивного взуття.

У результаті аналізу імпорتنих аналогів різних фірм-виробників та вимог до взуття, які визначаються означеними видами спорту, на уніфікованих колодках була розроблена експериментальна партія уніфікованого дитячого тренувального взуття, яка була надана для експертної оцінки, експериментальної пригінки, апробації та експериментального носіння в дитячу спортивну школу м. Києва. Як результат, був отриманий позитивний висновок спортсменів й рекомендації щодо подальшого виробництва даного взуття.

Надійшла 27. 11. 2000 р.

УДК 685.31.02

В.П. КОНОВАЛ, Г.В. ПОЛІЩУК
Київський Державний Університет технологій і дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗАХВАТУ ЗІ СТОСУ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХУ ВЗУТТЯ

Обґрунтовується доцільність автоматизації операції захвату деталей заготовок верху взуття зі стосу та пропонується пристрій для надійного виконання цієї операції. Аналізуються різні операції автоматизованого захвату та відокремлення деталей заготовок верху взуття від стосу.

The parities of parameters of the atomised operation of grab of details of bars of footwear from the stops ensuring reliable fulfilment of indicated operation are investigated.

На даний час легка промисловість знаходиться в стадії технічного переозброєння, внесення нових технологій виготовлення взуття з використанням автоматизованого ресурсозберігаючого обладнання.

Виготовлення вітчизняного спеціального взуття на сучасному автоматизованому обладнанні з використанням новітніх технологій є важливим як в економічному, так і в стратегічному значеннях.

Проблема розробки техпроцесу автоматизованого збирання заготовок верху взуття пов'язана з рішенням таких науково-технічних задач [1]:

1. підготовка заготовок (за формою, за точністю розмірів);
2. орієнтування деталей верху в накопичувачах збиральних пристроїв;
3. надійність операцій захвату та відокремлення деталей від стосів та транспортування їх, без порушення орієнтації, на збиральну позицію;
4. розробка оптимальної точності базування, взаємного орієнтування та фіксації при укладанні деталей на збиральних позиціях;
5. відхід, в технологічно-організаційному плані, від традиційно диференційованих технологій, що потребують велику кількість виконавців зі своїми фізичними можливостями та суб'єктивними особливостями;
6. розробка легко переналаджувального технологічного автоматизованого обладнання.

На даному етапі відсутні технологічні та організаційно-конструкторські основи вирішення багатьох із вищевказаних задач. Але ряд відомих теоретичних та практичних праць по автоматизації взуттєвих процесів є вагомим базисом для вирішення задач по автоматизації з'єднання заготовок верху взуття.

У галузі технології автоматизованого збирання взуттєвих заготовок верху та взуття важливе місце займають праці проф. Г.А. Піскорського, д.т.н., проф. І.І. Капустина, д.т.н., проф. Л.А. Тонковида, к.т.н. І.С. Стоянова, к.т.н. Г.М. Драпака, д.т.н. С.С. Арутюняна, к.т.н., доц. С.П. Поломошних, к.т.н. Ж.Г. Авакяна, к.т.н. Реалісон Гі Людовіка та інших.

В багатьох працях, як вітчизняних, так і закордонних вчених вказується, що в наш час існують два напрями у розвитку автоматизації виробничого процесу. Перший – автоматизація окремих операцій, тобто створення одноопераційних автоматів, другий – створення багатоопераційних автоматів, агрегатів та автоматичних ліній, об'єднуючих значну частку або весь технологічний процес. Друге напрямком є більш ефективним та перспективним, так як об'єднує автоматизацію та роботизацію з новою технологією, а також хімізацію процесу [2].

Створення автоматизованого збирального обладнання передбачає комплексне дослідження всіх факторів, присутніх при збиранні взуття, які відносяться безпосередньо, як до технологічного процесу, так і до засобів, його реалізуючих.

Вже близько 15-ти років у взуттєвих галузях провідних країн світу використовують швейні напівавтомати, в яких вузли заготовок верху взуття пошиваються у спеціальних пристроях – палетах. Це напівавтомати таких фірм, як “PFAF”, “USM”, “Torielli”, Орловського заводу “ТЕКМАШ” 31-33 класу та інших.

Палети являють собою складну багатоступкову конструкцію, до якої вручну закладаються деталі вузлів заготовок верху взуття. Після пошиву в автоматизованому режимі на напівавтоматі палети вручну знімаються. З палет, в свою чергу, виймаються пошиті вузли заготовок, які проходять потім технічний контроль.

Застосувавши операції автоматизованого захвату, транспортування та укладання деталей, можна значно спростити конструкцію палети та відмовитись від ручного завантаження палет. Це дасть значний резерв підвищення продуктивності праці та покращення якості заготовок верху спеціального взуття. Саме операція автоматизованого захвату деталей заготовок верху взуття зі стосу розглядається в даній роботі.

Вивченням питання автоматизованого захвату деталей заготовок верху взуття займалися такі дослідники, як д.т.н., проф. Л.А. Тонковид, к.т.н. І.С. Стоянов, к.т.н. Г.М. Драпак, к.т.н., доц. С.П. Поломошних, к.т.н. Реалісон Гі Людовік, Р.В. Баркаускас та інші.

Підвищенням точності захоплення деталей за рахунок збільшення точності виготовлення деталей або за рахунок раціонального вибору схеми переміщення захвата та стосів при захопленні деталей займаються проф. Л.А. Тонковид, доц. Г.М. Драпак та інші [3].

Вчені Каунаського технологічного університету Р.В. Баркаускас та Ж.К. Шніраїте пропонують фрикційні роликові захвати гнучких деталей [4].

В їх роботі проведено аналіз взаємодії системи: “активним навантаженням рухомий ролик захвату – гнучка деталь, утримується силами тертя в пласкому вигляді”.

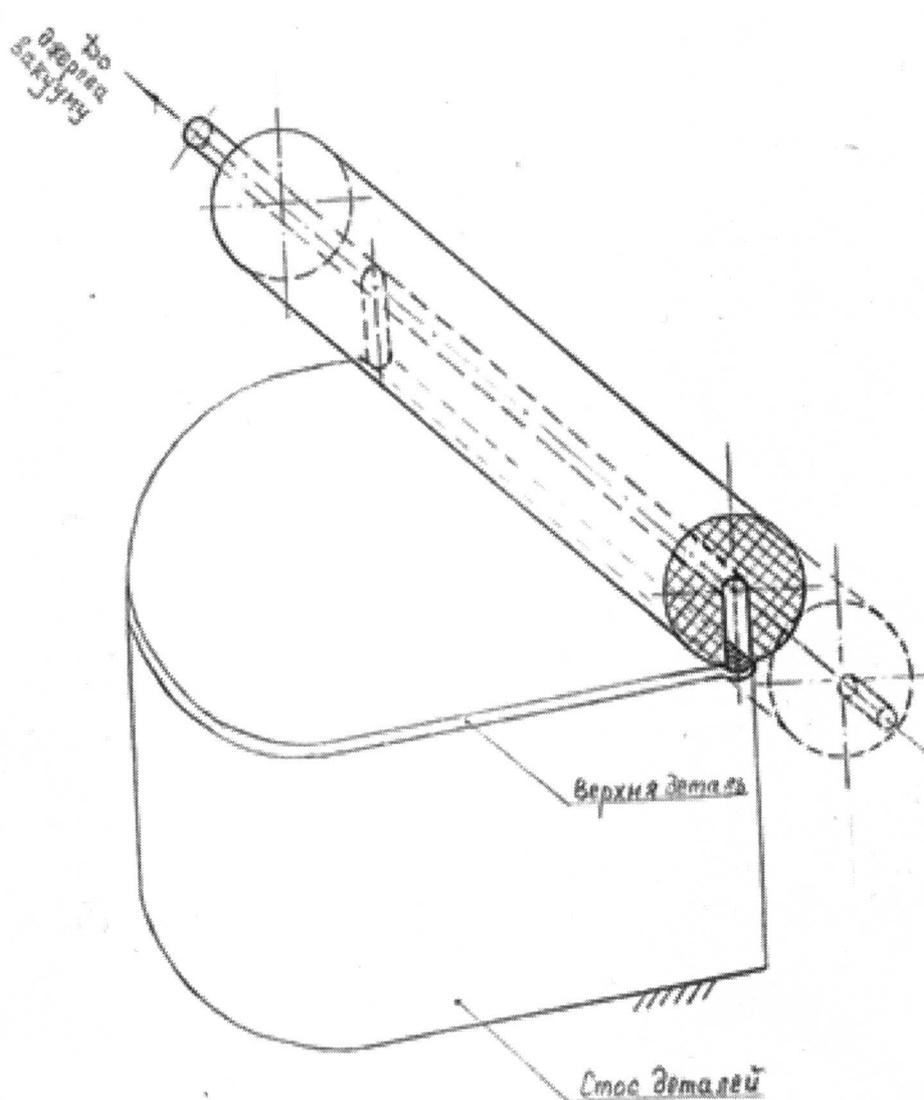
В праці І.С. Стоянова “Разработка и исследование технологического процесса автоматической сборки обувных заготовок” пропонується спосіб прижиму деталей до транспортера-маніпулятора. Автор визначає необхідні параметри процесу пневмозахвату з незамкненою порожниною розрядження та їх характеристики, при яких проходить надійне утримання деталей верху взуття на поверхні транспортера-маніпулятора в границях можливої зміни площі та маси деталей.

Більшість дослідників операції автоматизованого захвату деталей заготовок верху взуття визначають оптимальні параметри вказаної операції без урахування технологічного зв'язку з

попередніми та подальшими операціями, а саме : транспортування, орієнтування, точне укладання на збиральну позицію та інше.

Проведений літературний огляд по даній проблемі, аналіз різних операцій захвату деталей заготовок верху взуття дозволив зробити висновок, що найбільша надійність автоматизованого захвату та відокремлення деталей від стосу забезпечується при захватних операціях, в яких на деталь діє потік повітря або вакуумні присоси.

Специфічні властивості м'яких деталей заготовок верху взуття ускладнюють надійне виконання поштучного відокремлення деталей відразу по всій площі її контакту зі стосом. Тому вважаємо, що найбільш перспективною для м'яких плоских деталей заготовок верху взуття є операція захвату деталей зі стосу за допомогою захватного барабану з розрідженою порожниною [5].



Операція захвату проходить в три етапи (рис.1):

1. захоплення кромки деталі;
2. намотування на барабан (без втрати орієнтації);
3. відокремлення деталі від стосу (або поштучне відокремлення).

Запропонована схема автоматизованої операції захвату дозволяє перемістити деталь на позицію збирання без втрати орієнтації та з точним її укладанням. Захват деталі здійснюється зверху стосу.

Вивчення літературних джерел по автоматизованому збиранню заготовок верху взуття і, конкретно, по питанню автоматизованого захвату деталей показало, що до цього часу ще не розроблені технологічні умови для надійного виконання операції захвату різних деталей заготовки верху із різних матеріалів (юфть, кірза, шкіра хромового методу дублення, бязь, спилок та інші) в автоматизованому режимі.

Тому можна вважати, що дослідження параметрів операції захвату з метою розробки нових технологічних та технічних умов для надійного виконання вказаної операції в автоматизованому режимі для різних деталей заготовок верху взуття є актуальним з наукової та інженерної точок зору.

Література

1. Л.А. Тонковид. Автоматизация сборочных процессов в обувном производстве. – Киев “Техніка”, 1984, с 101-133.
2. С.С. Арутюнян, А.Р. Папоян. Манипуляторы и автоматические устройства для сборки обуви. Учебное пособие. Ереван, 1997, с.7.
3. В.М. Васьков, Г.М. Драпак. Проблеми компонування складальних систем для автоматизації процесу складання заготовок верху взуття. Вісник Технологічного університету Поділля, №5/2000, Ч.1, с.27-28.
4. Р.В. Баркаускас, Ж.К. Шнираите. Взаимодействие роликового схвата с гибкой деталью. Вісник технологічного університету Поділля, №5/2000 Ч.1, с.9-11.
5. В.П. Коновал, Г.В. Поліщук, Ю.І. Тітовський. Пристрій для відокремлення та захвату м'яких плоских деталей зі стосу. Заявка на винахід №99074120 від 16.07.1999, рішення про видачу патенту України від 20.12.1999.

Надійшла 2. 1. 2001 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАТЯГУ НИТКИ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФОРМАЦІЇ ЇЇ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКОВИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

У статті розглянуто вплив натягу ниток різного складу на діаметр їх поперечного перерізу. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження впливу натягу на зміну діаметру. Результати досліджень доцільно використовувати при розробці пристроїв стабілізації натягу на машинах легкої промисловості.

The influence of pull of threads of different composition is considered In article on diameter of their cross-section. They are oorganized theoretical and experimental studies of influence of pull on importance of diameter. The results of studies reasonable to use at development of devices to stabilization of pull on machines of light industry.

Використання сучасних ультразвукових методів контролю стану сировини, що переробляється на технологічному обладнанні, створює передумови для розробки більш досконалих способів оцінки ходу технологічних процесів текстильного та трикотажного виробництва. Ультразвукові безконтактні прилади технологічного контролю дозволяють з високою точністю контролювати зміну геометричних параметрів матеріалів та сировини [1]. Одним з основних технологічних параметрів трикотажного та текстильного виробництва є діаметр поперечного перерізу нитки (допускаємо, що нитка може бути подана як циліндричне тіло [2]). При збільшенні натягу нитки її діаметр зменшується і навпаки, при зменшенні натягу діаметр збільшується за рахунок наявності пружних та пружно-пластичних складових деформації [3]. У даній статті приведено результати досліджень по визначенню впливу натягу нитки на величину деформації її поперечного перерізу. Такий підхід дозволяє створити методику безконтактного визначення величини натягу нитки по зміні діаметра її поперечного перерізу.

Припустимо, що до деформації нитка мала довжину L_0 та діаметр поперечного перерізу d_0 . При розтягу її довжина зростає до величини $L = L_0 + \Delta L$, діаметр поперечного перерізу зменшується та прийме значення d . Визначимо залежність зміни маси в умовному об'ємі $L_0 \cdot \pi d_0^2 / 4$. Різниця між масою при деформації ΔL та масою нитки (для початкового об'єму) до деформації буде дорівнювати (знак “-“ вказує на те, що маса нитки у початковому об'ємі зменшується)

$$m(L_0 + \Delta L) - m(L_0) = -\Delta m \quad (1)$$

Величину Δm можливо визначити також як добуток :

$$\Delta m = \frac{\pi d^2}{4} \Delta L \cdot \sigma, \quad (2)$$

де σ - об'ємна щільність речовини у початковому об'ємі.

Об'ємну щільність можливо визначити як

$$\sigma = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 (L_0 + \Delta L)}, \quad (3)$$

де m - маса речовини нитки у початковому об'ємі.

З рівнянь (1) – (3) отримуємо :

$$\frac{\Delta m}{\Delta L} = - \frac{m}{(L_0 + \Delta L)}.$$

При переході в останньому рівнянні до границі (при $\Delta L \rightarrow 0$) маємо наступне диференційне рівняння

$$\frac{dm}{m} = - \frac{dL}{L_0}. \quad (4)$$

Після інтегрування диференційного рівняння (4) з урахуванням початкових умов, маємо :

$$m = m_0 \bar{a}^{\frac{L}{L_0}} = m_0 e^{-\varepsilon}, \quad (5)$$

де ε - відносна деформація розтягу;

m_0 - маса нитки при відсутності деформації.

Для переходу до діаметру поперечного перерізу нитки необхідно порівняти об'ємні щільності нитки до та після розтягу. Зрозуміло, що :

$$\frac{m}{V} > \frac{m_0}{V}. \quad (6)$$

Використовуючи закон збереження маси речовини, нерівність (6) може бути перетворена до наступного виразу :

$$\frac{m}{V} = k(p) \frac{m_0}{V},$$

де $k(p)$ - певна функція, що залежить від величини натягу нитки.

Умова (6) пояснюється таким чином. При збільшенні натягу елементарні філаменти нитки, що скручені, отримують більш орієнтовну форму. Умовний об'єм $\pi \cdot \bar{d}^2 / 4$ заповнюється елементарними філаментами більш щільно, зменшується загальний обсяг пустощів. З цього можливо зробити висновок, що об'ємна щільність розтягнутої нитки буде більшою, ніж нерозтягнутої. Функція $k(p)$ залежить від натягу нитки. Її остаточний вигляд може бути поданий на основі експериментальних досліджень у вигляді :

$$k(p) = a_0 p + a_1 p^2 + a_2 p^3 + \dots + a_{n-1} p^n. \quad (7)$$

Наприклад, для бавовняної пряжі 29 текс вона може бути подана залежністю (для діапазону зміни натягу від 20 до 30 сН) :

$$k(p) = 0,07p. \quad (8)$$

Вирішуючи сумісно (5) – (8), отримуємо :

$$d = d_0 \sqrt{\frac{1}{0,07p} e^{-\frac{4P}{E\pi d^2}}}, \quad \varepsilon = \frac{4P}{E\pi d^2}, \quad (9)$$

де E - модуль пружності нитки на розтяг.

Рівняння (9) є трансцендентним. Його рішення виконувалось методом дихотомії ($E = 4 \cdot 10^9$ Н/м² [2], $d_0 = 0,215$ мм) для бавовняної пряжі 29 текс. Залежність діаметру нитки від натягу приведено на рис. 1.

Отриману криву було апроксимовано такою залежністю

$$d = a + bP + ce^P + d \frac{\ln P}{P} + \frac{e_1}{P^{1,5}}, \quad (10)$$

де $a = 0,0783$, $b = -0,00037$, $\tilde{n} = 2,5 \cdot 10^{-2}$, $\bar{d} = 0,781$, $e_1 = 0,778$.

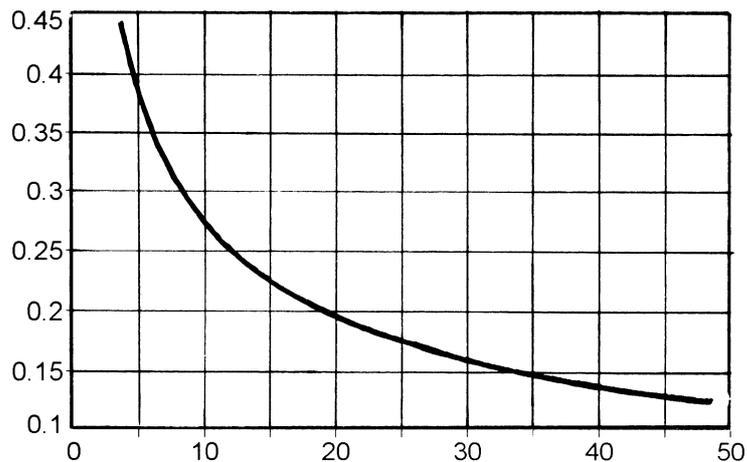
$d, \text{мм}$  $P, \text{сН}$

Рис.1 Залежність діаметру нитки від натягу для бавовняної пряжі 29 текс

При проведенні аппроксимації використовувались відомі прикладні програми. Рівняння (10) зв'язує між собою натяг нитки P та її діаметр d .

Для перевірки вірності та коректності зроблених припущень при теоретичному дослідженні у роботі було проведено серію експериментальних досліджень. При цьому діаметр нитки визначався за допомогою високочутливого ультразвукового приладу.

Матриця активного експерименту та результати вимірювань подані у таблиці 1.

Для проведення експерименту було вибрано бавовняну пряжу кардного прядіння 29 текс ($d_0 = 0,215$ мм); вовняна пряжа (гребінна) 31 текс ($d_0 = 0,238$ мм); віскозна комплексна нитка 29 текс ($d_0 = 0,221$ мм); капронова комплексна нитка $15,6 \times 2 = 31,2$ текс ($d_0 = 0,216$ мм). Вибір ниток, що мають приблизно однаковий діаметр, ставив метою визначення впливу фізико-механічних властивостей різних ниток на залежність зміни натягу від деформації поперечного перерізу. Після обробки експериментальних даних при довірчій вірогідності 95% були отримані наступні рівняння регресії, адекватність яких визначалась за допомогою критерію Фішера:

для бавовняної пряжі:

$$d = 0,28 - 0,005P + 2 \cdot 10^{-5} P^2 + 2 \cdot 10^{-5} P \alpha_{\text{е}} - 5,6 \cdot 10^{-4} \alpha_{\text{е}}, \quad (11)$$

для вовняної пряжі:

$$d = 0,245 - 0,003P + 3,8 \cdot 10^{-5} P^2, \quad (12)$$

для віскозної комплексної нитки

$$d = 0,255 - 0,004P + 2,5 \cdot 10^{-5} P^2 - 4 \cdot 10^{-4} \alpha_{\text{е}} + 1,3 \cdot 10^{-5} P \alpha_{\text{е}}, \quad (13)$$

для капронової комплексної нитки

$$d = 0,205 - 0,003P + 2,5 \cdot 10^{-5} P^2. \quad (14)$$

N варі- анту	X_1	X_2	X_1 X_2	Натяг P , сН	Крутіня $\alpha_{\hat{e}}$, кр/м	Діаметр нитки d , мм			
						Бавовняна пряжа	Вовняна пряжа	Віскозна Комп- лексна нитка	Капроно- Ва комп- лексна нитка
1	0	0	0	30,0	100	0,160	0,174	0,154	0,156
2	-1	-1	-1	50,0	80	0,140	0,160	0,139	0,145
3	-1,414	0	0	1,7	100	0,210	0,231	0,211	0,203
4	-1	1	-1	10,0	120	0,200	0,233	0,203	0,210
5	1,414	0	0	53,8	100	0,144	0,164	0,142	0,150
6	-1	-1	-1	10,0	80	0,210	0,230	0,204	0,200
7	0	0	0	30,0	100	0,161	0,173	0,155	0,155
8	0	-1,414	0	30,0	71,7	0,168	0,180	0,163	0,168
9	0	1,414	0	30	128,3	0,169	0,186	0,167	0,171
10	1	1	1	50	120	0,160	0,175	0,157	0,160

Значення коефіцієнтів в рівняннях регресії (11) – (14) визначали за відомими методиками. На рис.2 подана діаграма оцінки значень коефіцієнтів для бавовняної пряжі. Стовпчики діаграми, що знаходяться справа від вертикалі $z - z$, відповідають критерію значимості. На рис.3а та 3б подані відповідні поверхні відклику та перерізу поверхні відклику для різних рівнів.

Порівняння розрахункових та експериментальних даних дозволяє зробити висновок про те, що залежності (5), (9) –(10) можна використовувати не тільки для якісного, але і для кількісного опису взаємозв'язку величини деформації поперечного перерізу нитки з її натягом.

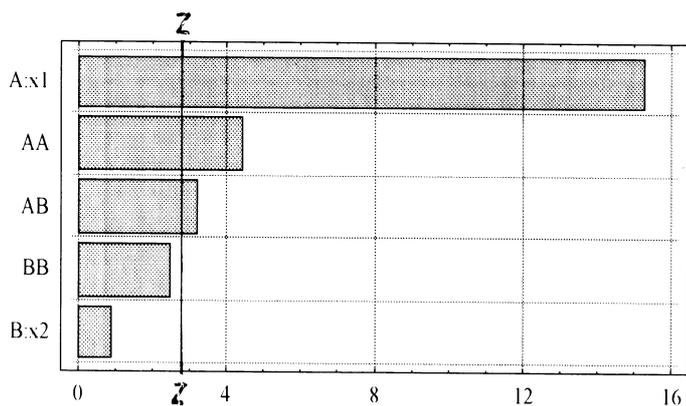
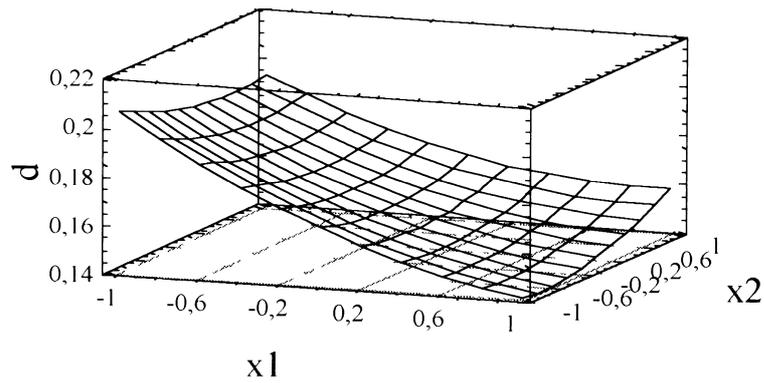
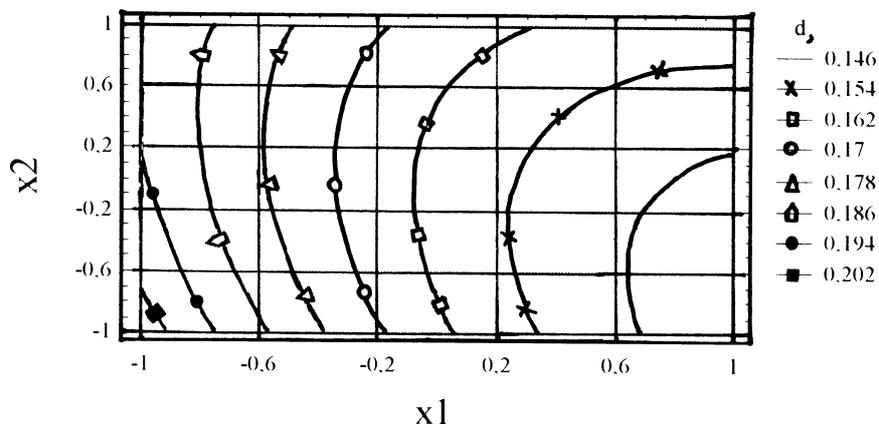


Рис.2 Діаграма оцінки значимості коефіцієнтів регресії для бавовняної пряжі 29 текс



а



б

Рис. 3. а – поверхня отклику б – переріз поверхні отклику для різних рівнів для бавовняної пряжі 29 текс.

Результати проведених досліджень можливо використовувати для удосконалення нитконатяжних пристроїв трикотажних та текстильних машин з точки зору стабілізації натягу основи.

Література

1. Скрипник Ю.О., Здоренко В.Г. Стан та перспективи розвитку ультразвукових систем контролю товщини матеріалів та виробів// Контроль та управління в технічних системах. – Вінниця.: УНІВЕРСУМ ВІННИЦЯ. 1997. с. 70– 76.
2. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980. – С.160.
3. Селиванов Г.И.. Изменение диаметра хлопчатобумажных крученых нитей при различном натяжении // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1963. – № 1. – С. 23 – 26.

Надійшла 5. 1. 2001 р.

ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ КАПІЛЯРНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В статті розглянуто деякі питання дослідження капілярних процесів в абстрактних капілярно-пористих тілах (КПТ), а також в текстильних матеріалах. На підставі експериментально отриманих результатів пропонується графічне умовне відображення процесу загального капілярного підняття рідин в КПТ, яке передбачає розподіл цього процесу на три основні етапи.

Властивості текстильних матеріалів різного асортименту (ткани, неткани, трикотажні, ткано-трикотажні тощо) оцінюються за допомогою фізико-механічних, оптичних, хімічних, геометричних та інших характеристик, серед яких важливе місце займають і гігроскопічні. Спектр гігроскопічних властивостей вказаних матеріалів широкий, оскільки пов'язаний не тільки з природою волокна чи оздоблювального апарета конкретного текстильного полотна, але й, наприклад, видом його переплетення, товщиною, пористістю, та іншими морфологічно-структурними особливостями. Тому оцінка гігроскопічних характеристик проби, до яких обов'язково повинні належати власне гігроскопічність, вологовбирання і вологовіддача (сорбування, десорбування, кінетика висихання), вологотривкість та капілярність є одними із основних показників, оскільки максимально ототожнюються з поняттям гігієнічності одягу, як побутового, так і спеціального призначення.

Відомо, що капілярні процеси можуть бути обумовлені різними за походженням причинами, як, наприклад, впливом сил міжмолекулярної взаємодії на рівновагу і переміщення вільної поверхні рідини або поверхні розподілу рідин, що не змішуються, капілярним тиском, температурою тощо. Найбільш поширені капілярні явища спостерігаються в момент підняття рідини в вузьких трубках (капілярах) чи пористих системах, що є умовою багатьох процесів, які постійно проходять в природі та при використанні різних хіміко-технологічних режимів обробки текстильних матеріалів (міграція води в ґрунті і рослинах, просочування, оздоблення, фарбування та інше). В основу вказаних капілярних процесів покладені теорії та результати експериментальних досліджень Р. Гука, Дж. Жюрена, Т. Юнга, Пуазейля, П. Лапласа, Уошберна, П. Ребіндера, Б. Дерягіна, А. Браславського та інших, які, вважаючись класичними, використовуються і сьогодні для вивчення закономірностей в різних пористих системах. Але якщо врахувати, що згадані теоретичні надбання були відпрацьовані і доведені, в основному, на штучних капілярно-пористих моделях, виготовлених зі скла або глини, що мають конкретні фізико-хімічні та структурні властивості, то їх опосереднення та використання для інших, наприклад, волокнистих систем (тканин), які характеризуються своїми особливостями, повинні бути науково-обґрунтованими.

Так, аналіз літературних джерел свідчить, що з різних причин, найменш вивченими в цьому відношенні є капілярні властивості текстильних матеріалів. Однією з основних причин є та, що при їх дослідженні рекомендується використовувати закономірності, які протікають в скляному капілярі, як фізичній моделі, що може мати сталий або заданий внутрішній радіус, довжину (висоту), характеризується конкретними властивостями матеріалу з якого він виготовлений, а відтак і величиною крайового кута змочування, його внутрішньої поверхні по відношенню, наприклад, до дистильованої води. Якщо врахувати, що критерієм оцінки капілярності є висота підняття рідини за конкретний час експерименту, тобто $h = f(t)$, а характеристикою капіляра (як було зазначено вище) є його радіус і $\cos\theta$, і оскільки вказані параметри є головними членами майже в усіх розрахункових формулах, то їх визначення за допомогою теоретичних досліджень, або використовуючи вказану чи іншу фізичну модель з подальшим трансформуванням отриманих закономірностей на інші зразки, наприклад, текстильні матеріали, можуть бути не тільки некоректними, але й такими, що не

відповідають дійсності. Окрім цього, на процес капілярного підняття суттєво впливає природа рідини, внутрішня форма поперечного перерізу капіляра (кругла, трикутна, неправильна тощо) та його фізичні властивості, наявність гідростатичного та капілярного тиску, гістерезис змочування, температура та інші фактори, які (по можливості) необхідно враховувати, або при проведенні досліджень віддавати перевагу найбільш значущим. Очевидно також, що на відміну від скляного капіляра, заміряти радіус або визначити внутрішню форму капіляра волокнистої системи (особливо природного походження), величину гідростатичного і капілярного тиску, значення крайового кута змочування його внутрішньої стінки, тобто отримати вихідні і такі необхідні дані для проведення теоретично-експериментальних досліджень практично неможливо. Тому рівняння Пуазейля і Уошбурна, які використовуються для обчислення капілярних процесів (об'єм рідини що протікає по капіляру та швидкість її підняття), спрощені до такої формули: $h^2 = K't$ (1), і таким чином залежність h від \sqrt{t} , як стверджується, повинна графічно виражатись прямою лінією [1]. Такої ж думки і автор роботи [2], який теоретично, вивчаючи закономірності в вертикальних капілярних системах з використанням рівнянь Нав'є-Стокса і Ньютона, дійшов висновку, що згідно отриманого їм диференціального рівняння кінетики елементарного капілярного підняття рідини одиночним циліндричним капіляром, залежність між швидкістю і висотою її підняття повинна бути лінійною, але тільки при умові, що двома першими його членами необхідно знехтувати, оскільки їхні абсолютні значення є незначними в порівнянні з іншими. Згадане диференціальне рівняння має такий вигляд:

$$\frac{d^2 l}{d\tau^2} + \frac{1}{l} \left(\frac{dl}{d\tau} \right)^2 + \frac{8\eta}{R^2 \rho} \cdot \frac{dl}{d\tau} + g \sin \alpha - \frac{2\sigma \cos \theta(\alpha, \tau)}{R \rho l} = 0, \quad (2)$$

де: $\frac{dl}{d\tau}$ - швидкість підняття рідини в капілярі;

$\frac{1}{l}$ - величина, яка зворотня довжині стовба рідини в капілярі;

η - в'язкість рідини;

R - радіус капілярної трубки;

ρ - густина рідини;

g - прискорення сили земного тяжіння;

α - кут, утворений капіляром з горизонтом;

σ - поверхневий натяг рідини;

$\theta(\alpha, \tau)$ - крайовий кут змочування, величина якого залежить від $\sin \alpha$ і часу експозиції.

Але подальше трактування закономірностей, з врахуванням вивчення характеру залежностей між вказаними величинами, які протікають при дослідженні реальних капілярних систем (фільтрувальний папір, або недостатньо випалена глина), автором вказаної роботи аналізуються, на відміну від прямолінійних, як "криві кінетики підняття рідини..."

Частіше за все, процес капілярного підняття рідини в пористих системах (особливо, в текстильних матеріалах) розглядається як її потік, що проходить безпосередньо в капілярах і, згідно закону Пуазейля [3], рушійною силою при цьому вважається різниця (ΔP) між капілярним (P_k) та гідростатичним (P_g) тиском, математичне значення якої можна описати такою формулою:

$$\Delta P = P_k - P_g = 2\gamma \cos \Theta / \rho g h \sin \alpha \quad (3)$$

де: γ - поверхневий натяг рідини на границі з повітрям;

Θ - крайовий кут змочування

r - еквівалентний радіус капіляр;

h - довжина відрізка просоченої рідиною текстильної стрічки;

α - кут, утворений текстильною стрічкою з горизонтом.

Якщо вираз (3) прийняти за основу, то максимальне капілярне підняття (h_{\max}) рідини у волокнисто - пористій системі можливе тільки при умові, коли капілярний та гідростатичний тиск рівні між собою (тобто $\Delta P=0$), і тоді його значення можна теоретично обрахувати за такою формулою:

$$h_{\max} = 2\gamma \cos\theta / r\rho g \sin\alpha \quad (4)$$

а кінетику капілярного процесу, який проходить при цьому, можна описати рівнянням Уошбурна:

$$h^2 = (\gamma \cos\theta r / 2\eta) \tau \quad (5)$$

і тільки при одній умові, що $P_k \geq P_g$, тобто коли капілярний тиск набагато більший, або дорівнює абсолютному значенню гідростатичного - $\rho g \sin\alpha$. Вказані умови зберігають свою сутність при горизонтальному розміщенні проби, а в разі вертикальної чи іншої її орієнтації, з допомогою згаданих формул можна описати тільки початковий період капілярного процесу. Кінетика переміщення рідини в даному випадку має характер асимптотичної квадратичної залежності. Окрім того, оскільки величину еквівалентного радіуса капіляр через неправильну форму міжволоконних пор теоретично розрахувати неможливо, а величина крайового кута змочування не має постійного значення і залежить від швидкості підняття рідини, то використання рівнянь Уошбурна для реальних текстильних полотен, як сказано в роботі [4], можливе, тільки з врахуванням багатьох умовностей та застережень.

Якщо проаналізувати результати власних експериментів, отриманих з використанням дистильованої води, тканини (виготовлена з 100% бавовняних волокон) і скляних капіляр, то слід зазначити, що раніше сформульована прямолінійна залежність між вказаними величинами спостерігається тільки для останніх. При цьому необхідно відзначити, що швидкість підняття води в скляному капілярі, в порівнянні з іншими зразками, проходить миттєво, і за 1,7...3,2 секунди (в залежності від його діаметра) висота підйому не тільки набуває максимального значення (2,7...4,2 см), але і незмінною в часі. Що ж стосується процесу, який відбувається в разі використання проб із згаданого волокнистого матеріалу, то з врахуванням результатів статистичної обробки постановочних експериментальних даних, кінетика підняття рідини виражається складною кривою ОАВС (рисунок 1) і її можна розглядати як таку, що має певну кількість етапів.

Так, проведені дослідження показали, що за 75 хв. експозиції, максимальна капілярність бавовняної тканини по відношенню до води дорівнює 16,8 см. Причому, на протязі перших 5 хв. експерименту вода піднялась на висоту 7,2 см, що складає майже 42,8% від її максимального значення і графічно, залежність між вказаними контролюючими величинами виявилась прямолінійною (пряма ОА, рисунок), тобто процес, який проходить на першому етапі досліду математично можна описати рівнянням прямої:

$$ax + by + c = 0 \quad (6)$$

Подальше проведення досліджень показало, що другий етап капілярного процесу складний і характеризується різким уповільненням швидкості підняття води з часом, оскільки за останні 70 хв (93,3% від загального) експерименту капілярність проби дорівнювала всього 9,6 см, тобто складала 57,2% від максимального її значення (16,8 см). Залежність між часом експозиції та висотою підняття води на даному етапі графічно представлена кривою лінією АВС (рисунок), яка може бути описана рівнянням параболі:

$$\gamma = \sqrt{\chi} \quad (7)$$

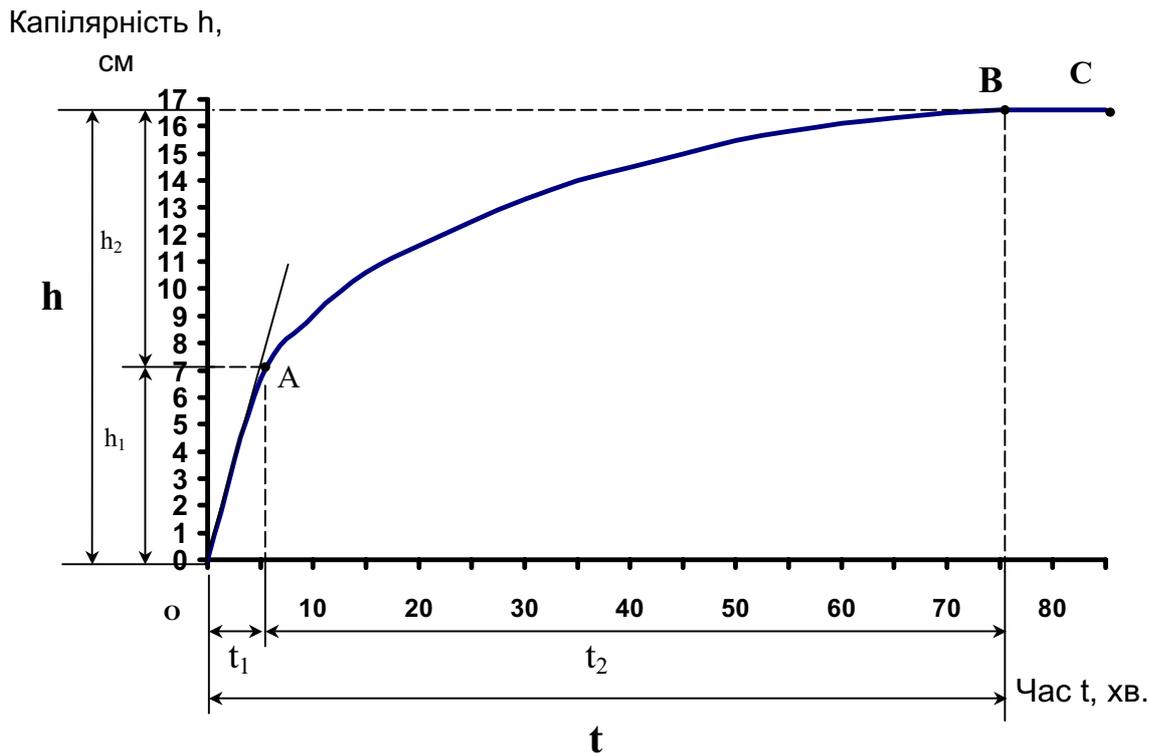


Рис 1. Кінетика підняття рідини капілярами

Якщо врахувати, що аналогічні результати були отримані при вивченні досить широкого асортименту текстильних матеріалів (тканин), то стає очевидним, що капілярний процес, який описується кривою OABC, з врахуванням проведеного аналізу не є постійним в часі, а змінюється від прямолінійного до параболічного. Крім цього, відрізок OA загальної кривої, прямолінійність якого може бути визначена як за допомогою математичних розрахунків, так і графічно, за допомогою дотичної, проведеної до точки переходу обох ліній (точка A), характеризує монотонний кінетичний процес. Відрізок ABC, на нашу думку, складається з двох самостійних етапів: AB – який характеризує нестационарний режим, та BC – стаціонарний, починаючи з точки B, в якій капілярний процес можна вважати закінченим.

Таким чином, протиріччя, що виникають між теоретичними та експериментальними дослідженнями, які пов'язані з кінетикою підняття рідини, особливо для проб, що виготовлені з текстильних матеріалів, є не до кінця з'ясованими, і, в зв'язку з цим, актуальними.

Література

1. Воюцкий С.С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров.- Л.: Химия, 1969.- 336 с.
2. Порхаев А.П. Кинетика впитывания жидкости элементарными капиллярными и пористыми материалами Коллоидный Журнал, Т.-XI, № 5, 1949.- С.346 –353.
3. Герасимов М.Н. Применение паровой обработки текстильных материалов для повышения эффективности процессов их отделки. / дисс. д-ра техн. наук. Л., 1991.
4. Перепёлкин К.Е., Браславский В.А. Особенности капиллярного впитывания жидкости текстильными полотнами. / Текстильная промышленность. № 11, 1991.- С.53-54.

Надійшла 3. 12. 2000 р.

Н.В. ЕКЕЛЬ, О.В. ДАШКОВСЬКА

Київський державний університет технології та дизайну

Р.І. ГВОЗДЯК

Інститут мікробіології та вірусології НАН України

АНТИМІКРОБНІ ТА АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЬОНОМІСТКИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВЗУТТЄВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В даній роботі вивчені антимікробні та адсорбційні властивості льономістких взуттєвих матеріалів. Вперше розглядалось питання бактерицидної дії льономістких текстильних матеріалів на умовно-патогенні для людини бактерії.

The antimicrobial and adsorptive properties of the linen-containing fabrics for the shoe destination are studied. The problem of such fabrics antimicrobial influence to the symbolically pathogenic bacteria, which are harmful for the man, is considered for the first time.

Специфічні властивості тканин визначають найбільшу доцільність їх застосування у виробництві взуття. В зв'язку з цим, гігієнічні властивості матеріалів, такі як гігроскопічність, капілярність, вологопоглинання, вологовіддача, паро- та повітропроникність мають велике значення для оцінки комфортності взуття.

Ці властивості дозволяють регулювати мікроклімат взуття, який обумовлює самопочуття людини, її настрій та працездатність.

Застосування матеріалів з антимікробними та адсорбційними властивостями підвищує гігієнічні властивості та комфортність взуття.

З літератури [2] відомо, що на підкладкові взуттєві матеріали рекомендовано наносити антимікробні обробки.

З цієї точки зору є цікавим та важливим проведення досліджень льономістких матеріалів та визначення їх антимікробних та адсорбційних властивостей.

Дослідження проводились у двох напрямках:

- визначення чистоти матеріалів за наявністю в них сухого залишку;
- визначення антимікробних властивостей та бактериостатичної дії матеріалів.

Визначення чистоти льономістких матеріалів проводилось разом із співробітниками аналітичної лабораторії за методикою ІОХ АН України.

Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

№ з/п	Назва матеріалу	С, ср. %	Н, ср., %	Сухий залишок
1	Багатошарове полотно, дубльоване водяною емульсією ПВА	52,88	6,60	До 1%
2	Багатошарове полотно, дубльоване вогняним методом (прокладковий шар — поролон)	46,64	6,99	4,87

Обробку результатів проводили за формулою:

$$\%C = 0,2729 \cdot 100q^{a-n},$$

$$\%H = 0,1119 \cdot 100q^{b-n},$$

де a — вага CO_2 ,
 b — вага H_2O ,
 q — наважка,
 n — поправка, встановлена за результатом контрольної речовини.

Аналізуючи таблицю № 1 можна стверджувати, що льономісткі тканини практично не мають сухого залишку (4,87% утворилось тому, що прокладковий шар — поролон): тому вони є екологічно чистими, та не містять важких металів.

Всі операції досліджень льономістких матеріалів на бактерицидні властивості проводились асептично, що дозволяє забезпечити відсутність на тканині сторонньої мікрофлори.

Методика випробувань розроблена автором спільно з співробітниками Інституту мікробіології та вірусології НАН України.

Для експерименту були вибрані такі види текстильних матеріалів:

- 1) чистоляна тканина з обробкою;
- 2) багатошаровий матеріал (бавовна + льон);
- 3) багатошаровий матеріал (льон + поролон + льон);
- 4) байка неткана лляна — сувора;
- 5) трикотажне льонокапронове полотно — суворе;
- 6) парусина лляна з обробкою.

Забруднення матеріалу може визначатись його бактерицидними та бактериостатичними властивостями. Для перевірки цих властивостей були використані штами бактерій *Clavibacter michiganensis* 13a та *Erwinia carotovora* 8982, які належать відповідно до грамозитивних і грамнегативних бактерій. Також був досліджений метод дифузії в агарі.

В таблицях 2, 3 наведено результати досліджень.

Таблиця 2

Бактерицидні властивості досліджених матеріалів

Варіант дослідження		Бактерицидна зона тканини (в мм)					
тест-культура	Стерильність тканини	1	2	3	4	5	6
<i>C. michiganensis</i> 13a	Стерильна	1	0	0	0	0	0
	Нестерильна	1	—	1	1	1	1
<i>E. carotovora</i> 8982	Стерильна	1	1	1	1	1	1
	Нестерильна	0	0	0	0	0	0

Отримані дані, свідчать про слабку антимікробну активність зразків тканини. Бактеріостатичні дії (затримання росту бактерій) більше виявляються у нестерильних тканинах, у стерильних тканинах вони близькі до неактивних.

Таблиця 3

Бактеріостатичні властивості досліджених матеріалів

Варіанти дослідження		Зона затримки росту бактерій тканиною (в мм)		
тест-культура	стерильність тканини	1	2	4
<i>C. michiganensis</i> 13a	Нестерильна	8	8	7
	Стерильна	2	2	1
<i>E. carotovora</i> 8982	Нестерильна	0	0	1
	Стерильна	0	0	1

Найбільшою бактериостатичною дією володіють матеріали 1, 2.

Можливі випадки, коли антибактерицидні речовини нерозчинні у воді, і вони методом дифузії в агарі не виявляються. Тому були вивчені антибактеріальні дії тканин у рідкому середовищі — м'ясопептонному бульйоні (МПБ). Тканини стерилізувались разом з МПБ у пробірках при 1 атмосфері. Досліди проводились зі штамми бактерій *S. michiganensis* 13a і *E. carofovora* 8982. Засів поживного середовища (МПБ) проводився з розрахунку 10^3 клітин/мл. Контроль — МПБ + бактерії без тканин. Через 18 годин у контролі спостерігалось зростання бактерій (змутнення бульйону), у той час як у всіх варіантах досліду тест-культура *S. michiganensis* 13a не росла, штам *E. carofovora* 8982 виявив дуже слабкий ріст. Через три доби в усіх варіантах досліду спостерігали інтенсивний ріст (таблиця 4).

Таблиця 4

Результати дослідів по впливу на ріст бактерій стерильних тканин в МПБ

Варіант досліду		Зріст тест-культур в МПБ з тканиною						Контроль МПБ без тканин
Тест-культура	Інкубація протягом часу	1	2	3	4	5	6	
<i>S. michiganensis</i> 13a	18	—	—	—	—	—	—	+
	72	#	#	#	#	#	#	#
<i>E. carofovora</i> 8982	18	—	—	—	—	—	—	#
	72	+	#	#	#	#	#	#

Примітка: “—” — відсутність видимого зростання бактерій;

“#”, “+” — інтенсивний зріст бактерій.

Відставання у зростанні в дослідних зразках порівняно з контролем може виникнути за рахунок як бактеріостатичних дій, так і адсорбційних властивостей тканин.

Спеціально поставлені досліди з тест-культурою *P. acruginosa* 8982 вказують на високі адсорбційні властивості тканин. Якщо у контролі кількість бактерій більш 10^6 клітин/мл, то в рідині над тканиною їх було в 20 раз менше. При цьому самою великою адсорбційною властивістю володіє тканина 1 і 2.

Результати досліджень підтверджують бактеріостатичні дії тканин на умовно-патогенні для людини бактерії *S. michiganensis* 13a і *E. carofovora* 8982.

Таблиця 5

Адсорбційна здатність тканинами клітин *P. acruginosa*

Тест-культура	Кількість кое клітин у 1 г тканини ($\times 1000$)						К
	1	2	3	4	5	6	
<i>P. acruginosa</i> 8982	114	102	308	480	285	250	2040
% до контролю	5,6	5,0	15,0	23,5			

Література

1. М.Г. Любич «Обувное материаловедение», изд. Легкая индустрия, 1970 г.
2. З.С. Марков, А.И. Саутин, К.А. Раппорт «Гигиена одежды и обуви», М., 1967 г.
3. Окунев Г.С. «Физиолого-гигиеническая оценка эффективности применения системы кондуктивного обогрева». В сб. науч. исслед. труды, 1974, №26, с. 39-51.
4. Минх А.А. «Методы гигиенических исследований», М., 1967 г.

Надійшла 19. 12. 2000 р.

УДК 677.075:658.628

О.П.КИЗИМЧУК, Ф.А.МОЙСЕСЬКО

Київський державний університет технологій та дизайну

ФОРМОСТІЙКІСТЬ ТРИКОТАЖУ ПЕРЕПЛЕТЕННЯ ТРЬОХГОЛКОВИЙ УТОК-СУКНО

Приведено результати дослідження формостійкості основов'язаного трикотажу переплетення трьохголковий уток-сукно, виготовленого з використанням змішаної лляної пряжі.

Під час експлуатування одяг зазнає впливу механічних навантажень, вологи та тепла, які сприяють виникненню в деталях одягу деформацій згину, крутіння, розтягування, а також зміні лінійних розмірів, що в кінцевому результаті призводить до погіршення зовнішнього вигляду виробу, його форми. Дослідженнями встановлено, що головними властивостями, які впливають на формостійкість одягу, є жорсткість, пружність, незминання, стійкість до розтягування та замочування.

Наявність уткових ниток в трикотажі суттєво впливає на його фізико-механічні властивості. Так, уткові нитки, які розташовані між остовами та протяжками петель, перешкоджають зміні конфігурації ниток в петлях ґрунту при релаксаційних процесах в трикотажі та зменшують зміни його лінійних розмірів. Уткові нитки збільшують жорсткість трикотажу у напрямку їх розташування, яка збільшується зі збільшенням лінійної щільності, жорсткості та скручення самої нитки. Наявність в структурі трикотажу прямолінійних відрізків уткових ниток впливає також на змінання трикотажу.

Предметом дослідження є основов'язаний трикотаж переплетення трьохголковий уток-сукно, який вироблено на основов'язальній машині типу «Кокетт» з віскозних ниток лінійною щільністю 13,3 текс як ґрунтових та змішаної лляної пряжі лінійною щільністю 25 x 2 текс як уткових ниток. Набирання уткової гребінки здійснювалося через одну вушковину при повному набиранні ґрунтової гребінки. Дослідження проведено в рамках реалізації матриці планування експерименту за планом Бокса (В2). Як керовані незалежні фактори були прийняті: x_1 – довжина нитки утку та x_2 – довжина нитки в петлі сукно. Результати експерименту наведені в таблиці 1.

Проведені дослідження показують, що основна зміна лінійних розмірів полотна переплетення уток-сукно досліджуваного заправлення відбувається вже після першого прання і пов'язана, перш за все, з високим показником усадки змішаної лляної пряжі (7-8%). Зі збільшенням довжини нитки в петлі сукно збільшується усадка вздовж петельних стовпчиків та зменшується вздовж петельних рядків. Збільшення довжини нитки утку практично не впливає на усадку вздовж петельних стовпчиків та значно збільшує усадку вздовж петельних рядків.

Жорсткість на згин основов'язаних полотен переплетення уток-сукно вздовж петельних стовпчиків при зміні довжин ниток в петлях змінюється в межах від 1300 до 2000 сН·см² (див. табл. 1), що відповідає прогинанням проб в інтервалі 65-67 мм. Показник жорсткості трикотажу на згин вздовж петельних рядків в декілька разів більший та виражається таким рівнянням другого порядку в кодованих значеннях змінних :

$$Y \{EI\} = 5940 + 1529 x_1 - 1894 x_2 + 1695 x_1^2 + 2003 x_1 x_2.$$

Таким чином, змінюючи тільки довжини ниток утоку та в петлях сукно, можливо одержати основов'язані полотна різної жорсткості на згин поперек полотна при невеликій її різниці вздовж полотна.

На показник незминання має вплив спосіб проведення дослідів – спосіб складання полосок трикотажу лицьовою стороною всередину чи зовні. Результати проведених експериментів показують (див. табл. 1), що найбільше незминання, а відповідно й підвищену формостійкість, мають полотна з мінімальним співвідношенням довжин ниток утоку та петлі сукно (варіант 2).

Характеристики, що найчастіше використовують для оцінки формостійкості текстильних матеріалів при одноциклових дослідженнях, являють собою деформацію та її складові частини. Проведені дослідження показують, що розтягнення дослідного трикотажу збільшується за шириною та зменшується за довжиною зі збільшенням співвідношення довжини нитки утоку та довжини нитки в петлі сукно, а трикотаж зі співвідношенням 0,65 має приблизно однакове розтягнення як вздовж петельних рядків, так і вздовж петельних стовпчиків.

При розтягненні вздовж петельних стовпчиків довжина утоку не впливає на складові частки деформації, а зі збільшенням довжини нитки в петлі сукно відбувається значне зниження часток швидкозворотньої (з 0,38 до 0,26) і повільнозворотньої (з 0,25 до 0,17) деформації та збільшення (з 0,38 до 0,60) частки незворотної деформації. Таким чином, трикотаж з мінімальною довжиною нитки в петлі сукно має найбільшу формостійкість при розтягненні вздовж петельних стовпчиків. При розтягненні трикотажу вздовж петельних рядків частка незворотної деформації складає приблизно 50 %, при цьому зміна довжин ниток в петлях чи їх співвідношення практично не впливають на цей показник.

Таким чином, проведені дослідження показують, що основов'язаний трикотаж переплетення трьохголковий уток-сукно, який виготовлено зі змішаної лляної пряжі як утокової та віскозних ниток як ґрунтових, зі співвідношенням довжин ниток утоку та петлі сукно 0,62-0,66 має високу формостійкість:

- ◆ повна усадка – 2÷4 % вздовж петельних стовпчиків та 8÷10 % вздовж петельних рядків;
- ◆ жорсткість на згин – 1200÷2000 сН·см² вздовж петельних стовпчиків та 10000÷11500 сН·см² вздовж петельних рядків;
- ◆ середні показники незминання: 40÷60 % вздовж петельних рядків та 62÷68 % вздовж петельних стовпчиків незалежно від способу зминання;
- ◆ розтяжність трикотажу при навантаженні 5 % від розривного вздовж петельних стовпчиків складає 20÷28 %, а вздовж петельних рядків - 17÷19 %;
- ◆ частка незворотної деформації - 46÷48 % при розтягненні вздовж петельних стовпчиків та 44÷47 % при розтягненні вздовж петельних рядків, а частка швидкозворотньої – відповідно 21÷28 % та 36÷38 %.

Таблиця 1

Властивості трикотажу переплетення трьохголковий уток-сукно

Показник	Значення показника							
	2	6	7	1	4	5	8	3
Варіант зразка	2	6	7	1	4	5	8	3
Довжина нитки утоку, мм	2,86	2,86	3,15	3,44	2,86	3,44	3,15	3,44
Довжина нитки в петлі сукно, мм	5,55	5,05	5,55	5,55	4,55	5,05	4,55	4,55
Співвідношення довжин ниток l_y/l_c	0,52	0,56	0,57	0,62	0,63	0,67	0,70	0,76

Усадка, %	вздовж петельних стовпчиків	3,0	2,8	4,0	3,6	1,9	2,9	1,1	2,2	
	вздовж петельних рядків	6,0	9,1	9,8	10,0	8,0	10,1	12,2	14,4	
Жорсткість на згин, сН·см ²	вздовж петельних стовпчиків, EI _c	1809	1339	1307	1237	2040	1734	1598	1799	
	вздовж петельних рядків, EI _p	4060	5086	4518	10105	11273	10184	9465	9306	
	коефіцієнт жорсткості, EI _c /EI _p	0,45	0,26	0,29	0,12	0,18	0,17	0,16	0,19	
Незмінання, град.	вздовж петельних ст.	лицем зовні	42,0	38,1	31,6	31,7	39,8	37,2	38,9	35,5
		лицем всередину	74,1	64,2	65,3	68,9	62,3	66,4	60,4	60,1
	вздовж петельних рядків	лицем зовні	74,8	65,2	72,4	62,3	66,4	68,3	66,4	72,8
		лицем всередину	62,3	57,8	54,6	44,4	61,5	61,6	53,6	53,9
деформація вздовж петельних стовпчиків	повна, %	46,5	32,9	37,4	28,3	20,0	25,4	22,3	26,0	
	частка швидкозворотньої	0,231	0,346	0,295	0,211	0,364	0,397	0,287	0,409	
	частка повільнозворотньої	0,179	0,233	0,162	0,225	0,209	0,217	0,229	0,276	
	частка незворотньої	0,590	0,421	0,543	0,564	0,427	0,386	0,484	0,315	
деформація вздовж петельних рядків	повна, %	14,1	17,4	17,2	18,6	17,7	18,6	21,3	22,7	
	частка швидкозворотньої	0,362	0,315	0,292	0,380	0,365	0,276	0,283	0,309	
	частка повільнозворотньої	0,157	0,229	0,196	0,171	0,165	0,228	0,209	0,173	
	частка незворотньої	0,481	0,456	0,512	0,449	0,470	0,496	0,508	0,518	

Надійшла 26. 11. 2000 р.

А.А. МИЧКО

Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

Н.А. МИЧКО

Севродонецький технологічний інститут

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ НА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проведено дослідження впливу розчинів сірчаної кислоти різних концентрацій на розривні характеристики спеціальних текстильних матеріалів, які використовуються для виготовлення кислотозахисних костюмів. Аналіз отриманих результатів показав, що хімічна стійкість проб вовнополіпропіленових (арт.6929) та вовнолавсанових (арт.49706 "С") тканин залежить, в основному, від концентрації сірчаної кислоти, деструктивні дії якої збільшуються з часом експозиції. Так, найбільш активними агресивними рідинами за 8 годин постійного контакту при нормальній температурі проявили (в зростаючому значенні) 80%, 60% і 70% її концентрації.

Захист працюючих на хімічних підприємствах від впливу розчинів різних за природою і концентраціями мінеральних кислот, проводиться за допомогою кислотозахисних костюмів, виготовлених із спеціальних текстильних матеріалів (СТМ). Волокнистий склад СТМ (всього 22 артикули) є складним і формується в першу чергу на основі кислотостійких волокон синтетичного походження (лавсан, поліпропілен, нітрон та інші). Але в якості другого компонента пряжі майже в усіх 8 основних артикулах тканин, які використовуються при виготовленні виробів для захисту від кислот високих концентрацій, згідно умов стандарту [3], використовують природне волокно - вовну. Вказані синтетичні волокна, завдяки природі мономерів та сформованій надмолекулярній структурі отриманих полімерів, можна вважати індиферентними до впливу, наприклад, сірчаної кислоти тільки певних концентрацій і, згідно проведених досліджень [1], розмістити в наступний ряд хемостійкості (по зменшуючому значенню): поліпропіленові, лавсанові і нітронів. Що ж стосується вовняного волокна, то аналізи експериментальних робіт, пов'язаних з вивченням його хімічної стійкості до розчинів мінеральних кислот взагалі і сірчаної зокрема, трактуються неоднозначно. Більшість спеціалістів схильні до того, що вказане волокно є хімічно стійким і тільки частково може руйнуватись в висококонцентрованої сірчаної кислоті при кип'ятінні, а тому, враховуючи вказану властивість, його рекомендують використовувати як для ідентифікації вовномістких сумішей [2], так і для розробки кислотозахисних СТМ [3]. В зв'язку з цим, вказані костюми і сьогодні виготовляються, в основному, із вовнополіпропіленових і вовнолавсанових тканин з різним вмістом синтетичних та природних волокон (арт.6929; арт. 49705 "С"; арт.49706 "С" та інші).

Для збільшення гідрофобізуючих властивостей, з метою постійного збереження кислотозахисного ефекту, вказані текстильні матеріали апретуються дорогоцінними фтормісткими препаратами зарубіжного виробництва (в основному США). Але незважаючи на ці заходи, вироби в умовах хімічного підприємства за 2-3 місяці стають непридатними для експлуатації (по нормах передбачено 6-9 місяців), що є проблемою і одночасно об'єктом для дослідження.

В лабораторних умовах були проведені експерименти, мета яких полягала в виявленні закономірностей, що протікають в процесі обробки проб текстильних матеріалів різного волокнистого складу вказаними агресивними середовищами, які професійно необхідні для подальшого прогнозування спеціального одягу з надійними кислотозахисними властивостями. Дослідні роботи проводились згідно умов, передбачених ГОСТ 16166-80 [3], з тією тільки різницею, що час експозиції дорівнював не тільки стандартному, тобто одній годині, але і восьми годинам. Збільшення часу контакту з агресивною

рідиною різної концентрації, обґрунтовано як загальним терміном експлуатації, так і режимом очистки готового виробу в умовах хімічного підприємства, яка проводиться по графіку (чотири рази на місяць) і ніяким чином не передбачає процедури обов'язкової нейтралізації кислоти, що продифундувала в товщу матеріалу на протязі робочої зміни. Проби СТМ, взяті для дослідження, відрізняються по волокнистому складу і по вихідним фізико-механічним характеристикам. Так, тканина арт.6929 виготовлена із вовнополіпропіленової пряжі (40:60) 2-х шаровим саржевим переплетенням, а тканина арт. 49706 "С"- із вовнолавсанової пряжі (30:70) 1,5-а шаровим переплетенням тієї ж структури. Для збільшення кислотозахисного ефекту СТМ просочуються гідрофобними апретами ГФ (арт. 6929) та ГКР-94 (арт.49706 "С") і в кінцевому варіанті проби тканин при поверхневій щільності 600 і 511 г/м², товщині 2,2 і 1,5 мм, характеризуються (по основі) наступними розривними навантаженнями P_p смужки розміром (25x200 мм): 760 Н і 740 Н відповідно.

В процесі проведення експериментів було встановлено, що проби СТМ арт.6929 після одночасової обробки розчинами сірчаної кислоти змінюють розривне навантаження не в певній послідовній залежності, яка логічно могла б бути пов'язана з її концентрацією та часом експозиції, а по "закону випадковості". Так, концентрована кислота (92%) після одного часу експозиції зменшує розривну величину вовнополіпропіленових проб тільки на 3,6%. Після контакту з 40% і 90% сірчаною кислотою зменшення величини розривного навантаження відбувається на 4,9% і 4,6% відповідно, а дія 60% і 80% агресивної рідини приводить до зменшення вказаної характеристики на однакове значення, тобто на 6,5%. В той же час розчин 50% сірчаної кислоти сприяє зростанню розривного навантаження на 2,2%, а 70% її концентрація - найбільшому його зменшенню - 7,5% (703 Н) в порівнянні з вихідним значенням проби - 760 Н (табл.1).

Таблиця 1

Розривне навантаження проб СТМ після одноденної обробки розчинами сірчаної кислоти

Артикул тканини	Волокнистий склад, %	Концентрація сірчаної кислоти, %							
		0	40	50	60	70	80	90	92
		Розривне навантаження P_p , Н*							
6929	40 Ввов	760	723	777	710	703	710	725	733
	60 ВПП		-4,9	+2,2	-6,5	-7,5	-6,5	-4,6	-3,6
49706"С"	30 Ввов	740	712	754	705	681	648	60	32
	70 ВЛс		-3,8	+1,9	-4,7	-8,0	-12,4	-91,9	-95,7

Примітка: * в чисельнику - значення P_p після обробок; в знаменнику - значення зміни P_p в % до вихідного

Таким чином, якщо взяти за основу величину і послідовність зміни розривного навантаження СТМ арт. 6929 від одночасового впливу сірчаної кислоти, то по ступеню її дії на проби, вказані концентрації (крім 50%) можна розмістити в такий "ряд активності" (по зростаючому значенню): 92%; 90%; 40%; 80% (або 60%) і 70%.

Аналогічні дослідження були проведені і по відношенню до кислотозахисного матеріалу арт. 49706 "С". Отримані результати показали, що на протязі всього процесу експерименту значення розривних навантажень проб зменшується. Так, дія 40% і 60% сірчаної кислоти приводить до зниження міцності тільки на 3,8% і 4,7% відповідно, а починаючи з 70% ці характеристики зменшуються від 8,0% (681 Н) до 91,9% (60 Н) при контакті з 90% агресивною рідиною і до 95,7% (32 Н) при 92% її концентрації. Що ж стосується 50% сірчаної кислоти, то як і в першому випадку, її дія на вовнолавсанову пряжу приводить до незначного, але зростання розривного навантаження на 1,9% (табл.1).

Різде зменшення розривних характеристик проб СТМ арт. 49706 "С", особливо в області високих концентрацій (80-92%), можна пояснити недостатньою гідролітичною стійкістю ПЕТФ-волокон, які активно деструктують в розчинах сірчаної кислоти, починаючи з 80%. Відносно СТМ арт.6929, то слід

відмітити, що ПП-волокна, які на 60% складають пряжу, є навпаки хемостійкими по відношенню до впливу розчинів сірчаної кислоти різної концентрації. Тому основна причина змін розривних величин, яка відбувається в процесі проведення експерименту з вказаними агресивними середовищами, може бути віднесена за рахунок придбані анізотропії властивостей вовняного волокна, особливо основної його високомолекулярної складової - кератину. В зв'язку з цим були проведені додаткові експерименти, сутність яких аналогічна уже проаналізованим дослідженням і полягає в вивченні зміни величини розривного навантаження проб текстильного матеріалу тільки арт.6929 після восьмигодинної обробки розчинами сірчаної кислоти вказаних концентрацій.

В процесі проведення досліджень було встановлено, що збільшення концентрації агресивної рідини сприяє зменшенню величини розривного навантаження і залежність між ними має складний характер. Так, 40% сірчана кислота після восьми годин експозиції руйнує пробу тільки на 3,3% (735 Н), а 50 і 60% - на 6,5% і 15,8% відповідно. Найбільший вплив на деструктивні процеси матеріалу, як і в першому випадку (табл.1), має 70% сірчана кислота, яка зменшила розривні характеристики на 17,8% (625 Н), а розчини 80% і 90% агресивної рідини змінили при цьому контролюючи показники з 760 Н до 680 Н (10,5%) і 710 Н (6,5%) відповідно. Що ж стосується висококонцентрованої 92% кислоти, то ступінь руйнування міцності проби відбулося тільки на 2,6% (табл.2). На основі отриманих експериментальних даних, вказані концентрації сірчаної кислоти можна розмістити в такий "ряд активності" (по зростаючому значенню): 92%; 40%; 90%; (або 50%); 80%; 60% і 70%. Таким чином очевидно, що при збільшенні часу експозиції з однієї до восьми годин найбільш агресивною рідиною по відношенню до змішаного вівнополіпропіленового СТМ є 70% , 60% і 80% її концентрація. Проби матеріалу втрачають при цьому розривні характеристики на 17,8% , 15,8% і 10,5% відповідно (табл.2) і суттєво відрізняються від результатів, які отримані згідно умов ГОСТ 16166-80 (табл.1).

Таблиця 2

Розривне навантаження проб СТМ після восьмигодинної обробки розчинами сірчаної кислоти

Артикул Тканини	Волокнистий склад, %	Концентрація сірчаної кислоти, %							
		0	40	50	60	70	80	90	92
		Розривне навантаження P_p , Н*							
6929	40 Ввов	760	725	710	640	625	680	710	740
	60 ВПП		-3,3	-6,5	-15,8	-17,8	-10,5	-6,5	-2,6

Примітка: * в чисельнику - значення P_p після обробки; в знаменнику - значення зміни P_p в % до вихідного

Необхідно відмітити, що оскільки в стандарті [3] допускається зменшення розривного навантаження проби після одного часу експозиції з сірчаною кислотою на 15%, то СТМ арт.6929 вважається придатним для виготовлення кислотозахисного одягу до дії всіх концентрацій мінеральних кислот (сірчана, соляна, азотна), а матеріал арт.49706 "С" - тільки до дії 80% сірчаної кислоти. Але оскільки вказані умови нормативного документа не підтверджуються як строком експлуатації виробів, так і результатами досліджень, то їх необхідно використати для розробки принципово нового вітчизняного стандарту, з врахуванням технологічного прогресу і технічних вимог хімічних підприємств до кислотозахисного одягу. Що ж стосується арт.6929, то, як показали експерименти, дослідження в цьому напрямку слід продовжити в залежності від часу впливу, концентрацій, природи та температури мінеральних кислот.

Література

1. Мычко А.А. Разработка методов оценки защитных свойств и выбора текстильных материалов для специальных изделий в экстремальных условиях: Автореф. дис... д-ра техн.наук: 05.19.01.-С-Пб., 1997.-50 с.
2. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства: Учеб. пособие для вузов /Б.А.Бузов, Н.Д.Алыменкова, Д.Г.Петропавловский, П.П.Андрюченко,Н.Г.Савчук/ Под редакцией Б.А.Бузова.-4-е изд.,перераб. и доп.-М: Легпромбытиздат, 1991. С. 30-31.
3. ГОСТ 16166-80. Полушерстяные ткани для кислотозащитной одежды. Технические условия. Взамен ГОСТ 16166-70. Введен 01.01.80. -М. Изд-во стандартов, 1979. -8 с.

Надійшла 16. 12. 2000 р.

УДК.678.4.06

О.П. БУРМИСТЕНКОВ, Б.М. ЗЛОТЕНКО,

Київський державний університет технологій та дизайну

М.Є. СКИБА

Технологічний університет Поділля

ВПЛИВ СТРУКТУРИ ЛИТИХ ПОЛІМЕРНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ЇХ МІЦНІСТЬ

Розглянута структурна модель полімерного матеріалу виробів, отриманих методом лиття під тиском. Встановлено зв'язок між характеристиками литтєвої прес-форми, технологічними умовами лиття під тиском, розмірами надмолекулярних утворень і фізико-механічними властивостями литих виробів. Використовуючи запропоновану модель полімерного матеріалу, можна забезпечити умови для формування виробів з заданими експлуатаційними властивостями.

The structural model of polymeric material of details received by a method of moulding under pressure is considered. The connection between the characteristics of the mould, technological parameters of moulding under pressure, sizes of macromolecular formations and physico-mechanical properties of cast products is established. Using the offered model of a polymeric material it is possible to ensure conditions for forming of products with the given operational properties.

Полімерним литим виробам властива анізотропія фізико-механічних властивостей, яка залежить від напрямку течії розплаву в прес-формі і технологічних параметрів лиття. Тому прогнозувати міцність литої деталі можна лише з урахуванням впливу умов формування на структуру полімерного матеріалу.

Однією з найбільш поширених надмолекулярних структур полімерів, що кристалізуються, є сферолітна. Повна швидкість росту сфероліта вздовж радіуса була виражена [1] у вигляді:

$$v = \frac{v_{ак} v_{кк} + v_{ка} v_{аа} + 2v_{ак} v_{ка}}{v_{ак} + v_{ка}}, \quad (1)$$

де $v_{ак}$, $v_{ка}$, $v_{аа}$, $v_{кк}$ - відповідно швидкості приєднання "кристалічного" ланцюга після "аморфного", "аморфного" після "кристалічного", "аморфного" після "аморфного", "кристалічного" після "кристалічного".

Отримана [1] залежність для відносної швидкості росту сфероліта G :

$$G = \frac{v}{v_a} = 1 + \frac{k'}{k'+1} + \frac{k_k k'^2}{k'+1}; \quad (2)$$

де $k' = \frac{v_{ак}}{v_{аа}}$; $k_k = \exp\left(-\frac{\Delta U}{kT}\right)$; ΔU - енергія активації; k - стала Больцмана; T -

температура.

Відомо [3], що при заповненні литтєвої форми у фронтальній частині розплаву розвивається повздовжня течія, яка супроводжується виникненням розтягуючих напружень і подальшою кристалізацією у тонкому поверхневому шарі виробів. Величину цих напружень можна виразити через характеристики прес-форми і технологічні параметри лиття.

Вплив одномірного розтягуючого напруження, прикладеного до розплаву, на характер росту сфероліта враховується залежністю константи k' від параметра f і кута Θ між напрямком сили і віссю макромолекули :

$$k' = k' \exp\left[f \cos\left(\frac{\pi}{2} - \Theta\right)\right], \quad (3)$$

де $f = \frac{Fl}{kT}$; F - сила, прикладена до кінців кристалічної ділянки; l - довжина складки.

Відношення великої осі b сфероліта до малої a визначається відношенням швидкості росту сфероліта в напрямку $\Theta = 0^\circ$ до швидкості росту в перпендикулярному напрямку (рис.1):

$$\frac{b}{a} = \frac{(1+k')[1+2k'\exp f + k_k k'^2 \exp(2f)]}{(1+k'\exp f)[1+2k'+k_k k'^2]}. \quad (4)$$

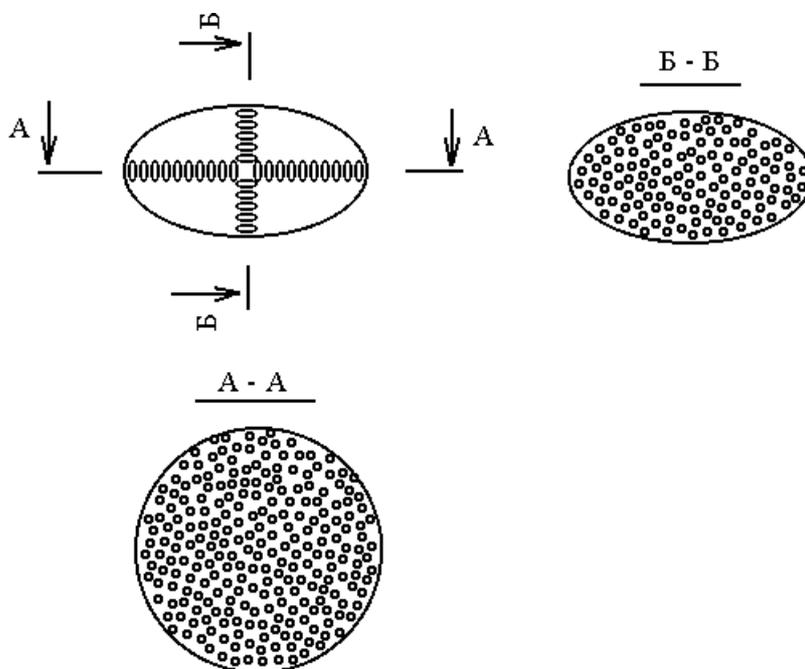


Рис. 1. Структурна модель сфероліта.

Згідно з [2], максимум функції розподілу розмірів сферолітів буде:

$$\varphi_{\max}(x) = \alpha \left(\frac{C}{W} \right)^{\frac{1}{4}}. \quad (5)$$

При тримірних зародишах кристалізації відношення $\frac{C}{W}$ може бути виражене у вигляді:

$$\frac{C}{W} = C_0 \exp \left[\left(\frac{C_1}{R} - B \right) \frac{T_{\text{ПЛ}}^2}{T(\Delta T)^2} - \frac{E_D}{RT} - A \right], \quad (6)$$

де $C_0 = \frac{n_1 kT}{h}$; $B = \frac{8\pi\sigma_T\sigma_B^2}{R\Delta H_m^2}$; n_1 - число молекул в одиниці об'єму рідини; h - стала Планка;

σ_T, σ_B - вільна поверхнева енергія торця і бокової поверхні відповідно циліндричного зародиша, розрахована на одну макромолекулу; ΔH_m - теплота плавлення на мономерну ланку ланцюга; E_D - вільна енергія активації переносу через поверхню розподілу рідина-зародиш; R, A, C_1 - константи.

Вважаючи, що температура кристалізації в пристінних шарах прес-форми дорівнює температурі її стінок T_Φ , можна представити величину переохолодження розплаву у вигляді:

$$\Delta T = T_{\text{ПЛ}} - T_\Phi. \quad (7)$$

Наявність в розплаві розтягуючих напружень впливає на величину температури плавлення [3]:

$$T_{\text{ПЛ0}} = \frac{T_{\text{ПЛ}}}{1 - \frac{T_{\text{ПЛ}} Nk}{2\Delta h} \left(\varepsilon_e^2 + \frac{2}{\varepsilon_e} - 3 \right)}, \quad (8)$$

де N - число сегментів в одиниці об'єму розплаву; Δh - теплота плавлення полімеру; ε_e - відносне подовження (вискоеластичного компонента деформації) розплаву, яке може бути виражене через розтягуючі напруження.

В роботі [4] отримано вираз для визначення модуля пружності орієнтованого аморфного середовища з витягнутими сфероїдальними кристалічними включеннями в напрямку орієнтації більших осей еліпсоїдів, які у нашому випадку моделюють кристалічні ділянки сфероліта, зорієнтовані більшими осями у напрямку розтягання:

$$E_1 = E_a \frac{1 + (1 - 2\nu_a)\chi^2 A_* + (1 + \nu_a)\chi^2 F_*}{1 - (1 + \nu_a)\chi^2 A_{**} - (1 + \nu_a)\chi^2 F_{**}}, \quad (9)$$

де E_a, ν_a - модуль пружності і коефіцієнт Пуассона аморфної фази; A_*, A_{**}, F_*, F_{**} - константи, які визначаються властивостями аморфної і кристалічної фаз, а також геометричними параметрами сфероїдальних включень; χ - степінь кристалічності.

Згідно з [5], для крихких полімерів, що деформуються пружньо, справедливе співвідношення:

$$\sigma_{\max} \cong 0,1E_1, \quad (10)$$

де σ_{\max}, E_1 - теоретична міцність і модуль пружності матеріалу.

При деформуванні матеріалу у напрямку меншої осі сфероліта, тобто напрямку течії розплаву у прес-формі і дії розтягуючих напружень, концентрація несучих еліпсоїдальних включень, а отже степінь кристалічності модельного композиту більша, ніж при деформуванні у перпендикулярному напрямку. Тоді, з виразів (9) і (10) випливає, що модуль пружності та міцність полімерного матеріалу в литих деталях більша при їх навантаженні у напрямку заповнення розплавом прес-форми, ніж у перпендикулярному напрямку.

Таким чином, при проектуванні прес-форм для лиття полімерів під тиском необхідно створювати умови для заповнення оформляючих порожнин, при якому напрямки течії розплаву співпадають з напрямками дії напружень, які виникають під час експлуатації виробів.

Отже, використовуючи розглянуту структурну модель полімерного матеріалу, можна проаналізувати вплив технологічних параметрів процесу лиття під тиском і характеристик технологічної оснастки на фізико-механічні властивості виробів та величину їх анізотропії, а також отримати вироби з заданими експлуатаційними показниками.

Література

1. Ельяшевич Г.К., Френкель С.Я. Кинетическая модель кристаллизации при наличии молекулярной ориентации.//Высокомолекулярные соединения.- 1973. Сер. А, Т. XV.- №12.- С.2752-2758.
2. Арьев А.М., Пронин Л.Н. Распределение размеров сферолитов в полимере.//Полимеры в машиностроении.- Т. VI.- Харьков.: Изд. ХГУ, 1972.- С.20-34.
3. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров.-М.: Химия, 1977.- 464с.
4. Кострицкий В.В. Основы структурной теории ориентационной вытяжки аморфно-кристаллических полимеров.//Механика композитных материалов.-1991.-№6.-С.969-980.
5. Нарисава И. Прочность полимерных материалов.-М.:Химия, 1987.-400с.

Надійшла 9. 12. 2000 р.

УДК 677.021.9

Н.М. ЗАЩЕПКИНА

Херсонський державний технічний університет

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ В ДОСЛІДЖЕННІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПО ПЕРЕРОБЦІ ЛУБОВОЛОКНИСТИХ КУЛЬТУР

Тенденція до споживання екологічно чистих продуктів, що усе сильніше виявляється у світі, вплинула і на текстильну промисловість.

Зараз у світі спостерігається повсюдне зростання інтересу до лубоволокнистих культур.

З лубоволокнистих культур найбільший інтерес являє собою льон. Для України ця технічна культура має велике значення. У 1985 році на долю України припадало 20% світового виробництва лляного волокна.

Лляне стебло складається з деревини і луб'яних волокон, зв'язаних один з одним лігніфікованими серединними пластинками. Після переробки лляної сировини одержують лляне волокно - довге і коротке, костру, що є дробленою деревиною. Внаслідок недосконалості технологій і устаткування, неможливо виділити усе волокно зі стебел. Близько 2-5 % волокна іде в пачоси разом з кострою. Пропустивши костру через спеціальне устаткування, одержуємо клоччя, що характеризується великою засміченістю і пошкодженням волокон.

Останнім часом розроблений ряд технологій, що дозволяють одержувати зі стебел волокна і ряд хімічних речовин, таких як лігнін, пектинові речовини, жири і воскообразні речовини, які є в лубоволокнистих культурах.

Продуктами переробки є: волокно (довге і коротке); клоччя, костра, різні хімічні речовини, які виділяються із стебла й волокна.

Місце застосування продуктів переробки лубоволокнистих культур залежить від виду продукції і її якості.

Текстильним фабрикам необхідне переорієнтування з технологій традиційного використання лубоволокна на випуск нетрадиційного, принципово відмінного кінцевого продукту.

Розглядаючи параметри лубоволокнистих культур, очевидно їхнє різноманітне застосування в різних галузях господарства.

У текстильній промисловості: крім традиційного використання довгого волокна луб'яних культур для виробництва різних тканин, завдяки новим технологіям підготовки льону низьких номерів і прядив'яного волокна до прядіння, збільшений діапазон використання луб'яних волокон і в тому числі - пачосів.

У світі на сьогоднішній момент відомі технології облагороджування лляного волокна (його підготовка до прядіння), у результаті якого останнє втрачає характерну для себе твердість волокнистих комплексів, бідну колірну гаму, значно знижує вихідну засміченість і ін., а також підвищує прядильну здатність, що дозволяє формувати більш тонку і якісну пряжу. Однак собівартість кінцевого продукту, а також його якість залишають бажати кращого. Так, незважаючи на майже в два рази більш низьку ціну вихідної сировини в порівнянні з бавовною, лляні тканини на 30 - 40 % дорожче при більш низьких споживчих параметрах. І основну провину за це несе технологічна операція облагороджування (підготовки до прядіння) лляного волокна, у ході якої віддаляється природний комплекс, що клеїть, що додає волокну, як вихідному текстильній сировині, негативні якості.

За технологіями, що дозволяють одержувати найбільш якісний кінцевий продукт, передбачається хімічна обробка (варіння) лляного волокна в розчині хімічних речовин. Час обробки складає 6-12 годин при температурі варильного розчину 120-130 ° С и тиск 2-3 атм. У ході технологічного процесу здійснюється безупинне прокачування варильного розчину через оброблюваний продукт, що значно підвищує енергоємність процесу. Надзвичайно висока й екологічна небезпека подібних технологій, оскільки в ході їхньої реалізації застосовується велика кількість лугів, кислот, хлоровмісних, змачувателів, азотовмісних компонентів і ін. Собівартість підготовленого до прядіння (облагородженого) за даними технологіям лляного волокна складає близько 2000 дол. США за тону.

Для зменшення собівартості обробки лляного волокна і зниження її екологічної шкідливості, у наш час усе більш одержують поширення технології механічного катонування льону, при здійсненні яких сировину очищають, укорочують природну довжину лляного волокна і здійснюють дроблення грубих волокнистих комплексів до більш дрібних без видалення з волокна натурального комплексу, що клеїть. Ці технології дозволяють зменшити собівартість обробки лляного волокна до 600-700 дол. США за тону, але при цьому значно падає якість кінцевого продукту і знижуються споживчі параметри кінцевих виробів. Не менш важливий і той факт, що підготовлене в такий спосіб до прядіння лляне волокно може бути використано тільки в суміші з іншими волокнами, наприклад, з бавовною, причому вміст останнього складає не менш 50 %.

Нова технологія, базуючись на принципово новому фізико-механічному способі обробки, дозволяє одержувати кінцевий продукт по якості порівнянний з бавовною, а по окремих параметрах - навіть вище. Собівартість його одержання складає 700-800 дол. США за тону. Запропонована технологія є екологічно чистою, тому що не передбачається використання в ході технологічного процесу хімічних речовин. Вода, необхідна для обробки лляного волокна, використовується по замкнутому циклі і витрачається тільки на випар.

З кінцевого продукту, отриманого при обробці лляного волокна за запропонованою технологією, можливе формування будь-яких артикулів тканини, аж до батистового, міткалевого і поплінового асортименту. Споживчі параметри тканин, виготовлених з даної сировини, перевершують по основних параметрах бавовняні. Не менш важливий і той факт, що підготовлений за запропонованою технологією льон без особливих проблем може бути перероблений на технологічних ланцюжках, призначених для переробки бавовняного волокна.

У медичній промисловості також використовуються продукти, одержувані по нових технологіях з коротковолокнистого льону і пеньки. Вата відрізняється кращими показниками ніж бавовняна (капілярність і поглинальна здатність на 30-40 % вище), а також має унікальну властивість - бактерицидність. Причому собівартість - 1200 дол. США за 1 тонну.

В наш час як на Україні, так і в СНД спостерігається наявність незадоволеного попиту на медичну вату. По статистичним даним ВНДІСА (м. Москва) на 1990 р. потреба в медичній гігроскопічній ваті на одну людину складала 250р. Однак ці дані є трохи заниженими. Але навіть за даними ВНДІСА потреба України в медичній ваті складає 12,5 тис. тонн. Така кількість вати в даний час не може бути випущена на Україні, оскільки єдине підприємство, що випускає цей продукт і розміщене в м. Черкаси здатне випускати тільки 4-5 тис. тонн вати в рік. В даний час, у зв'язку з відсутністю вихідної сировини, це підприємство працює епізодично. Тому левова частка потреб країни може бути задоволена тільки за рахунок імпорту цього продукту. Очевидно, що при збереженні існуючої ситуації, при світовій ціні медичної вати в 4-5 тис. дол. США, у залежності від виду і якості, на імпорт вати буде потрібно сума в розмірі 40-45 млн. дол. США.

Проблему відсутності вати на Україні ще більш збільшує і дефіцит у вихідної сировини для її одержання - бавовняного волокна, ціна якого в даний час складає 1500-2000 дол. США. І якщо потужності по випуску медичної гігроскопічної вати можна було б досить швидко наростити, використовуючи незадіяне текстильне устаткування і підприємства цього профілю, то труднощі з постачанням вихідною сировиною робить цю проблему нерозв'язною.

Але ця проблема може бути вирішена завдяки застосуванню як вихідний матеріал для одержання медичної вати місцевої волокнистої сировини, наприклад, льону чи пеньки. Слід зазначити, що в даний час на Україні щорічно виходить понад 15-20 тис. тонни низькоякісного волокна льону, що, через відсутність прийнятних технологій переробки, використовується лише епізодично і застосовується для виготовлення утеплювачів, матів, наповнювачів і ін. Причому нераціональне використання короткого волокна льону і відсутність прийнятних технологій його переробки характерно не тільки для України і СНД, але і для промислово розвинутих країн.

Завдяки застосуванню нової технології обробки волокнистих продуктів, а також використанню як вихідний продукт низькоякісного волокна льону вдалося значно знизити собівартість одержання кінцевого продукту, що при масовому виробництві складає 1200 дол. США за 1 тонну. Ціна низькоякісного волокна льону на світовому ринку складає 300-400 дол. США за 1 тонну. Слід зазначити, що луб'яні волокна, до яких відноситься і лляна, єдина текстильна сировина, яку не торкнулася загальна тенденція підвищення цін. Тому технології переробки цього виду сировини у високоякісний кінцевий продукт користуються підвищеною увагою і попитом.

Варто окремо зупинитися на споживчих параметрах медичної гігроскопічної вати з льону. Завдяки використанню нового виду вихідної сировини, а також передової технології переробки волокнистих матеріалів, вдалося значно поліпшити показники якості одержуваного продукту. Так, по основних параметрах якості - поглинальної здатності і капілярності - лляна вата на 30-40 % перевищує кращі світові зразки. Ці висновки базуються на аналізах уже виготовленої вати, що були проведені в декількох медичних установах України, а також на спільному Британо – Американо - Українському підприємстві "Тамбранде", що є дочірнім підприємством відомої фірми "Тампаке". Необхідно відзначити, що з усіх відомих гігроскопічних матеріалів, лляна вата одна володіє природною бактерицидною здатністю, що значно розширює сферу її застосування і споживчі параметри.

Висновки:

На даному етапі розвитку виробництва потрібне застосування нових технологій для переробки лубоволокнистих культур. У першу чергу технології повинні забезпечувати одержання продукту, що має якості вихідного продукту: гарну міцність, капілярність, гігроскопічність, волого- і повітропроникність, задовільну колірну гаму й ін.

Також технології повинні мати низку енерго- і ресурсоемкістю і не забруднювати довколишнє середовище.

Надійшла 29. 11. 2000 р.

УДК 621.01:621.891

П.В. КАПЛУН, Я.Т КІНИЦЬКИЙ, А.Г. КУЗЬМЕНКО

Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

ШВИДКОСТІ ПРОКОВЗУВАННЯ В УПОРНИХ ПІДШИПНИКАХ КОЧЕННЯ

Наведені результати досліджень кінематики руху кульки упорних підшипників кочення. Визначено коефіцієнт проковзування кульки відносно кілець підшипника.

Питанню вивчення проковзування на площадці контакту при перекочуванні циліндрів по поверхнях кочення присвячено багато робіт [1-6, 8-10], в яких встановлено, що величина проковзування залежить від співвідношення пружних властивостей матеріалів і радіусів кривизни контактуючих поверхонь. А. Пельгрен [8], розглядаючи кочення кулі з радіусом R по прямолінійному жолобі з радіусом R₂, показав, що площадка контакту має форму еліпса, велика вісь якого розміщена в площині перпендикулярній напрямку кочення. При цьому має місце диференціальне проковзування на ділянках площадки контакту, величина якого збільшується від центру ділянки контакту до периферії в площині великої осі еліпса і має напрямок протилежний напрямку кочення. К.Л. Джонсон [10] встановив, що розміри ділянок проковзування на ділянці контакту тіл кочення визначаються параметром:

$$\beta = \frac{\pi b}{R^2 [f P_0 (\Theta_1 + \Theta_2)]}, \tag{1}$$

де P₀ – тиск в центрі ділянки контакту; b – велика піввісь еліпсу; R – зведений радіус кривизни пари кочення; f – коефіцієнт тертя ковзання; Θ – пружна стала матеріалу, яка визначається за такою формулою:

$$\Theta_i = \frac{1 - \mu_i^2}{E_i},$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; E – модуль пружності.

Зі збільшенням параметра β опір коченню збільшується за параболічним законом і при великих

його значеннях внесок диференціального проковзування в загальний опір коченню значний і визначається співвідношенням:

$$F = 0,08N \frac{fb^2}{R^2}, \tag{2}$$

де N – нормальне навантаження; F – сила опору коченню.

Оцінка впливу диференціального проковзування на тертя кочення показала, що воно

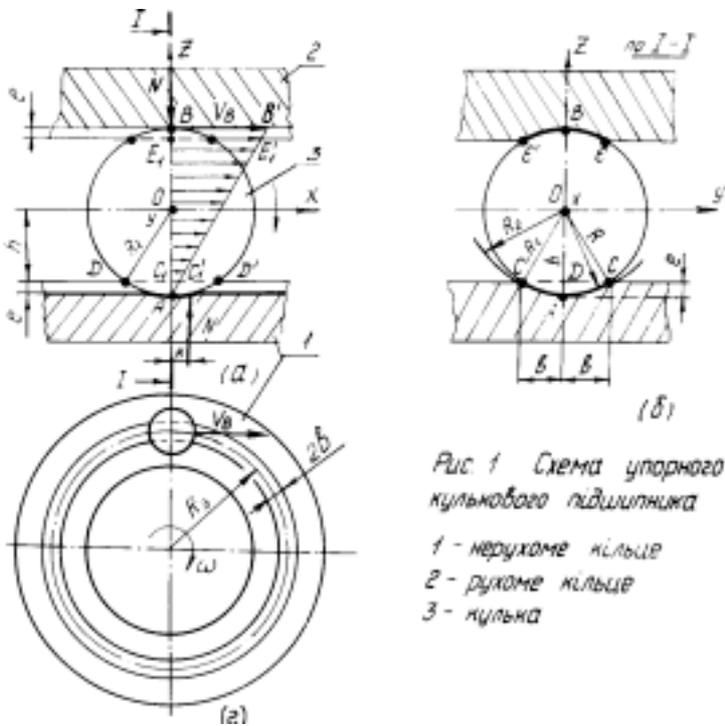


Рис. 1 Схеми упорного кулькового підшипника
1 - нерухоме кільце
2 - рухоме кільце
3 - кулька

відіграє значну роль лише при глибокій посадці кульки в канавці направляючого жолоба. Згідно з даними Д. Табора [1] і С.В. Пінегіна [4] найбільш ефективно диференціальне проковзування проявляється при відношенні радіуса кульки до радіуса жолоба $R_1/R > 0,6$. В підшипниках кочення це співвідношення знаходиться в межах від 0,97 до 0,5.

Упорні кулькові підшипники відрізняються тим, що жолоб, по якому рухаються кульки, має криволінійну вісь з радіусом R_3 в площині перпендикулярній до нормального навантаження N . Це накладає свої особливості на кінематику руху кульки і характер та величину її швидкості проковзування при коченні. Крім диференціального проковзування ділянок контакту кульки з жолобом, описаного А. Пельгреном [8], має місце проковзування в зв'язку з обертанням кульки відносно осі, по якій діє нормальне навантаження.

Розглянемо кінематику руху кульки упорного підшипника. Прийmemo, що нижнє кільце (рис. 1,а) нерухоме, а верхнє – рухоме. У такому випадку кулька перекочується по доріжці нерухомого кільця. Миттєвим центром швидкості кульки буде точка А ($V_A=0$). Максимальна швидкість буде в точці В, яка визначається швидкістю обертання рухомого кільця, тобто:

$$V_B = \omega R_3, \tag{3}$$

де $\omega = \frac{\pi n}{30}$ – кутова швидкість рухомого кільця, R_3 – середній радіус підшипника кочення (рис.

1,г). Тут n – частота обертання рухомого кільця, об/хв. Швидкість інших точок поверхні кульки в вертикальній площині XOZ визначається за законом трикутника (рис. 1,а).

В результаті пружної деформації під дією нормальної сили N кулька буде контактувати з кільцями поверхню, горизонтальна проекція якої має форму еліпса з великою віссю $2b$. Точки контакту кульки з нерухомим кільцем в центральному розрізі по площині YOZ будуть знаходитись на дузі CC' (рис. 1,б), зведений радіус якої знаходиться за залежністю:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \tag{4}$$

де R_1 – радіус кульки; R_2 – радіус жолоба.

Швидкість кульки в точці С можна визначити, розглянувши подібність трикутників AC_1C' і ABB' (рис. 1,а). Тоді:

$$\frac{V_B}{V_C} = \frac{d_1}{e},$$

звідки

$$V_C = V_B \frac{e}{d_1}, \tag{5}$$

де $d_1=2R_1$ – діаметр кульки.

З рис. 1,б можна записати:

$$h = \sqrt{R_1^2 - b^2}. \tag{6}$$

Тоді:

$$e = R_1 - h = R_1 - \sqrt{R_1^2 - b^2};$$

$$V_C = V_B \frac{R_1 - \sqrt{R_1^2 - b^2}}{2R_1} = \frac{\pi n (R_1 - \sqrt{R_1^2 - b^2})}{60R_1}. \tag{7}$$

Швидкість V_C є максимальною швидкістю диференціального проковзування (по А. Пільгрену [8])

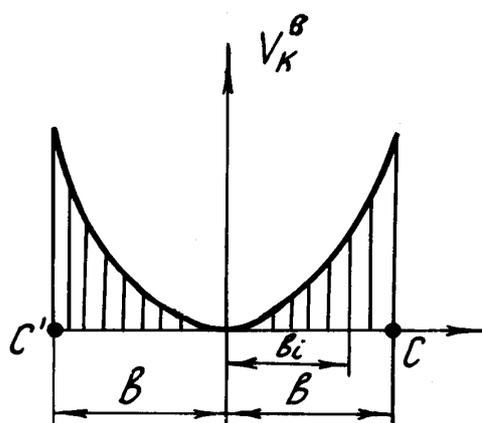


Рис. 2. Діаграма швидкості диференціального проковзування

кульки по жолобу нижнього кільця в площині XOZ. Аналогічне значення по абсолютній величині має швидкість диференціального проковзування в точці E контакту кульки з верхнім рухомих кільцем. Її величина легко знаходиться як різниця швидкостей в точках B і E, розглянувши подібність трикутників ABB' і AE₁E₁' (рис 1, а). Якщо позначити швидкість диференціального проковзування в площині XOZ буквами V_{κ}^b , то $V_{\kappa}^b = V_C$, в інших точках дуги AC (рис. 1,б) швидкість буде також визначатися формулою (7), підставляючи в неї різні значення b_i. На рис.2 приведена діаграма цієї швидкості.

Середню швидкість проковзування $V_{\kappa C}^b$ в площині XOZ можна визначити за формулою (рис.2):

$$V_{\kappa C}^b = \frac{1}{b} \int_0^b V_{\kappa i}^b dy. \quad (8)$$

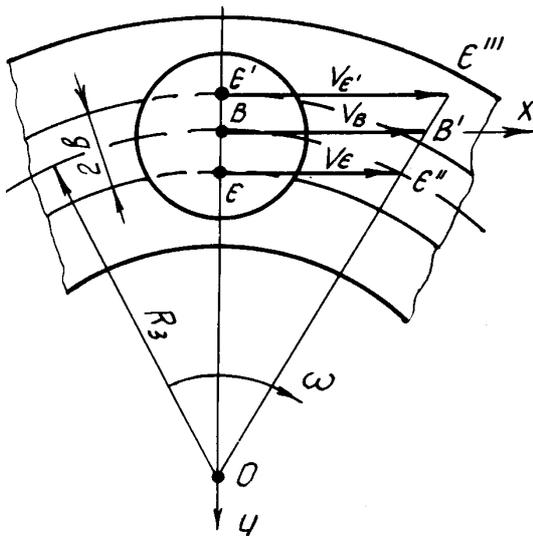


Рис. 3. Схема диференціального проковзування кульки в горизонтальній площині

З формули (7) видно, що швидкість диференціального проковзування залежить, крім радіуса кульки R і частоти обертання підшипника n, від параметра b (більшої піввісі еліпса площадки контакту кульки з жолобом кільця). Крім обертання в площині XOZ кулька також буде обертатись в площині XOY (горизонтальній площині) в результаті того, що швидкості рухомого кільця в точках E і E' (рис. 3) будуть різні. Тоді відносна швидкість точки E' відносно E буде максимальною швидкістю проковзування кульки в горизонтальній площині і визначатиметься їх різницею $V_{\kappa}^{\Gamma} = V_{E'}^{\Gamma} - V_E$.

Ці швидкості можна визначити із подібності трикутників OBB', OEE'', OE'E'', записавши пропорції:

$$\frac{V_E^{\Gamma}}{V_B} = \frac{R_3 - b}{R_3}, \quad \frac{V_{E'}^{\Gamma}}{V_B} = \frac{R_3 + b}{R_3}.$$

Тоді:

$$V_E^{\Gamma} = V_B \frac{R_3 - b}{R_3}, \quad V_{E'}^{\Gamma} = V_B \frac{R_3 + b}{R_3}, \quad (9)$$

$$V_{\kappa}^{\Gamma} = V_{E'}^{\Gamma} - V_E^{\Gamma}, \quad V_{\kappa}^{\Gamma} = V_B \left(\frac{R_3 + b - R_3 + b}{R_3} \right) = V_B \frac{2b}{R_3} \quad (10)$$

Як видно з формули (10), швидкість проковзування кульки з кільцями в площині XOY (див. рис.1,б) також буде змінною і залежатиме від ширини ділянки контакту b.

Сумарна швидкість у i-тій точці буде сумою швидкостей проковзування в площинах XOY і ZOY і дорівнює:

$$V_{\kappa i} = \overline{V}_{\kappa i}^b + \overline{V}_{\kappa i}^{\Gamma}. \quad (11)$$

Максимальна швидкість проковзування кульок в упорному підшипнику кочення буде в точках C, C', E і E', в яких вектори швидкостей V_{κ}^b і V_{κ}^{Γ} збігаються за напрямком, і дорівнює:

$$V_{\kappa} = V_B \frac{R_1 - \sqrt{R_1^2 - b^2}}{2R_1} + V_B \frac{2b}{R_3} = V_B \left(\frac{R_1 - \sqrt{R_1^2 - b^2}}{2R_1} + \frac{2b}{R_3} \right) = V_B \left(0,5 - \sqrt{0,25 - \frac{b^2}{4R_1^2}} + \frac{2b}{R_3} \right) \quad (12)$$

Розділивши обидві частини рівняння (12) на V_B , одержимо безрозмірну величину η , яку назвемо коефіцієнтом проковзування в підшипнику кочення,

$$\eta = \frac{V_{\kappa}}{V_B} \tag{13}$$

Тоді:

$$\eta_{\max} = 0,5 - \sqrt{0,25 - \frac{b^2}{4R_1^2} + \frac{2b}{R_3}} \tag{14}$$

Для упорних підшипників кочення згідно [7]:

$$b = n \sqrt[3]{\frac{N}{E \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}} \tag{15}$$

де n – коефіцієнт, який знаходиться з табл. 1 залежно від відношення $\frac{A}{B} = 1 - \frac{R_1}{R_2}$.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта n залежно від A/B

A/B	,0	,9	,8	,7	,6	,5	,4	,3	,2	,1	,05	,01
n	,109	,13	,156	,18	,214	,242	,282	,324	,39	,5	,6	,79

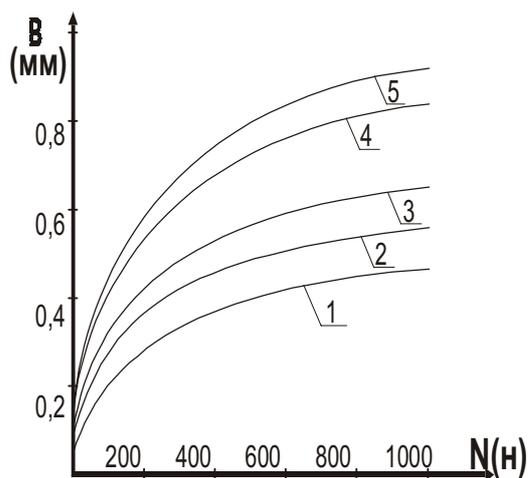
Якщо прийняти згідно з рекомендацією [7] $R_1/R_2 = 0,95$ і $E = 2,1 \times 10^5$ МПа, то

$$b = 0,065 \sqrt[3]{NR_1} \tag{16}$$

В табл. 2 наведені розрахунки параметру b по формулі (16) залежно від навантаження N на кульку упорного підшипника для різних її значень радіуса R_1 .

Таблиця 2

Залежність параметру b від нормального навантаження N на кульку



N, Н	b(мм) при $R_1/R_2 = 0,95$				
	$R_1=3,57$	$R_1=7,14$	$R_1=10$	$R_1=20$	$R_1=30$
8	0,042	0,116	0,130	0,164	0,188
64	0,184	0,232	0,260	0,328	0,376
150	0,250	0,310	0,350	0,440	0,515
216	0,276	0,349	0,390	0,492	0,564
343	0,322	0,406	0,455	0,574	0,658
512	0,368	0,464	0,52	0,656	0,752
729	0,414	0,522	0,585	0,738	0,846
1000	0,460	0,580	0,650	0,820	0,940

Рис. 4 Залежність $b=f(N)$ при різних значеннях R_1 (мм): 1- $R_1=3,57$; 2- $R_1=7,14$; 3- $R_1=10$; 4- $R_1=20$; 5- $R_1=30$ мм.

З наведених в табл. 2 даних видно, що параметр b зростає зі збільшенням навантаження N і радіуса R_1 , при цьому ця залежність має форму параболи (рис. 4).

Теоретичний і практичний інтерес має величина та характер зміни коефіцієнта проковзування η . В табл. 3 і 4 наведені розрахунки величини η_{\max} , а на рис. 5 і 6 графіки зміни η_{\max} в залежності від радіусів R_1 і R_3 та навантаження N на кульку при співвідношенні $R_1/R_2 = 0,95$.

Радіус R_3 змінювався в межах від d_1 до $4d_1$, де d_1 – діаметр кульки підшипника.

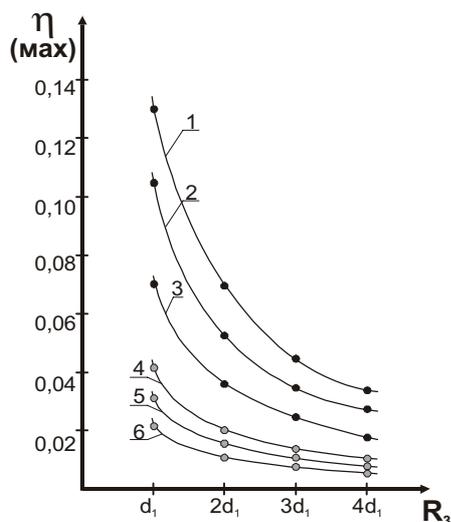
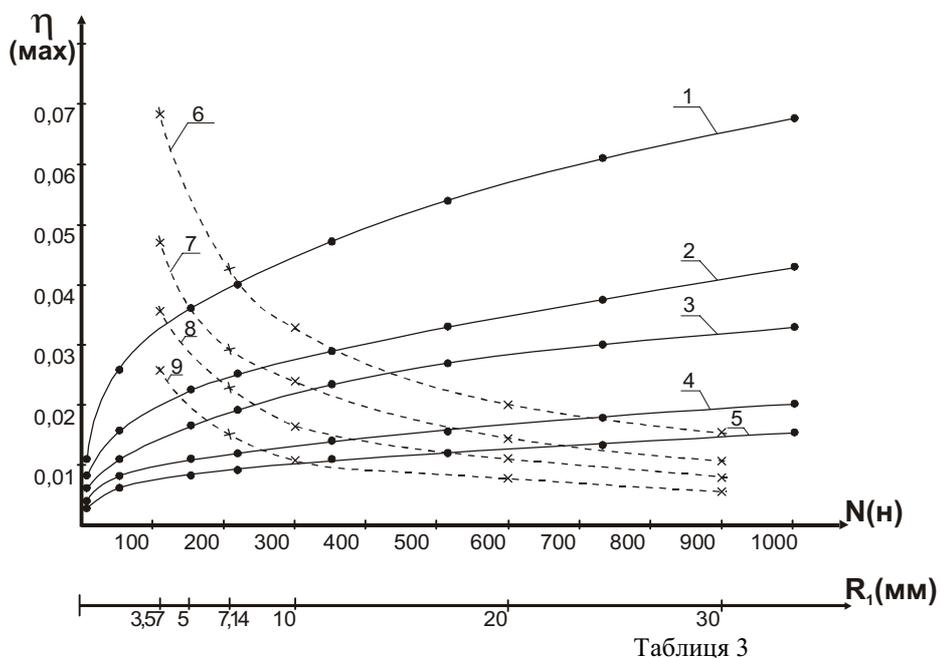


Рис. 5. Зміна η_{\max} (при $R_3=2d_1$) залежно від навантаження N на кульку при різних значеннях R_1 , мм: 1– $R_1=3,57$; 2– $R_1=7,14$; 3– $R_1=10$; 4– $R_1=20$; 5– $R_1=30$ та від різних значень N , Н: 6– $N=1000$; 7– $N=150$; 8– $N=64$; 9– $N=8$.

З наведених даних видно, що η_{\max} збільшується зі збільшенням навантаження N і зменшенням радіусів R_1 і R_3 . При цьому η_{\max} залежно від навантаження змінюється за параболічним законом (рис. 5). В залежності від R_1 і R_3 – за експоненціальним законом (рис. 5, 6).



Значення функції $\eta_{\max} = f(N, R_1)$ при $R_3=2d_1$

N, Н	Максимальний коефіцієнт проковзування				
	η_{\max} при $R_3=2d_1$				
	$R_1=3,57$	$R_1=7,1$	$R_1=10$	$R_1=20$	$R_1=30$
1000	0.07	0.045	0.035	0.025	0.018
150	0.045	0.03	0.02	0.015	0.01
64	0.035	0.025	0.018	0.012	0.008
8	0.025	0.018	0.012	0.008	0.005

		4			
8	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003
64	0,026	0,016	0,011	0,008	0,006
150	0,036	0,023	0,017	0,011	0,008
216	0,040	0,025	0,019	0,012	0,009
343	0,047	0,029	0,024	0,014	0,011
512	0,054	0,033	0,027	0,016	0,012
729	0,061	0,037	0,030	0,018	0,014
1000	0,068	0,043	0,033	0,020	0,016

Рис. 6. Залежність η_{\max} від радіуса R_3 при $R_1=3,57$ мм (1; 2; 3) і $R_1=20$ мм (4; 5; 6) і навантаженням $N=1000$ Н (1;4): $N=512$ Н (2; 5): $N=150$ Н (3; 6).

Таблиця 4

Значення функції $\eta_{\max} = f(R_1, R_3)$ при різних величинах N

R_1 , Мм	η_{\max} при $N=1000$ Н				η_{\max} при $N=512$ Н				η_{\max} при $N=150$ Н			
	$R_3= d_1$	$R_3=2d_1$	$R_3=3d_1$	$R_3=4d_1$	$R_3= d_1$	$R_3=2d_1$	$R_3=3d_1$	$R_3=4d_1$	$R_3= d_1$	$R_3=2d_1$	$R_3=3d_1$	$R_3=4d_1$
3,57	0,132	0,068	0,044	0,034	0,106	0,054	0,035	0,027	0,071	0,036	0,024	0,018
7,14	0,083	0,043	0,028	0,022	0,066	0,033	0,022	0,017	0,044	0,023	0,015	0,011
10	0,065	0,033	0,022	0,016	0,053	0,027	0,018	0,014	0,035	0,017	0,012	0,009
20	0,041	0,020	0,014	0,010	0,032	0,016	0,011	0,008	0,022	0,011	0,007	0,006
30	0,032	0,016	0,011	0,008	0,024	0,012	0,008	0,006	0,016	0,008	0,005	0,004

Зменшення швидкості проковзування кульок V_K відносно кілець підшипника при рівності інших умов експлуатації сприяє зменшенню їх зносу. Так як згідно (13) швидкість V_K змінюється пропорційно η , а тому для зменшення V_K необхідно зменшувати η . Цього можна досягти за рахунок збільшення радіусів R_1 і R_3 та модуля пружності матеріалу кульок і кілець при заданому навантаженні.

Література

1. Боуден Ф.П., Табор Д. Трение и смазка твердых тел :Пер. с англ.- М.: Машиностроение, 1968.- 543 с.
2. Ишлинский А.Ю. О проскальзывании в области контакта при трении качения//Известия АН СССР, Отдел техн. наук.- 1956.- №6.- С.3-15.
3. Конвисаров Д.В., Покровская А.А. Влияние радиуса кривизны цилиндрических тел на их сопротивление перекатыванию при различных нагрузках//Труды Сиб. физ.-техн. ин-та.- Томск: СФТИ.- 1955.- Вып.34.- С.62-79.
4. Паинегин С.В., Орлов А.В. Сопротивление движению при некоторых видах свободного качения//Известия АН СССР: Механика и машиностроение, 1961.- №3.- С.91-97.
5. Моссановский В.И., Мишишин И.И. Качение упругих тел//Прикладная математика и механика, 1967.- т. 31. вып. 5.- С.870-876.
6. Крагельский И.В., Добрынин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ.- М.: Машиностроение, 1977.- 526 с.
7. Ковальский Б.С. Расчет деталей на местное сжатие.- Харьков, 1967.- 222 с.
8. Palmgren A. Sliding Friction in ball bearings//Engineering.- 1919.- vol. 107.- 289p.
9. Bental R.H., Johnson A.R. Slip in the rolling contact of two dissimilar elastic rollers//Int. J. Mech. Sci, 1967.- vol.9.- P. 389-404.

10. Johnson K.L. Tangential traction and microslip in rolling contact. Rolling contact Phenomena. Ed. Elsevier//Proc. of a Symposium Amsterdam-London-New York.- 1962.- P. 6-28.

Надійшла 6. 1. 2001 р.

УДК 675. 026

О.Д.ОРЛОВА

ТОВ "ГВП Хімматеріали

ГІДРОФОБНІ ВЛАСТИВОСТІ ШКІР ЖИРО-ВОСКОВОГО ОЗДОБЛЮВАННЯ

Досліджені гідрофільно-гідрофобні властивості жиरो-воскового покриття з урахуванням заряду поверхні шкір та аніонно-катіонного балансу в оздоблювальних композиціях.

Сучасні тенденції розвитку технологій оздоблювання шкір передбачають використання екологічно чистих водяних систем, що вміщують різні за розмірами та заряду дисперсні частинки полімерів, пігменти, пластифікатори на основі природних та синтетичних восків, білкові зв'язуючі тощо. Зазначені системи, які вивчені достатньо повно [1-4], дозволяють виконувати науково обгрунтовані технологічні процеси оздоблювання шкір широкого асортименту.

Останнім часом рядом іноземних фірм розроблено оздоблювання шкір (Пулл-ап, Крейзи-хорс тощо).

З використанням високо коштовних жирувальних матеріалів та органічних розчинників. Така обробка забезпечує високі товарні властивості готової продукції, але разом з тим забруднює довкілля й знижує водостійкість шкір.

Таким чином, виникла необхідність розробки екологічно чистого жиरो-воскового оздоблювання шкір з використанням екологічно чистих вітчизняних матеріалів, дослідження його з позицій фізико-хімічних уявлень про поведінку компонентів у розчинах та пористій структурі дерми.

Гідрофільність не оздоболеної хромової шкіри зумовлює глибоке проникнення гідрофільної жиरो-воскової композиції у товщу дерми. При відсутності спорідненості до води зазначеної композиції проникнення її у шкіру та утворення покриття ускладнено. В зв'язку з цим проблеми глибокого всмоктування жиरो-воскової композиції та надання гідрофобності поверхні готової шкіри потребують оптимізації складу оздоблювальної композиції та процесів, що мають місце під час формування покриття на шкірі.

Гідрофільно-гідрофобні властивості покриття та здатність шкіри всмоктувати оздоблювальні матеріали можуть суттєво залежати від заряду поверхні шкіри, аніонно-катіонних компонентів та їх кількості, комплексоутворювальної солі, що входить до складу покриття. Тому у даній роботі вивчали вплив складу оздоблювальної композиції на час її всмоктування шкірою, а гідрофобність покриття оцінювали по часу всмоктування води поверхнею покриття. З цією метою використовували шкіри, що подублені та прожировані таким чином, щоб заряд їх поверхні був негативним або позитивним (табл.1).

Таблиця 1.

Вплив матеріалів на заряд поверхні шкіри

Дубитель для додублювання	Жирувальні матеріали, м.ч.	Заряд поверхні шкіри
---------------------------	----------------------------	----------------------

Технічні науки

Базинтан DLE або Диспергатор НФ	Аніонний жир: сульфована ворвань...45 синтетичний жир.....40 індустріальне масло I – 20.....15	Негативний
Каштан KPS або Синтин БНС або Квебрахо	Катіонний жир: барвамід.....45 рипокс.....45 неоном АФ 9-10.....10	Позитивний

Заряд поверхні шкіри визначали по методиці [5].

У експерименті використовували композиції з надлишком аніонної (віск) або катіонної (барвамід) складових і витратою 200г/м². Після нанесення композицій зразки шкір витримували на повітрі 24 год. при 25°С. За цей час відбувалося повне формування покриття.

Таблиця 2.

Склад композицій

Компоненти	Композиція			
	Позитивний		Негативний	
Барвник аніонний коричневий, г	0,8	0,8	0,8	0,8
Спиртово-водяний розчин олеїнового воску (20%), мл	60,0	60,0	180,0	180,0
Барвамід (70%), мл	10,6	10,6	10,6	10,6
Розчин солей хрому (20%), мл	26		26	
Розчин солей цирконію (10%), мл		26		26

Для визначення тривалості всмоктування композиції, на шкіру наносили краплі композиції масою 0,05г, потім зразки розміщували під скляним ковпаком. Для запобігання випаровування компонентів під той самий ковпак ставили склянку з досліджуваною композицією й фіксували час зникання крапель. Гідрофільно-гідрофобні властивості покриття визначали таким же чином, але замість композиції використовували воду, яку наносили на покриту поверхню шкіри.

У роботі застосовували метод трифакторного експерименту[6], план якого та результати дослідження приведені у табл.3.

на гідрофільно-гідрофобні властивості покриття

На підставі регресійного аналізу дані табл.3 можна представити у вигляді рівнянь:

$$U_k = 378 - 40X_1 - 55X_2 + 128X_3 - 17X_{1,2} - 215X_{1,3} - 38X_{2,3}$$

$$h = 196 + 6,9X_1 - 45,6X_2 - 17,8X_3 - 8,4X_{1,2} - 2,4X_{1,2,3}$$

$$U_v = 1069 + 335X_1 - 122X_2 + 191X_3 + 17X_{1,2} - 256X_{1,3} - 22X_{2,3}$$

Аналіз експериментальних даних за критерієм Кохрена підтвердив відтворюваність дослідів (для Uк: $G=0,2016 < G_{(0,05;1;8)}=0,6798$; для h: $G=0,3000 < G_{(0,05;1;8)}=0,6798$; для Uв: $G=0,3711 < G_{(0,05;1;8)}=0,6798$).

Таблиця 3.

Вплив заряду поверхні шкіри та складу композиції

Заряд поверхні шкіри	Надлишок компонентів композиції	Комплексо- утворювальний метал	Час всмоктування композиції	Глибина проникнення композиції	Час всмоктування води
-------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------

X_1	X_2	X_3	Ук, с	h, мк	Ув, с
-	-	-	73	248	399
-	+	-	79	168	173
+	-	-	462	272	1556
+	+	-	387	168	1382
-	-	+	840	205	1345
-	+	+	680	136	1017
+	-	+	356	242	1463
+	+	+	145	130	1215

Примітка: для X_1 : “-” заряд негативний, “+” заряд позитивний; для X_2 : “-” надлишок воску, “+” надлишок барвamide; для X_3 : “-” хром, “+” цирконій.

Приведені рівняння адекватні за критерієм Фішера (для Ук: $F=3,6451 < F_{(0,05;1;8)}=5,3177$; для h: $F=0,4000 < F_{(0,05;2;8)}=4,4590$; для Ув: $F=4,0816 < F_{(0,05;1;8)}=5,3177$).

Одержані результати свідчать про вплив заряду поверхні шкіри, складу композиції та виду комплексоутворювального металу на досліджувані показники. Позитивно заряджені шкіри, на які нанесено композиції з надлишком воску у сполученні з солями досліджуваних комплексоутворювальних металів, можна віднести до найбільш гідрофобних. Показники часу всмоктування води та глибини проникнення композиції у цих випадках мають найбільше значення. Показник часу всмоктування композиції найбільшого значення досягає при використанні солей хрому.

Відомо про вплив методів додублювання та жирування на заряд поверхні шкіри. Нерівномірність розподілу додублювальних та жирувальних матеріалів приводить до нерівномірності розподілу зарядів у товщину дерми [3].

За умовами експерименту показник глибини проникнення композиції у шкіру висвітлює завершені рівноважні процеси формування покриття; час всмоктування композиції шкірою та всмоктування води покриттям належать до нерівноважних процесів. Внаслідок взаємодії аніонних та катіонних матеріалів, а також їх взаємодії з комплексоутворювальними металами композиції та різнозарядженими групами колагену дерми шкіри можливо зникнення функціональних груп, здатних реагувати з водою. Тому показники всмоктування води та глибина проникнення композиції у дерму у деякій мірі відповідні один до одного.

На підставі приведених даних можна стверджувати про максимальну гідрофобізацію жировоскового покриття лише позитивно заряджених шкір при надлишку воску у композиції як у присутності солей хрому, так і у присутності солей цирконію.

Високі показники часу всмоктування води, що характеризують гідрофобні властивості шкір, зберігаються й після нанесення водяного закріплення[7]. При цьому готовим шкірам притаманні висока стійкість до багаторазового вигину – понад 120000 вигинів та висока стійкість до мокрог тертя – понад 200 обертів.

Література

1. Журавський В.А., Касьян Е.Є., Данилкович А.Г. Технологія шкіри та хутра. – К.: ДАЛПУ, 1996. – 744с.
2. Страхов И.П. и др. Отделка кож. – М.: Лёгкая и пищев. пром., 1983. – 360с.
3. Зурабян К.М. Пропитка кож хромового дубления водными дисперсиями полимеров. – М.: Лёгкая инд., 1974. – 192с.
4. Дубиновский М.З. Покрывное крашение кож. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 120с.

5. Орлова О.Д., Журавський В.А., Горбачов А.А., Романь О.С. Вивчення механізму утворення покриття на шкірі при жирно-восковому оздоблюванні // Легка промисловість. Наукові праці молодих вчених та студентів. ч.2. - 1998. - С.57-61.

6. Винарський М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. - К.: Техника, 1975. - 168с.

7. Орлова О.Д., Журавський В.А., Горбачов А.А. Розроблення заключного покриття для жирувально-воскового оздоблення шкір // Вісник ДАЛПУ. - 2000. - № 3. - С.34-36.

Надійшла 27. 11. 2000 р.

УДК 621.73.011.001.5

I.O.СИВАК

Вінницький державний технічний університет

ОЦІНКА ДЕФОРМУВАННЯ ПОРИСТОЇ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПРЯМОМУ ВИДАВЛЮВАННІ

В роботі отримав подальший розвиток метод оцінки пластичності пористих тіл при великих пластичних деформаціях. Основна відмінність даного методу від відомих полягає в тому, що залежність пластичності пористого тіла від схеми напруженого стану описується поверхнею граничної пластичності, а вплив історії навантаження визначається траєкторією в просторі двох показників напруженого стану та накопиченої деформації матеріалу основи. Структура показників напруженого стану вибрана такою, що при наявності кривої течії матеріалу основи можливий однозначний перехід до траєкторії навантаження в просторі інваріантів тензора напружень.

Фізична картина кінетики накопичення пошкоджень при пластичній деформації пористих тіл практично не досліджена. Тому, в даній роботі для оцінки використаного ресурсу пластичності пористої спеченої заготовки на основі порошку ПЖ4М2 використана теорія деформування, яка позитивно зарекомендувала себе при дослідженнях пластичності суцільних матеріалів [1,2].

Нами виконані дослідження процесу пластичної деформації пористих заготовок при прямому видавлюванні. В якості механічної моделі матеріалу взята модель жорстко-пластичного ізотропно зміцнюємого пористого тіла [3] з поверхнею навантаження, що має форму еліпсоїда з полуосьми, які залежать від величини пористості:

$$\tau_0^2 = \frac{p^2}{f_2(\theta)(1-\theta)} + \frac{\tau^2}{f_1(\theta)(1-\theta)}. \quad (1)$$

Із (1) в відповідності з асоційованим законом течії одержані тензорне:

$$\dot{\epsilon}_{ij} - \frac{1}{3} \delta_{ij} \dot{\epsilon} = \frac{\dot{\gamma}}{\tau} (\sigma_{ij} - \delta_{ij} p) \quad (2)$$

і скалярне співвідношення:

$$pf_1(\theta)\dot{\gamma} = \tau f_2(\theta)\dot{\epsilon} \quad (3)$$

між компонентами тензора напружень σ_{ij} і швидкостей деформацій $\dot{\epsilon}_{ij}$.

В якості міри деформаційного зміцнення пористого тіла прийнята накопичена деформація матеріалу основи:

$$\Gamma_0 = \int_0^t \dot{\gamma}_0(\tau) d\tau. \quad (4)$$

Функції пористості $f_1(\theta)$ і $f_2(\theta)$, а також криву течії $\tau_0(\Gamma_0)$ для матеріалу основи визначено в роботі [4]:

$$f_1(\theta) = (1-\theta)^{3.5}, \quad (5)$$

$$f_2(\theta) = 0.549 \frac{(1-\theta)^{4.36}}{\theta^{0.86}}, \quad (6)$$

$$\tau_0 = -15 + 83.73\Gamma_0^{0.186}. \quad (7)$$

Із (1) і (3) одержані формули зв'язку кінематичних і статичних величин, які використовуються в подальших розрахунках:

$$\tau = \tau_0 f_1(\theta) \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0}, \quad (8)$$

$$p = \tau_0 f_2(\theta) \frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\gamma}_0}. \quad (9)$$

В основу уявлень про вичерпання пластичності металу покладена фізична модель накопичення пошкоджень в процесі пластичної формозміни. При пластичній деформації пористих тіл пластичне розрихлення йде одночасно з процесом ущільнення матеріалу. Визначаючим фактором руйнування являється не «розрихлення» взагалі, тобто не пористість в цілому, а розвиток і накопичення мікропор та мікротріщин в деформованому матеріалі. Крім того, пори, які містяться в матеріалі, являються стоками для дислокацій, що сповільнює швидкість накопичування пошкоджень. В макроскопічних дослідах процеси ущільнення і розрихлення матеріалу розділити неможливо. Однак, в даний час накопичено достатньо експериментальних даних, з яких випливає, що інтенсивність кожного з названих процесів залежить від цілого ряду факторів. По результатах експериментальних досліджень встановлено, що в випадку холодної пластичної деформації спечених пористих матеріалів можна отримати найбільш достовірні результати, якщо в якості міри пластичності застосовувати накопичену до моменту руйнування деформацію матеріалу основи:

$$\Gamma_{OP} = \int_0^{t_1} \dot{\gamma}_0 d\tau, \quad (10)$$

де t_p – час деформування до руйнування.

Залежність пластичності від схеми напруженого стану будемо описувати поверхнею граничної пластичності, яку будують в координатах: гранична деформація Γ_{op} , показники напруженого стану. В якості одного з показників напруженого стану можна прийняти показник жорсткості напруженого стану:

$$\eta = \frac{I_1(T_\sigma)}{\sqrt{J_2(D_\sigma)}} = \sqrt{6} \frac{p}{\tau}. \quad (11)$$

Для оцінки схеми напруженого стану пористих спечених матеріалів введемо поняття показника напруженого стану матеріалу основи:

$$\eta_0 = \sqrt{6} \frac{p_0}{\tau_0}. \quad (12)$$

Так як

$$p = p_0(1 - \theta), \quad (13)$$

то вираз (12) з урахуванням (1) зводиться до вигляду:

$$\eta_0 = \eta \sqrt{\frac{f_1(\theta)}{(1 - \theta) \left(\frac{1}{6} \frac{f_1(\theta)}{f_2(\theta)} \eta^2 + 1 \right)}}. \quad (14)$$

Поле компоненту тензора швидкостей деформацій визначали по відомих формулах:

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \quad (15)$$

При асиметричному видавлюванні пористих заготовок поле швидкостей течії визначали методом візупластичності по результатах експериментальних досліджень [5]. В експериментальних дослідженнях використовували заготовки діаметром $d_0=20$ мм і довжиною $l_0=46$ мм з відомою початковою пористістю θ_0 . Заготовки розрізали на дві половинки. На меридіональний розріз однієї половинки наносили прямокутну сітку з кроком приблизно рівним 0.7мм вздовж осі z. Координати вузлів сітки заміряли на інструментальному мікроскопі. Потім половинки складали і зразок деформували в матриці з кутом при вершині конуса матриці 90° . На стаціонарній стадії визначали зусилля P і швидкість пуансона v_0 , потім деформування припиняли і зразок випресовували з матриці. Координати вузлів деформованої сітки заміряли на інструментальному мікроскопі.

Координати (l,m)-го вузла, де $l=1,2,\dots,L$; $m=1,2,\dots,M$ до деформування (лагранжеві координати) позначали $Z_{0_{l,m}}$, $r_{0_{l,m}}$, після деформації (ейлерові координати) $z_{l,m}$, $r_{l,m}$. Таким чином, одержували в вузлах сітки експериментальні функції ейлерових координат від лагранжевих:

$$\bar{z}_{l,m} = \bar{z}(z_{0_l}, r_{0_m}), \quad \bar{r}_{l,m} = \bar{r}(z_{0_l}, r_{0_m}) \quad (16)$$

або лагранжевих координат від ейлерових:

$$z_{0_{l,m}} = z_0(z_{l,m}, r_{l,m}), \quad r_{0_{l,m}} = r_0(z_{l,m}, r_{l,m}) \quad (17)$$

Відомо [6], що швидкості течії частинок матеріалу v_z , v_r для стаціонарного деформування можуть бути обчислені за формулами:

$$v_z = v_0 \frac{\partial z}{\partial z_0} \quad (18) \quad \text{або} \quad v_z = \frac{v_0}{\Delta} \frac{\partial r_0}{\partial r}, \quad (19)$$

$$v_r = v_0 \frac{\partial r}{\partial z_0} \quad (20) \quad \text{або} \quad v_r = -\frac{v_0}{\Delta} \frac{\partial r_0}{\partial z}, \quad (21)$$

$$\text{де } \Delta = \frac{\partial z_0}{\partial z} \frac{\partial r_0}{\partial r} - \frac{\partial z_0}{\partial r} \frac{\partial r_0}{\partial z}. \quad (22)$$

Так як розрахунки напружень зручніше виконувати в ейлерових координатах, то подальші розрахунки виконували по формулах (19) і (21).

Для побудови апроксимацій $z_0(z,r)$, $r_0(z,r)$ експериментально одержаних значень функцій $\bar{z}_{0_{l,m}}$, $\bar{r}_{0_{l,m}}$ використовували методику, засновану на методах теорії R-функцій [7], яка успішно використана для досліджень напружено-деформованого стану безпористих матеріалів. До основних переваг цього методу відноситься можливість одержати розв'язки, які тотожно задовольняють граничним умовам для областей з складною конфігурацією границь.

Враховуючи (15), (19) і (21) для розрахунку розподілу пористості по розрізу одержали формулу:

$$\theta = 1 - (1 - \theta_0) \left(\frac{\partial Z_0}{\partial Z} \frac{\partial r_0}{\partial r} - \frac{\partial Z_0}{\partial r} \frac{\partial r_0}{\partial Z} \right) \frac{r_0}{r}. \quad (23)$$

Усталений режим видавлювання досліджено для трьох початкових пористостей ($\theta_0=0.098$, $\theta_0=0.19$, $\theta_0=0.28$).

Використаний ресурс пластичності визначали по критерію:

$$\psi = 3\psi_0^2 \exp \left(2c \int_0^{\Gamma_0} \eta_0 d\Gamma_0^* / |\eta_0| \Gamma_{0p}(\eta_0, \mu_\sigma) \right) + \sqrt{\psi_{ij} \psi_{ij}}, \quad (24)$$

$$\text{де } \psi_{ij} = \int_0^{\Gamma_0} \left(1 - a + 2a \frac{\Gamma_0^*(\eta_0, \mu_\sigma)}{\Gamma_{0p}(\eta_0, \mu_\sigma)} \right) \beta_{ij} \frac{d\Gamma_0}{\Gamma_{0p}(\eta_0, \mu_\sigma)} - \quad (25)$$

компоненти девіатора тензора пошкоджень,

$$\Gamma_{0p}(\eta_0, \mu_\sigma) = \frac{0.28e^{-0.4744\eta_0}}{1 - 0.4307\mu_\sigma - 0.0307\mu_\sigma^2} - \text{поверхня граничної пластичності для спечених}$$

заготовок на основі заліза ПЖ4М2,

$$\beta_{ij} = \frac{de_{ij}}{d\Gamma_0} - \text{компоненти направляючого тензора прирощень деформацій,}$$

Ψ_0 - залежить від початкової пористості і визначається формулою [8]:

$$\Psi_0 = \frac{\Gamma_{0p} - \Gamma_{0p}^*}{\Gamma_{0p}}, \quad (26)$$

Γ_{0p} - гранична деформація при розтягу зразка з початковою пористістю $\theta_0=0 \dots 0.03$,

Γ_{0p}^* - гранична деформація при розтягу зразка з даною пористістю.

Шляхи деформування частинок матеріалу $\eta_0(\Gamma_0)$, $\mu_\sigma(\Gamma_0)$ визначали, виходячи із законів зміни η_0 і μ_σ при русі частинки вздовж поздовжньої лінії координатної сітки (лінії току).

Значення η_0 розраховували по формулі (14), а параметра Надаї-Лоде по формулі:

$$\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}. \quad (27)$$

Так як при прямому видавлюванні має місце асиметрична деформація, то одне з головних напружень приймали рівним σ_ϕ , а для визначення двох інших використовували формулу:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sigma_z + \sigma_r}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_z - \sigma_r)^2 + 4\tau_{rz}^2}. \quad (28)$$

Аналіз одержаного розподілу η_0 і μ_σ по розрізу заготовок показує, що при стаціонарній стадії видавлювання по всьому об'єму пластичної зони має місце об'ємний напружений стан всебічно нерівномірного стискування. І тільки при початковій пористості $\theta_0=0.19$ на периферії вихідної зони має місце об'ємний напружений стан, при якому одне головне напруження є розтягуючим ($\eta_0=1.7$ і $\mu_\sigma=0.6$).

Пористість всіх заготовок в процесі видавлювання зменшується. Для заготовок з початковою пористістю $\theta_0=0.098$, $\theta_0=0.19$ в 2..3.5 рази, а для заготовок з початковою пористістю $\theta_0=0.28$ - в 1.3...2.0 рази. Причому, ефективність ущільнення зменшується від периферії до центру.

На рис. 1 приведені поверхня граничної пластичності для ПЖ4М2 та траєкторії навантаження частинок матеріалу, які знаходяться на осі симетрії заготовки ($r=0$), в середній частині ($r=R/2$) і в області контакту ($r=R$) для зразків з початковими пористостями $\theta_0=0,98$, $\theta_0=0,19$, $\theta_0=0,28$. Із аналізу залежностей $\Gamma_0(\eta_0, \mu_\sigma)$ виходить, що для пористих тіл вид траєкторії навантаження залежить від початкової пористості.

Для суцільних тіл, як було встановлено В.А. Огородніковим [1], характер траєкторії навантаження визначається тільки умовами формозміни і практично не залежить від механічних характеристик матеріалу. Тому, часто дослідження процесів пластичної деформації проводять на заготовках із свинцю або сурм'янистого свинцю, якщо необхідно враховувати зміцнення. Виходячи із одержаних результатів, можна зробити висновок, що для пористих тіл такі методи непридатні.

Максимальне значення використаного ресурсу пластичності для трьох пористостей не перевищує 0.8. Однак, якщо розглядати середнє по об'єму значення використаного ресурсу пластичності:

$$\langle \psi \rangle = \int_V \psi dv / v,$$

то отримуємо наступні значення $\langle \psi \rangle = 0.48$, $\langle \psi \rangle = 0.35$ і $\langle \psi \rangle = 0.285$ для початкових пористостей $\theta_0 = 0.098$, $\theta_0 = 0.19$ і $\theta_0 = 0.28$ відповідно. Тобто, інтенсивність накопичення пошкоджень при однаковій формозміні зменшується з ростом початкової пористості.

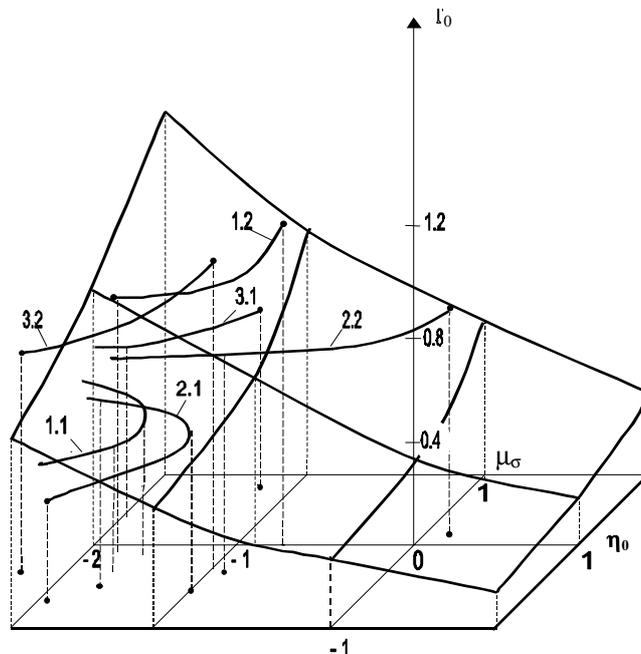


Рис.1. Поверхня граничної пластичності та траєкторії деформування частинок матеріалу:

$\theta_0 = 0,098$; 1.1 – на осі, 1.2 – в зоні контакту; $\theta_0 = 0.19$; 2.1 – на осі, 2.2 – в зоні контакту; $\theta_0 = 0.28$, 3.1 – на осі, 3.2 – в зоні контакту.

Використаний ресурс пластичності Ψ на усталеній стадії розраховували також по критеріях В.Л.Колмогорова [2], Г.Д. Деля і В.А. Огороднікова [1]. Із аналізу отриманих результатів виходить, що різниця між ψ , визначених по критеріях [1,2] і (24) перевищує 35%.

Основна причина таких розходжень в тому, що в критеріях [1,2] не враховано вплив початкової пористості, а це приводить до похибки порядку 20%. Крім того, в критеріях [1,2] використано діаграму пластичності, яка задовільно описує залежність пластичності від схеми напруженого стану тільки в окремих випадках плоского напруженого стану. Використання діаграми пластичності при об'ємному напруженому стані може привести до похибок, значно більших отриманих в даному випадку 35%.

Таким чином, можна зробити висновок, що для оцінки пластичності пористих тіл в загальному випадку складного навантаження можна рекомендувати критерій (24), в основу якого покладено гіпотезу про те, що залежність пластичності від схеми напруженого стану описується поверхнею граничної пластичності, а історія навантаження задається просторовими траєкторіями.

Література

1. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – К.: Вища школа, 1983.-175с.
2. Колмогоров В.Л. Напряжения, деформации, разрушение. - М: Металлургия,1970.-229с.

3. Феноменологические теории прессования порошков / Штерн М.Б., Сердюк Г.Г., Максименко Л.А., Трухан Ю.В., Шуляков Ю.М. – К.: Наук. думка, 1982.- 140с.
4. Sivack I.O., Sakharov D.V., Babjuck T.I., Sivack R.I. The Determination of Proustity Functions for Sintering Powder Materials // Optimum Technologies, Technologic Systems and Materials in the Machines Building Field. – 1998, TSTM-4. – P.170-175.
5. Сивак И.О., Покрас В.Д., Ивацко В.Т. Исследование пластической деформации пористых тел при осесимметричном выдавливании // Тез. докл. республ. семинара “Физика и механика пластических деформаций порошковых материалов”. - Луганск. - 1991. - 48с.
6. Дель Г.Д., Новиков Н.А. Метод делительных сеток. - М.: Машиностроение, 1979. - 144 с.
7. Рвачёв В.Л. Теория R-функций и некоторые её приложения. – К.: Наукова думка, 1982. - 552 с.
8. Сивак І.О. Оцінка деформуемості пористих тіл при обробці тиском // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 1994. - №1(2). – С. 79-82.

Надійшла 28. 11. 2000 р.

УДК 677.494

Е.С. ДЕНИСОВА, О. В. РОМАНКЕВИЧ

Київський державний університет технологій і дизайну

С.М. КАРАСЕВА

Іванівський державний хіміко-технологічний університет

ПРОДУКТИ ВЗАЄМОДІЇ КАПРОЛАКТАМУ З ДІЕТИЛЕНТРИАМІНОМ

Взаємодія капролактаму (КЛ) із різноманітними речовинами основної або кислотої природи використовується в двох основних напрямках: 1) регулювання молекулярної маси полікапроаміда в процесі поліамідування, 2) синтез речовин, що володіють спорідненістю до полікапроаміду. Становлять інтерес продукти взаємодії КЛ із трифункціональними з'єднаннями, зокрема, із діетилентриаміном (ТА). Мета даної роботи оцінити кількісний склад продуктів реакції при різноманітному співвідношенні компонентів із використанням імітаційного варіанта методу Монте-Карло.

Реакція КЛ із ТА може протікати за рахунок присєднання КЛ до первинної або вторинної аміногрупи з розкриттям циклу (і утворенням «нової» аміногрупи), а також шляхом послідовного присєднання однієї або декількох молекул КЛ до знову утвореної аміногрупи. При проведенні математичного моделювання процесу передбачалося в першому наближенні, що константа швидкості процесу не залежить від того, яка саме аміногрупа ТА бере участь у реакції. За результатами розрахунку при співвідношенні ТА:КЛ, рівному 1:1, кількість продуктів реакції досягає 36, причому масова частка КЛ, що не прореагував досягає 23.6%; при співвідношенні ТА:КЛ, рівному 1:5, кількість продуктів реакції складає 214. Варіювання співвідношення ТА:КЛ при проведенні необоротної реакції ТА з КЛ дозволяє одержувати продукти реакції достатньо складні по кількості компонентів, причому розширення числа можливих продуктів реакції, з одного боку, обумовлено трифункціональністю ТА, а з іншого ланцюговою природою продуктів реакції при достатній кількості капролактаму, що приєднується.

Взаємодія капролактаму (КЛ) із різноманітними речовинами основної або кислотої природи використовується в двох основних напрямках: 1) регулювання молекулярної маси полікапроаміда в

процесі поліамідування[1], 2) синтез речовин, що володіють спорідненістю до полікапроаміду[2]. Становлять інтерес продукти взаємодії КЛ із трифункціональними з'єднаннями, зокрема, із діетилентриаміном (ТА). Аналіз продуктів реакції КЛ із ТА ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$) при різноманітному співвідношенні компонентів класичними методами достатньо складний і трудомісткий. Мета даної роботи оцінити кількісний склад продуктів реакції при різноманітному співвідношенні компонентів із використанням імітаційного варіанта методу Монте-Карло[3].

Реакція КЛ із ТА може протікати за рахунок приєднання КЛ до первинної або вторинної аміногрупи з розкриттям циклу (і утворенням "нової" аміногрупи), а також шляхом послідовного приєднання однієї або декількох молекул КЛ до знову утвореної аміногрупи. При проведенні математичного моделювання процесу передбачалося в першому наближенні, що константа швидкості процесу не залежить від того, яка саме аміногрупа ТА бере участь у реакції, що практично необоротна.

З метою перевірки розробленої нами програми проводився розрахунок процесу поліконденсації біфункціонального з'єднання. Результат розрахунку по методу Монте-Карло з застосуванням використовуваного нами алгоритму[4] збігається з розрахунком по Флори[5].

При проведенні розрахунку первинним аміногрупам ТА були надані номери 1 і 3, відповідно, а вторинній аміногрупі був привласнений номер 2. Оскільки, по суті, по кожній аміногрупі можливий ріст ланцюга поліаміду, то кількість продуктів реакції велика при співвідношенні компонентів 1:1 і різко збільшується при подальшому збільшенні надлишку КЛ, наприклад, до 1:5. Як приклад, у таблиці 1 приведені результати розрахунку при співвідношенні компонентів 1:1. За результатами розрахунку при співвідношенні ТА:КЛ, рівному 1:1, кількість продуктів реакції досягає 36, причому масова частка КЛ, що не прореагував досягає 23.6%; при співвідношенні ТА:КЛ, рівному 1:5, кількість продуктів реакції складає 214.

На рис.1 і 2 приведені числовий та масовий розподіли продуктів реакції по сумарній кількості приєднаних молекул КЛ при різноманітному вихідному співвідношенні ТА:КЛ. Положення максимуму на кривих розподілу, в основному, відповідає кратності вихідного співвідношення ТА:КЛ.

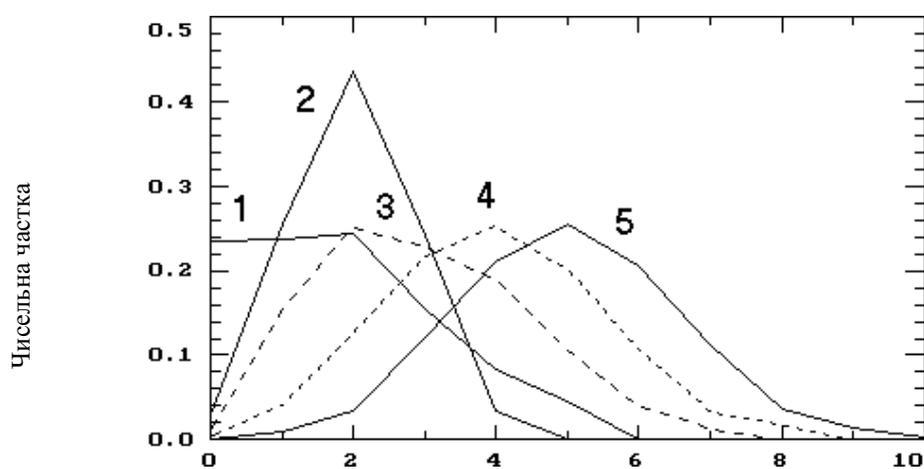
Таким чином, варіювання співвідношення ТА:КЛ при проведенні необоротної реакції ТА з КЛ дозволяє одержувати продукти реакції достатньо складні по кількості компонентів, причому розширення числа можливих продуктів реакції, з одного боку, обумовлено трифункціональністю ТА, а з іншого - ланцюговою природою продуктів реакції при достатній кількості капролактаму, що приєднується.

Таблиця 1

Числова і масова частка продуктів реакції при співвідношенні ТА:КЛ, рівному 1:1

№	Кількість приєднаних молекул КЛ			Частка продукту	
	Номер аміногрупи			Числова	Масова
	1	2	3		
1	0	0	0	0. 4761	0. 2359741
2	1	0	0	0. 1571	0. 1571991
3	2	0	0	0. 0618	0. 093075
4	3	0	0	0. 0213	4. 288928E-02
5	4	0	0	0. 0056	1. 417411E-02
6	5	0	0	0. 0021	6. 436607E-03
7	6	0	0	0. 0001	4. 017857E-04
8	0	1	0	0. 0793	7. 934956E-02
9	1	1	0	0. 0452	6. 810089E-02
10	2	1	0	0. 0138	2. 782232E-02
11	3	1	0	0. 0052	1. 316875E-02
12	4	1	0	0. 0019	5. 833035E-03
13	0	2	0	0. 0316	4. 759062E-02
14	1	2	0	0. 0147	2. 963036E-02
15	2	2	0	0. 0048	1. 216339E-02
16	3	2	0	0. 0015	4. 625892E-03
17	0	3	0	0. 0104	2. 094241E-02

18	1	3	0	0.0048	1.216339E-02
19	2	3	0	0.0014	4.324107E-03
20	0	4	0	0.0027	6.835714E-03
21	1	4	0	0.0025	7.64375E-03
22	0	5	0	0.0007	2.162053E-03
23	1	0	1	0.0237	3.570536E-02
24	2	0	1	0.0148	2.983125E-02
25	3	0	1	0.0055	1.392277E-02
26	4	0	1	0.0016	4.927679E-03
27	1	1	1	0.0021	4.268304E-03
28	2	1	1	0.0017	4.371875E-03
29	3	1	1	0.0005	1.608035E-03
30	1	2	1	0.0011	2.814286E-03
31	3	2	1	0.0001	4.017857E-04
32	1	3	1	0.0004	1.256696E-03
33	2	0	2	0.0018	4.573661E-03
34	3	0	2	0.0019	5.833035E-03
35	3	0	3	0.0001	4.017857E-04
36	2	0	4	0.0001	4.017857E-04



Сумарна кількість приєднаних молекул капролактаму в продукті реакції ТА з КЛ

Рис.1. Чисельна частка продуктів реакції з різною кількістю приєднаних молекул капролактаму

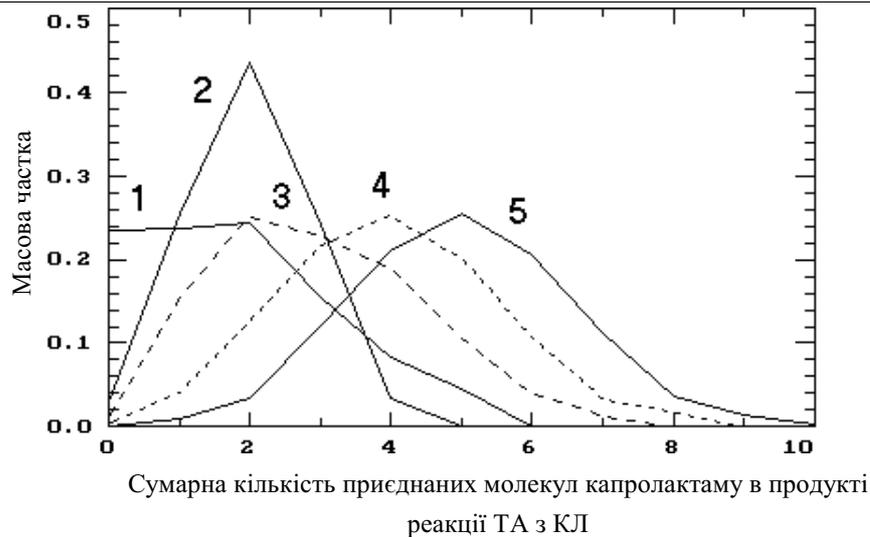


Рис. 2. Масова частка продуктів реакції з різною сумарною кількістю приєднаних молекул капролактаму

Література

- 1.Кларе Г., Фрицше Э., Грѐбе Ф. Синтетические полиамидные волокно. -М.: Мир,1966. -С.683.
- 2.Мизеровский Л.Н., Карасева С.Н., Силантьева В.Г. Низкоплавкие ионогенные блоксополимеры капролактама і поліетиленгліколей - основы принципиально новой формироваальной препарации для синтетических ниток. Доклады международной конференции по химическим волокнам «Химволокна - 2000» 16-19 мая 2000 года. -Тверь: Т.1. -С.390-393.
- 3.Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло.М.:Наука.1973.-С.87.
- 4.Романкевич О.В., Клименко П.А.// Вісник Державної легкої промисловості України. -1999.- №1.-С.58-62.
- 5.Коршак В.В., Виноградова С.В. Равновесная поликонденсация. -М.:Наука,1968

Надійшла р.

УДК 678.5.

І.А. МАНДЗЮК

Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ВІНІПЛАСТУ

Експериментально показана можливість використання відходів вініпласту в якості вторинної сировини при розробці литтьового пластику для виготовлення низу взуття.

Згідно з концепцією сталого розвитку суспільства, завдання по охороні довколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів, енерго- та матеріалозберігаючих технологій, утилізації, ресайлінгу промислових та побутових відходів розглядаються, як найважливіші. Одним з питань, яке направлене на вирішення поставлених завдань, є розробка та впровадження технологій використання відходів полімерних матеріалів, які утворюються на стадії їх технологічної переробки, експлуатації та внаслідок втрати споживчих властивостей.

Згідно з статистичними даними (1), на сьогоднішній день у світі накопичується більш ніж 1,7 млн. т. відходів пластмас в рік. З них 10% спалюють; 10% піддають повторній переробці, а 80% закопують в землю. Земля, яка містить пластмаси, не збагачується добривами, пластики в ній не розкладаються ні біологічним шляхом, ні при окисленні; відбувається забруднення води.

Асоціація промисловців переробки пластмас Німеччини запропонувала (2) використовувати відходи пластмас у таких напрямках:

- пряме використання подрібнених відходів переробкою литтям під тиском, екструзією, пресуванням;
- шляхом хімічного перетворювання через розчинення, гліколіз і т.п.;
- використання відходів як наповнювачів;
- спалювання з використанням теплової енергії.

Найбільшій актуальності набуває напрямок повторного використання відходів як вторинної сировини (ресайлінг).

В загальному обсязі полімерних матеріалів полівінілхлорид займає в автомобільній промисловості 10%; в упаковці – 5%; будівництві – 11%.

При переробці полівінілхлориду (ПВХ) утворюється значна кількість відходів: при виготовленні пляшок – 20-30%; штучних шкір – 15-28%; плівок – 40%. З технічної сторони при переробці ПВХ-відходів не повинно бути великих проблем. Відомо (3), що при старінні ПВХ змінюється лише поверхневий шар матеріалу (0,5мм), основна маса зберігає свої властивості. Рівень використання відходів ПВХ визначається складністю обладнання для вторинної переробки, ступінню зміни властивостей первинного матеріалу при повторній переробці, ємністю ринку споживання.

Відходи полівінілхлориду утворюються на всіх стадіях “життєвого циклу”: при синтезі, при переробці, при використанні матеріалів з ПВХ, при втраті споживчих властивостей виробів з ПВХ. Найбільш складною є переробка відходів жорсткого, наповненого ПВХ, та армованого плівкою.

В процесі виготовлення обладнання для виробництва друкованих плат у великій кількості накопичуються відходи вініпласту у вигляді лінійних відрізків різної довжини та товщини в об'ємі 80 - 100 т/рік. Застосовувати їх у тому вигляді, у якому вони утворюються, практично неможливо. Якщо проаналізувати відходи вініпласту, як сировину для подальшого використання, то можливості переробки відходів розширюються. По-перше, ми розглядали вініпласт як матеріал на основі полівінілхлориду, який містить ряд складових (меламін, синтетичне масло, стабілізатор). По-друге, це термопластичний матеріал, який може бути перероблений методом екструзії або литтям під тиском. Але для реалізації останнього, матеріал потребує модифікації. По-третє, необхідно знайти такий промисловий процес, де б у великій кількості використовувалися матеріали на основі полівінілхлориду (ПВХ). Одним з таких є виробництво взуття литтєвого методу кріплення, де підошву взуття відливають з термопластичних матеріалів (ПВХ, ПУ, ТЕП) на агрегатах з використанням інжекційних машин.

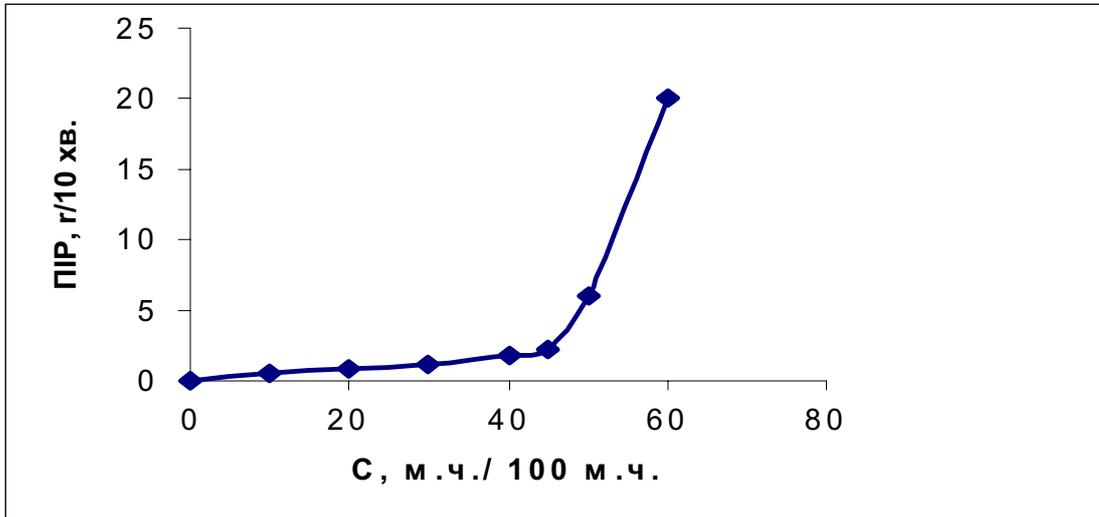
Обравши за мету забезпечення лиття підошви взуття з ПВХ, в роботі поставлено завдання розробити технологію переробки вініпластових відходів з вініпласту ВН-100 у композиційний матеріал придатний для лиття .

Враховуючи те, що відходи вініпласту не придатні для переробки методом лиття, необхідно було, в першу чергу, ввести речовини, які б підвищили литтєві властивості матеріалу. Для цього вініпласт поєднували з пластифікатором ДБФ, а також сумішшю ДБФ – поліетилсілоксан (30:1). Залежність індексу розплаву (визначали на приборі ПРТ по ДОСТ 11645-73) від концентрації наведено на рис 1.

Дослідження показали, що різке підвищення індексу розплаву починається при концентрації ДБФ = 45 м.ч. З метою стабілізації матеріалу при його переробці методом лиття під тиском до складу композиційного матеріалу вводили сполуки, які містять гліциділові групи ДГЕДФП, ЕБФ. Ці речовини вводились у кількості 1 м.ч. на 100 м.ч. вініпласту. Для отримання газонаповнених виробів у подрібненні

відходи вініласту вводили агент газонаповнення – діазоамінобензол. Технологія приготування композиційного матеріалу для виготовлення низу взуття методом лиття під тиском включала послідовність операцій : подріблення відходів вініласту; поєднання їх з пластифікатором, стабілізатором, агентом газонаповнення.

Рис. 1. Залежність індексу розплаву матеріалу від концентрації ДБФ на 100 м.ч. вініласту



Властивості отриманих матеріалів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняльні характеристики розроблених матеріалів для лиття низу взуття

Показник	Дост 6-05-1838-77 ПЛ-2	Розроблений матеріал	Дост 6-05-1838-77 ПЛП-2 (газонаповнений)	Розроблений матеріал (газонаповнений)
Міцність при розтягненні, МПа	не менше 8,0	10,4	-	-
Густина, г/см ³	1,16 – 1,4	1,20	0,85	0,77 – 0,82
Відносне подовження, %	не менше 270	210	-	-
Твердість, в ум. од.	не більше 80	75 – 80	80	72 – 78
Показник текучості, г/10 хв.	3 ÷ 20	43 - 51	8 - 10	8 - 10
Термостабільність при 185 °С, хв	не менше 75	131	100	110
Опір стиранню, Дж/мм ³	не менше 7,8	12,0	-	-

Результати досліджень показали, що за фізико- механічними показниками розроблений матеріал на основі відходів вініласту не поступаються матеріалам ПЛ – 2, ПЛП – 2. Розроблені матеріали застосовані на ВАТ «Взутекс» в об'ємі 150 тон для виготовлення чоловічого та жіночого взуття.

Література

1. Nir Moira Marx, *Plastics Eng.* – 1998. – 46, №10, p. 21 – 28.
2. Muller P., Riss K. *Makromal. Chem.*, - 1992. – 4 – 5. p. 175 – 184.
3. Вторичное использование полимерных материалов. Под редакцией Любешкиной Е. Г. – Химия. – 1985. – 192 с.

Надійшла 29. 11. 2000 р.

УДК 677.494.

В.М. ЛОЗА

ОАО «Химтекстильмаш», г. Чернигов

Т.С. ШОСТАК

Киевский государственный университет технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ПОЛИМЕРНО-ПЕКОВЫХ ВОЛОКОН

Процес формування чисто пекового волокна має ряд проблем, пов'язаних зі складністю та невизначеністю хімічної будови пеків, а також практичною відсутністю міцності та значною крихкістю сформованих ниток. У цьому зв'язку формування пека з композиції волокноутворюючий полімер-пек викликає науковий та практичний інтерес. Цей метод дозволяє вирішити проблему формування, і, особливо, прийому композиційної нитки, ввести у матрицю основного полімера від 6 до 60 масових відсотків пека, забезпечити проведення орієнтаційного витягування отриманої нитки і одержати структуру типу "матриця-фібрили".

Исследования в области получения углеродных волокнистых материалов (УВМ) и изделий из них показали, что одним из наиболее прогрессивных и перспективных направлений является использование в качестве исходного сырья пеков нефтяного происхождения, которые имеют ряд существенных преимуществ: доступность и дешевизна сырья, высокое содержание углерода (до 85%), термопластичность и способность к графитации.

Вместе с тем, имеют место существенные факторы, тормозящие и осложняющие разработку и широкое освоение технологии производства углеродных волокон на основе чисто пекового сырья /1/. К таким факторам относятся, прежде всего, сложность и неопределенность химического строения пеков и изменчивость их состава, структуры и свойств в зависимости от применяемого сырья и условий его переработки /2/. Кроме того, при формировании волокон из пека возникает ряд проблем, связанных с практическим отсутствием прочности и значительной хрупкостью сформованных нитей, неустойчивостью процесса формирования.

Показано /3/, что одним из перспективных направлений получения волокна из пеков является формирование волокна из композиции волокнообразующий полимер - изотропный пек.

В качестве волокнообразующего полимера выбран поликапроамид (ПКА). Использование этого полимера представляет практический интерес, т.к. он доступен и обладает высокими волокнообразующей способностью и физико-механическими показателями.

Нами проведены исследования по получению композиционной нити из смеси ПКА-пек. Основными задачами данных исследований являлось:

- определение путей получения композиционного волокна на базе ПКА-пек с различным и, в том числе, максимально возможным содержанием пека;
- разработка технологического режима формирования нити из смеси ПКА-пек, а также оценка возможности получения структуры нити типа «матрица-фибриллы».

С этой целью были проведены следующие исследования:

- определение возможности смешения ПКА и пека на экструзионном оборудовании;
- определение требований к качеству ПКА крошки и пека, используемых при формировании нити из смеси;

- оценка влияния технологических параметров (содержания пека в нити, температуры расплава смеси, величины фильерной вытяжки и т.д.) на способность к формованию смеси ПКА-пек;
- определение показателей качества комплексной нити.

В качестве оценочных показателей способности смеси ПКА-пек к формованию нитей были выбраны:

- устойчивость формования нитей из смеси ПКА-пек;
- возможность заправки нити на приемно-намоточное устройство;
- способность к вытягиванию сформованной нити.

Изучалось получение композиционной нити по двум схемам, а именно: «через гранулят» и «через расплав». Технологическая схема получения нити по схеме «через гранулят» включала в себя следующие этапы: опудривание крошки ПКА пеком и плавление в экструдере ЭЧ-20, формование жилки из смеси полимеров, рубку полученной жилки, сушку крошки, плавление крошки в экструдере и формование композиционной нити линейной плотности 450 текс, вытягивание композиционной нити на крутильно-вытяжной машине. Однако, трудности, возникающие при рубке жилки, содержащей пек более 12мас.%, не позволили развить дальнейшие исследования по этой схеме.

Технологическая схема получения композиционной нити по схеме «через расплав» основана на введении расплава пека в основной экструдер ЭЧ-32/45 и смешении его с расплавом ПКА. Из полученной смеси осуществляется формование и приемка технической нити линейной плотности 450 текс, которая затем подвергается ориентационному вытягиванию на крутильно-вытяжной машине КВ-Ш-250 КА.

Как показали исследования, схема «через расплав» оказалась технологически более предпочтительной, т.к. обеспечивала возможность введения пека от 5 – 60 масс.% и позволила осуществить исследования по отработке технологического режима получения композиционной нити из смеси ПКА–пек. Оценивалось влияние на качество получаемой композиционной нити следующих параметров: относительной вязкости ПКА, разных партий пека и его содержания в смеси, температуры расплава и величины фильерной вытяжки, а также линейной скорости и температуры ориентационного вытягивания нити.

Результаты проведенных исследований подробно изложены в работе /4/.

Анализ полученных данных показал, что в исследованном диапазоне вязкости ПКА (2.48 – 3.19 отн.ед.) обеспечивается возможность смешения в экструдере расплавленных ПКА и пека и получения композиционной нити линейной плотности 450-515 текс. Лучшие результаты, с точки зрения устойчивости формования и содержания пека в нити (до 60 масс.%), были получены для ПКА вязкостью 3.0 отн.ед., тогда, как при работе с ПКА вязкостью 2.38 отн.ед., добиться устойчивого формования композиционной нити не удалось (элементарные волокна, выходящие из капилляра фильеры, обрывались под собственным весом).

На устойчивость процесса формования нити из смеси существенное влияние оказывает качество исходного пека. Было переработано семь различных партий пека, которые отличаются друг от друга по основным показателям – температуре размягчения, фракционному и элементному составу (см. табл. 1).

Анализ полученных данных показал, что формование нити с содержанием пека до 21масс.% в исследованном диапазоне температур расплава (260-290°C) не вызывает особых затруднений. При скорости формования до 500 м/мин процесс волокнообразования проходит устойчиво. Сформованная нить заправляется в приёмно-намоточное устройство, и обеспечивается получение паковки до 3 кг. Повышение концентрации пека в смеси свыше 21 масс.%, при прочих равных условиях ведения процесса, приводит к резкому уменьшению вязкости смеси, агрегации частиц пека и их неравномерному распределению в ПКА. Всё это вызывает нарушение непрерывности истечения струи из отверстия фильеры и невозможность приёмки нити на бобину.

Исследования показали, что на возможность формирования композиционной нити с повышенным содержанием пека существенное влияние оказывает состав пека. Композиционную нить с содержанием пека до 60 масс.% удалось получить только на пеке партии 10П80.

Таким образом, в дальнейшем необходимо провести исследовательские работы, которые позволят более чётко сформулировать требования к показателям качества пека.

Выводы:

1. Показана возможность получения нити из смеси ПКА-пек по схеме "через расплав".
2. На устойчивость формирования нити из смеси ПКА-пек существенное влияние оказывают: вязкость исходного ПКА, показатели качества исходного пека, температурный режим формирования, величина фильерной вытяжки и параметры намотки.

Таблица 1

Партия пека	Показатели качества										
	Температура размягчения %	Содержание фракций, %				Плотность при 20°C, г/см ³	Содержание, %				Содержание пека в нити, масс.%
		γ	α_1	α_2	β		C	H	N	S	
10ПВ-53	170	24,6	0,5	0,2	74,7	1,245 – 1,235	87,3	8,05	1,14	3,5	13,3
10П-74	190	31	0,2	1,8	67,0	1,230 – 1,40	85,96	7,27	1,53	4,4 – 5,9	до 21
10П-79	175	27	0,7	1,5	71	1,1703	-	-	-	3,5	до 30
10П-80	180	27	0,9	1,8	70,2	1,689	87,0	7,4	-	-	до 60
10П-83	205	25,5	менее 1	-	-	1,187	86	7,2	-	-	до 21
10П-95	210	22,0	менее 1	-	-	1,200	86,2	7,65	-	4,0	до 13
10П-98	180	25,0	следы	-	-	1,200	86,0	7,5	-	4,2	13,3

Литература

1. Обзорная информация: Промышленность химических волокон, НИИТЭХИМ, М., 1982.
2. Привалов В.Е., Степаненко М.А., Каменноугольный пек., М., Metallургия, 1981.
3. А.с. 958438 СССР.
4. Проведение поисковых НИР по формированию волокон: Отчет о НИР НПО «Химтекстильмаш» Инв.№ 02.88.0069696 Чернигов, 1987, с.219.
5. Лоза В.М., Антоненко В.И. К вопросу получения углеродных волокон из пеков, Вісник ДАЛПУ –1991. -№21. -с.191.

Надійшла 12. 12. 2000 р.

СТАБІЛІЗОВАНИЙ ТЕПЛООБМІН В СИСТЕМІ : НАГРІВАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТ – ОБМЕЖЕНИЙ ОБ'ЄМ РІДИНИ – НАВКОЛИШНЄ ПОВІТРЯ

В статті розглянуті особливості теплообміну при вільній конвекції в обмеженому об'ємі, за умови теплообміну з навколишнім середовищем через огорожувальні стінки. Досліджені нерівномірності температурного поля навколо поверхні нагрівального елемента. Уточнена методика вибору визначальної температури в обмеженому об'ємі рідини. Встановлено підвищення інтенсивності теплообміну між поверхнею нагрівального елемента і рідиною.

In article the features of heat exchange at free convection in limited volume, under condition of heat exchange with an environment through protecting walls are considered. Are investigated of non-uniformity of a temperature field around of a surface of a heating element. The specified technique of a choice of determining temperature in limited volume of a liquid. The increase of intensity of heat exchange between a surface of a heating element and liquid is established.

На даний час потребують значної уваги питання організації теплообміну в системах чутливих до коливань температури. Це відноситься до термостатування робочих ємкостей біотехнологічних систем, хімічних, харчових та переробних виробництв з процесами, в яких накладаються обмеження на температурні напори та режими роботи обладнання при заданих теплових навантаженнях. Але в теплоенергетиці дотепер більшу увагу приділяли високоінтенсивним процесам теплообміну, що характеризуються значними рушійними силами – температурними напорами.

Беручи до уваги реальні системи теплообміну, прийшли до висновку, що великий практичний інтерес представляє стабілізований теплообмін в системі (рис. 1) : поверхня теплообміну нагрівального елемента (1) – обмежений об'єм рідини (2) – навколишнє повітря (3).

Можна очікувати суттєвого впливу теплообміну об'єму рідини, огороженого стінками (4), з навколишнім середовищем на інтенсивність теплообміну між нагрівальним елементом та рідиною, особливо при невеликих температурних напорах.

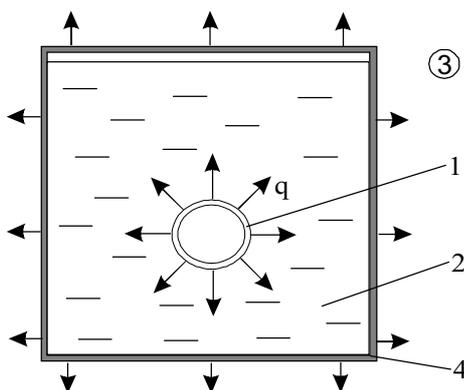


Рис. 1 Схема теплообміну в системі : поверхня теплообміну нагрівального елемента - рідина в обмеженому об'ємі - навколишнє повітря

автори [2] встановили, що інтенсивність тепловіддачі при вільній конвекції в великому об'ємі має визначатись геометричними характеристиками і добутком критеріїв Релея Ra (або Грасгофа модифікованого Gr^* [3]) та Прандтля Pr , де перший визначається з використанням питомого теплового потоку q .

Мета даної роботи – встановити особливості теплообміну між нагрівальним елементом і рідиною, ускладненого теплообміном рідини через огорожувальні стінки з навколишнім середовищем.

При експлуатації реактора біогазової установки необхідно забезпечити стабільний температурний режим за різних умов навколишнього середовища. Питомий тепловий потік $q = \text{const}$, який необхідно підвести, визначається втратами теплоти через ізольовані зовнішні стінки. При цьому температура в реакторі не повинна виходити за межі, сприятливі для функціонування бактерій [1].

Використовуючи методи аналізу розмірностей

При визначенні інтенсивності теплообміну при вільній конвекції використовується термін “визначальна температура”. В розрахунках за формулою авторів [3] :

$$Nu = 0.253 \cdot (Gr^* \cdot Pr)^{0.244} \quad (1)$$

в якості такої температури треба приймати середньоарифметичну величину між температурами стінки і рідини вдалині від стінки. Це зумовлює достатньо чітке визначення поняття “вдалині від стінки”. При розробці процесів в обмеженому об’ємі за умов тепловтрат через огорожувальні стінки постає питання : на якій саме відстані від теплообмінної поверхні визначати “температуру вдалині від стінки”.

Очевидно, що таку температуру треба приймати за межами прикордонного шару або взагалі рухомого шару рідини. Припустимо, що визначення товщини рухомого шару рідини для вертикальної пластини і горизонтального циліндра подібні. Тоді, використовуючи залежність авторів [4], при температурі рідини $t_p = 20 \dots 40^\circ\text{C}$, $q = 1 \dots 15 \text{ кВт/м}^2$ отримаємо товщину рухомого шару $1 \dots 5 \text{ мм}$.

При стабілізованому процесі теплообміну в об’ємі рідини утворюється певний розподіл температур. При великих теплових потоках ($q > 20 \dots 50 \text{ кВт/м}^2$) така нерівномірність несуттєво впливає на визначення інтенсивності тепловіддачі. Але в умовах низьких теплових потоків (до 10 кВт/м^2), при організації такого теплообміну, який має бути в реакторі біогазової установки, невірний вибір температури рідини може привести до неточності в визначенні коефіцієнту тепловіддачі, і, як наслідок, до підводу недостатньої кількості теплової енергії або перевищення заданого діапазону температури стінки. А це призведе до зниження ефективності процесу біоконверсії.

Тому дослідження нерівномірності температурного поля навколо теплообмінної поверхні є важливим елементом при визначенні особливостей теплообміну в системі, що розглядається.

Для дослідження розподілу температури в процесі теплообміну при вільній конвекції в обмеженому об’ємі рідини розроблена та випробувана дослідна установка (рис.2), використовуючи рекомендації авторів [5,6]. Ємність з прозорими стінками, що має розміри $600 \times 320 \text{ мм}$, заповнена водою на висоту 190 мм . На відстані 110 мм нижче рівня рідини встановлений тепловиділяючий елемент (ТВЕ), в середині якого розміщений прямий електричний нагрівник довжиною 340 мм , електричним опором 40 Ом , зовнішнім діаметром 14 мм . Він встановлений в товстостінну трубку, виготовлену із сталі Ст3 зовнішнім діаметром 25 мм , внутрішнім 16 мм . Простір між стінками труби і нагрівника заповнений кварцовим піском. Торцеві стінки

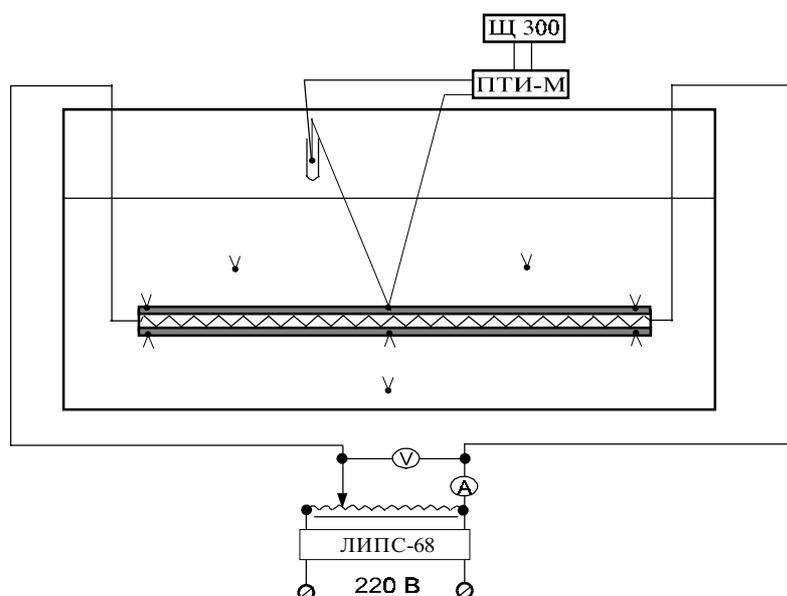


Рис. 2 Схема дослідної установки

нагрівника теплоізовані азбестовою набивкою товщиною 25 мм . На кінцях ТВЕ встановлені гумові шланги для виводу джгутів термопар та кабелів живлення нагрівника. Стики шлангів з трубкою затиснені хомутами для уникнення попадання води на струмоведучі частини нагрівника.

Напруга на нагрівник подавалась через стабілізований блок живлення ЛІПС – 68, навантаження контролювалось лабораторним амперметром Э59 і вольтметром Ц4313. Відносна похибка вимірювання сили струму та напруги не перевищувала $2,2 \%$ і $1,1 \%$ відповідно. При цьому відносна похибка визначення питомого

теплового потоку – $2,1 \dots 4,3 \%$.

Вимірювання температур проводилось за допомогою 15 хромель-копелевих термопар (типу L), з індивідуальним градуванням, яке проводилось в термостаті ТЛ-4. Як зразковий термодатчик використовувалась термопара ПП10/0 (типу S) II розряду. Термопари зварювались під дистильованою водою. Діаметр дротів 0,2 мм.

Проградувані термопари ізолювались термостійким лаком. Для зменшення тепловідводу по дротах термопар, вони розміщувались в повздовжніх канавках, профрезерованих на трубі. Зверху канавки закривались пластинами із електродної сталі. Поверхня трубки зачищувалась. Гарячі спаї термопар прикріплювались на метал труби і місце контакту вкривалось лаком. Холодні спаї термопар на трубі і трьох термошупів для вимірювання температури води в ємкості термостатувались при температурі 0 °С. Подовжувальні дроти зводились на перемикач ПТИ-М. Вимірювання термо-ЕРС проводилось компенсаційним методом за допомогою потенціометра Р330 і цифрового вольтметра Щ300.

Термошупами вимірювалась температура в різних місцях об'єму рідини. Координата щупа визначалася за допомогою метричної лінійки. В основному, досліджувалося поле температур в горизонтальній та вертикальній площинах, що проходять через вісь елемента.

Температура рідини на відстані від стінки визначалася як середньоарифметична величина між показаннями термошупів в трьох точках по довжині елемента на цій відстані. Величина температури на стінці є середньоарифметичною між показаннями 12 термопар, розташованих на стінці. Температура повітря в приміщенні вимірювалась термометром ТЛ-4. Похибка вимірювання температур складала не більше 0,1 °С.

На рис. 3. представлений розподіл температур в горизонтальній та вертикальній площинах на відстані L та h, від стінки елемента. Досліди проводилися при $q = 0,6...3 \text{ кВт/м}^2$, $t_p = 22...37 \text{ }^\circ\text{C}$.

Аналізуючи результати на рис. 3, можна прийти до висновку, що стабілізація температурного поля в горизонтальній площині відповідає відстані 1...2 діаметри ТВЕ від його вісі, а в вертикальній площині (під і над ТВЕ) - 1,5...2 діаметри.

Проведено дослідження розподілу температур рідини t_p та температурних напорів Δt на відстані 2 діаметра від вісі ТВЕ в вертикальному та горизонтальному напрямках при $q = 1300...5500 \text{ Вт/м}^2$, $t_p = 24...38 \text{ }^\circ\text{C}$. Очікувана похибка визначення температурного напору складає 0,68...12 %.

Аналіз результатів дозволяє зробити висновок, що осереднені по вертикальних і горизонтальних напрямках температура рідини та температурний напір на відстані 2 діаметрів від вісі ТВЕ наближаються до відповідних показників на цій відстані в горизонтальній площині.

Для оцінки впливу теплообміну рідини з навколишнім середовищем через огорожуючі стінки на теплообмін при вільній конвекції від нагрітого елемента проведено порівняння результатів експерименту із розрахунковими залежностями [3,7]. Дослідження проводилися при $q = 0,5...17 \text{ кВт/м}^2$, $t_p = 22...35 \text{ }^\circ\text{C}$. Відносна похибка експериментально визначеного коефіцієнту тепловіддачі складала 2,78...14,5 %.

Відзначимо, що в наведеному діапазоні результати розрахунків за залежностями авторів [3,7] показали розбіжність не більше 5 %. Зважаючи на те, що залежність (1) розроблена для процесу тепловіддачі при $q = \text{const}$, проведено порівняння експериментальних даних з розрахунковими за цією залежністю.

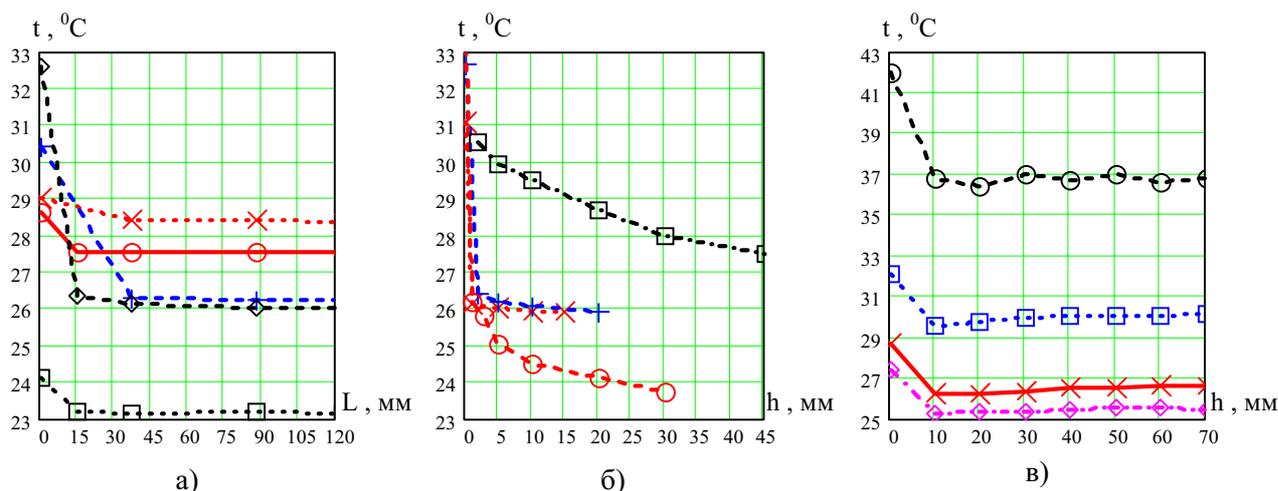


Рис.3 – Розподіл температур біля теплообмінної поверхні на відстані від стінки. а) в горизонтальній площині ; б) в вертикальній під тепловиділяючим елементом ; в) в вертикальній над тепловиділяючим елементом.

Аналізуючи отримані результати можна сказати, що при температурних напорах більше $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ експериментальні дані з достатньою точністю можуть бути описані розрахунковими формулами, похибка в більшості випадків не набагато перевищує допустиму похибку експериментів. Але при невеликих температурних напорах, які повинні витримуватись в системах термостабілізації біореакторів та іншого біотехнологічного обладнання ($\Delta t \leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), відмічається суттєва розбіжність результатів.

Таке явище, на наш погляд, пояснюється впливом теплообміну поверхонь, що огорожують рідину, з навколишнім середовищем. Цей вплив призводить до нерівномірного розподілу температур в рідині, і, як наслідок, до появи конвективних токів. А це при невеликих температурних напорах може суттєво вплинути на інтенсивність теплообміну між нагрівальним елементом і рідиною.

Такий вплив зворотнопропорційний об'єму рідини V і тепловому потоку $Q = F_{\text{НАГР}} \cdot q$, що підводиться від ТВЕ, для його врахування доцільно використати поправку у вигляді :

$$\alpha_{V,Q} = \alpha_{\text{РОЗР}} \cdot \exp(C \cdot V^n \cdot Q^m) \quad (2)$$

Оскільки в даних дослідженнях $V = \text{const}$, площа поверхні нагрівника $F_{\text{НАГР}} = \text{const}$, то залежність коефіцієнта тепловіддачі для умов експерименту шукали у вигляді :

$$\alpha_{V,Q} = \alpha_{\text{РОЗР}} \cdot \exp(C \cdot q^m) \quad (3)$$

За описаних вище умов методом нелінійної оптимізації Квазі-Ньютона з коефіцієнтом детермінації 82 % отримана залежність вигляду :

$$\alpha_{V,Q} = \alpha_{\text{РОЗР}} \cdot \exp(19,5 \cdot q^{-0,5}) \quad (4)$$

На рис. 4 представлено співставлення графіків залежності розрахункових та експериментальних значень температури стінки ТВЕ $t_{\text{СТ}}$ та q для різних діапазонів t_p . Величини розрахункових температур стінки теплообмінника були визначені на основі рівняння Ньютона-Ріхмана $t_{\text{СТ РОЗР}} = t_p + q/\alpha$, де коефіцієнт тепловіддачі α був розрахований за залежностями (1) та (4). Прийняті величини t_p та Δt відповідали умовам експлуатації реакторів біогазових установок.

Аналіз результатів показує, що на всьому діапазоні t_p температура на стінці ТВЕ за умов експерименту нижча розрахункової, а питомий тепловий потік – вищий за розрахунковий.

Отже розраховуючи інтенсивність теплообміну за формулами авторів [3,7] одержуємо поверхню теплообміну з певним запасом. Особливо цей запас суттєвий при $\Delta t < 8 \dots 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

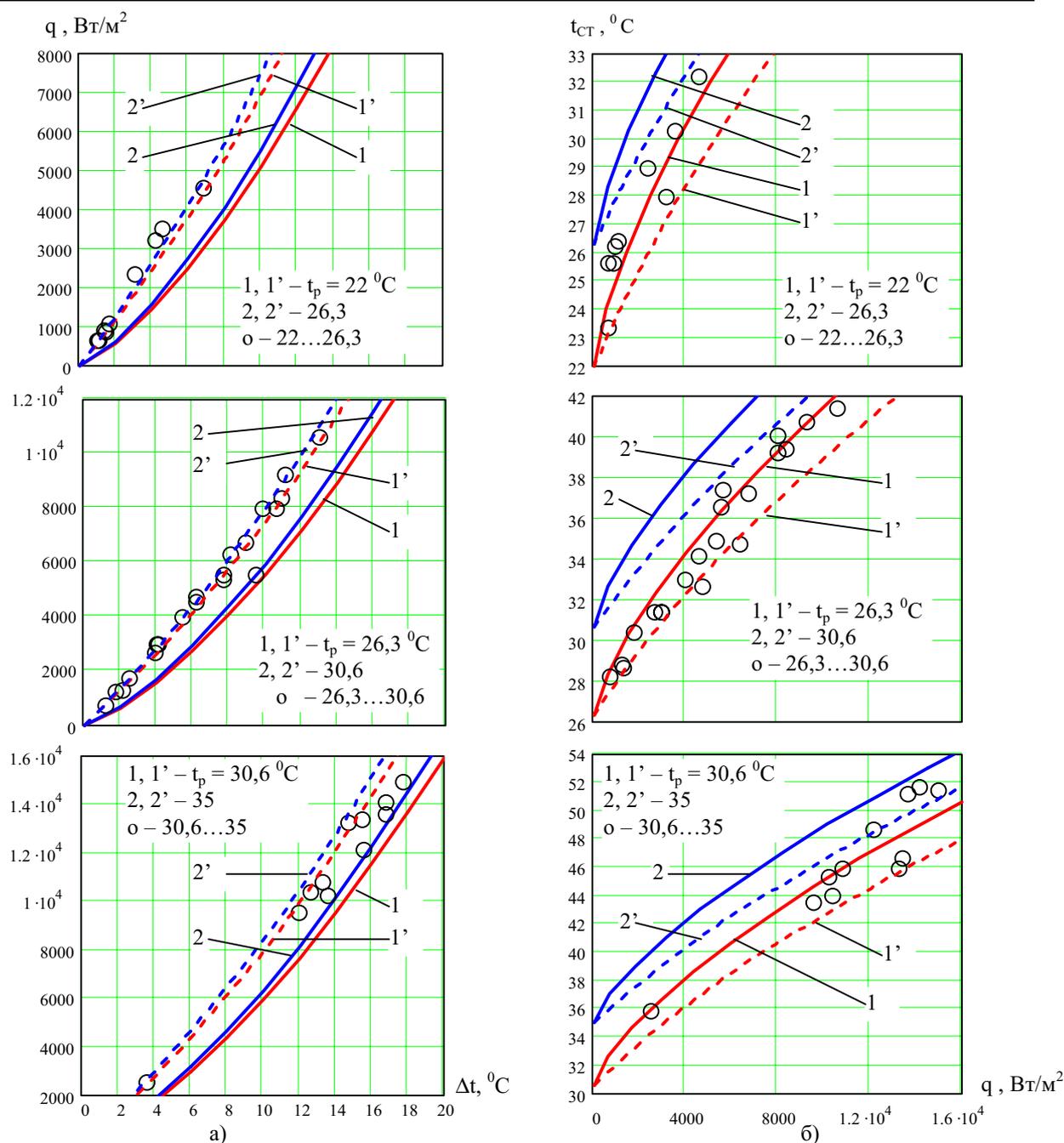


Рис. 4 – Співставлення розрахункових та експериментальних результатів в заданому діапазоні температур рідини.

а) – залежність експериментального та розрахункового питомого теплового потоку q від температурного напору Δt ; б) – залежність розрахункової та експериментальної температури стінки $t_{СТ}$ елемента від питомого теплового потоку q . Позначення : 1, 2 - α розраховано за (1) ; 1', 2' - α - за (4) ;
о - експериментальні дані.

Таким чином, в даній статті розглянуті особливості теплообміну при вільній конвекції в обмеженому об'ємі, за умови теплообміну об'єму рідини з навколишнім середовищем через огорожувальні стінки. За цих умов : досліджені нерівномірності температурного поля навколо поверхні нагрівального елемента ; уточнена методика вибору визначальної температури в обмеженому об'ємі рідини; при температурних напорах $\Delta t < 8 \dots 10$ °C встановлено підвищення інтенсивності теплообміну між поверхнею нагрівального елемента і рідиною, запропонована поправка, яка враховує таку інтенсифікацію за умов теплообміну з навколишнім середовищем.

Література

1. Ткаченко С.Й., Степанов Д.В. Мінімізація витрат ексергії на живлення біогазової установки енергією //Вісник ВПІ - 2000, - № 4, - С. 50 – 57.
2. Новиков И.И., Воскресенский К.Д. Прикладная термодинамика и теплопередача. Изд. 2-е. – М.: Атомиздат, 1977. – 352 с.
3. Кейхани, Кулаки, Христенсен. Свободная конвекция в вертикальном кольцевом канале с постоянной плотностью теплового потока на внутренней стенке. //Теплопередача, 1983, № 3. – С.31 – 37.
4. В.П. Исаченко, В.А. Осипов, А.С. Сукомел. Теплопередача. Учебник для вузов – 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 416 с.
5. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена.–М.: Энергия,1979.–320с.
6. Линевег Ф. Измерение температур в технике. Справочник. Пер. с нем. 1980. – 544 с.
7. Михеев М.А.. Михеева И.М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. - М: «Энергия», 1977.–344 с.

Надійшла 29. 11. 2000 р.

УДК 675.026.23

О.А. АНДРЕЄВА

Київський державний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЛЬФАТУВАННЯ ОКСИЕТИЛЬОВАНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

З метою створення нових матеріалів, що здатні замінити дефіцитні дорогі жири, досліджували процес модифікування – сульфатування вітчизняних оксиетильованих вуглеводнів рослинного та тваринного походження (на основі рапсової олії та свинячого жиру). Визначили властивості одержаних продуктів (стійкість у часі та рН 5%-их емульсій, вміст активного жиру та SO_3 - груп), одержали математичний опис досліджуваного процесу. Дослідили можливість застосування одержаних матеріалів при жируванні шкір.

З метою створення нових матеріалів, що здатні замінити дефіцитні дорогі жири, в роботі досліджували процес модифікування – сульфатування вітчизняних оксиетильованих вуглеводнів та їх композицій рослинного та тваринного походження (на основі рапсової олії та свинячого жиру). Для порівняння застосували тваринний (свинячий) жир.

Відомо [1], що процес сульфатування жирів суттєво залежить від умов технологічного режиму: виду оброблюваних матеріалів, витрат сірчаної кислоти, температури та тривалості обробки. З урахуванням попередніх досліджень сульфатування проводили при таких параметрах (табл. 1).

Розрахункову кількість жирувальних матеріалів завантажували до емульсатора, куди дуже повільно, при постійному перемішуванні, протягом 4-5 год додавали концентровану сірчану кислоту (15-25% від маси жиру). Температуру під час сульфатування підтримували на постійному рівні. З перебігом реакції маса продукту темнішала, ставала більш в'язкою. Після введення всієї кількості кислоти масу залишали у спокої (відстоювали) протягом 22-24 год для підвищення зв'язування кислоти з жиром, після чого незв'язану кислоту нейтралізували 25%-им розчином карбонату натрію у кількості 75% від маси концентрованої кислоти.

Таблиця 1.

Параметри сульфатування

Дослід	Жирова композиція, мас. частка	Параметри сульфатування	
		Витрати сірчаної кислоти, від маси жиру (на техн. продукт)	Температура, °С
1	№1: Рипокс-3 (оксиетильована рапсова олія).....100	25	25
2		25	15
3		15	25
4		15	15
5		20	20
6	№2: Свиначий жир..... 100	25	25
7		25	15
8		15	25
9		15	15
10		20	20
11	№3: Жиронокс-С (оксиетильований свиначий жир).....34,3 Рипокс-3.....13,1 Стеарокс-6 (емульгатор).....26,3 Індустріальне масло I-20.....13,1	25	25
12		25	15
13		15	25
14		15	15
15		20	20
16	№4: Композиція 3.....41,5 Свиначий жир.....41,5 Індустріальне масло I-20..... 17,0	25	25
17		25	15
18		15	25
19		15	15
20		20	20

Примітка: Жиронокс-С, стеарокс-6, рипокс-3 – українського виробництва.

По зовнішньому вигляду (при температурі 18 °С) сульфатований рипокс-3 уявляв собою в'язкотекучу рідину коричневого кольору; сульфатований свиначий жир був салоподібної консистенції білувато-кремового кольору; сульфатовані композиції 3 та 4 мали вигляд пастоподібної маси кофейного кольору.

Для жирування хромових шкір для одягу, верху взуття та галантереї на практиці застосовують емульсії, що складаються, як правило, з жирувальних речовин, емульгатора та води [2]. Внаслідок взаємодії емульгатора або жиру з колагеном, дубильними сполуками хрому емульсія руйнується, а жир сорбується поверхнею структурних елементів дерми. Це визначає вимоги до емульсії, яка повинна мати певну агрегативну стійкість у часі. Надто стійка емульсія (не розшаровується понад 2 год після приготування) може взагалі не руйнуватися у дермі, у такому випадку поглинання жиру шкірою буде неповним, і велика кількість жиру залишиться у оброблюваній рідині. При застосуванні нестійкої емульсії (руйнується за час, менший, ніж 20 хв після приготування) жир залишається на поверхні або у зовнішніх шарах шкіри, що теж негативно впливає на якість останньої. Враховуючи це, визначали стійкість 5%-их емульсій сульфатованих жирових композицій в діапазоні рН 2...9. Було одержано (табл. 2), що емульсії сульфатованих композицій 1 (рипокс-3) та 3 (жиронокс-С, стеарокс-6, рипокс-3, індустріальне масло I-20) мають більш низькі (2,2...4,4) значення рН порівняно з емульсіями інших сульфатованих жирів (2,3...7,2). Найбільш стійкими виявилися емульсії сульфатованого рипокс-3, особливо при високих значеннях рН (7...9).

Таблиця 2.

Властивості емульсій сульфатованих жирових композицій

Дослід	Сульфатован а жирова композиція	Значення рН емульсії	Стійкість емульсії			
			вихідної	при рН		
				2...3	4...6	7...9
1	1	2,6	-	-	-	+
2	1	3,4	+	+	+	+
3	1	2,5	+	+	+	++
4	1	2,4	-	-	-+	+
5	1	2,4	-	-	+	++
6	2	2,3	-	-	-	-
7	2	2,5	-	-	-	-
8	2	6,5	++	застигла	застигла	застигла
9	2	7,2	++	застигла	застигла	застигла
10	2	3,8	-	-	-	-+
11	3	2,6	-	-	-	-+
12	3	2,5	-	-	-	-
13	3	4,4	-	-	-	-
14	3	2,5	-	-	-	-
15	3	2,2	-	-	-	-
16	4	2,7	-	-	-	-
17	4	3,0	-	-	-	-
18	4	6,1	-	-	-	-
19	4	6,7	-	-	-	-
20	4	3,0	-	-	-	-+

Примітка: “-“ емульсія нестійка; “+” емульсія стійка; “-+” незбіжні показники стійкості емульсій у даному діапазоні рН; “++” емульсія надто стійка.

Під час жирування витрати жирувальних речовин залежать від активної складової (так званого “активного жиру”): чим більше остання, тим менша кількість жиру потрібна для проведення цього процесу. З табл. 3 видно, що сульфатовані рипокс-3 та свинячий жир вміщують у середньому на 5,2...6,0% більше активного жиру, ніж сульфатовані композиції 3 та 4. Умови сульфатування впливають на цей показник таким чином: з підвищенням витрат сірчаної кислоти він знижується, з підвищенням температури – підвищується для рипокс-3 та композиції 4, для композицій 2 та 3 – підвищується при витратах кислоти 15%.

Одержані сульфатовані матеріали вміщують SO_3^- групи, завдяки яким жир при жируванні буде зв’язуватися з активними (наприклад, аміно-) групами колагену. Від вмісту SO_3^- груп у жирувальному матеріалі, тобто від ступеня сульфатування, буде залежати якість готових шкір. Отже, при дослідженні сульфатування важливо визначити вміст вищезгаданих, особливо зв’язаних, груп в одержаних продуктах. З наведених у табл. 3 даних можна встановити певний взаємозв’язок між умовами сульфатування та вмістом зв’язаних SO_3^- груп. Так, при однакових витратах сірчаної кислоти ступінь зв’язування SO_3^- груп з жиром при зниженні температури сульфатування збільшується (крім дослідів 8,9,11,12). Можливо, це зумовлено екзотермічним характером процесу сульфатування. Вплив витрат сірчаної кислоти на зв’язування SO_3^- груп

неоднозначний. З підвищенням витрат кислоти вміст зв'язаних SO_3 - груп у жирі змінюється таким чином: для композиції 3 – суттєво знижується при всіх досліджуваних температурних режимах; для композиції 4 – знижується при температурі 15 °С, для рипокс-3 – при 25 °С. Для свинячого жиру витрати сірчаної кислоти при високій (25°C) температурі сульфатування на цей показник не впливають; при низькій (15°C) температурі вміст SO_3 - груп збільшується при підвищених (25%) витратах кислоти.

Застосування в роботі математичного планування експерименту (ПФЕ) [3,4] дозволило визначити відтворюваність моделі, значущість коефіцієнтів у рівняннях регресії. Рівні досліджуваних параметрів (X_1 – витрати сірчаної кислоти, % від маси жиру; X_2 – температура, °С) наведені у табл. 4.

Таблиця 3.

Вміст жиру та SO_3 - груп у сульфатованих матеріалах

Дослід	Сульфатована жирова композиція	Мас. частка активного жиру Y_1 , %	Мас. частка SO_3 - груп, %		
			Загальна	Вільних	Зв'язаних Y_2
1	1	53,5	9,6	8,2	1,4
2	1	51,0	9,0	6,9	2,2
3	1	66,5	8,7	7,0	1,7
4	1	59,6	8,5	6,6	1,9
5	1	54,2	7,8	6,0	1,8
6	2	50,9	10,1	7,8	2,3
7	2	56,2	9,6	7,0	2,6
8	2	60,1	6,8	4,5	2,3
9	2	58,4	6,6	4,5	2,1
10	2	59,3	9,1	5,8	3,3
11	3	44,9	9,8	8,3	1,5
12	3	45,7	9,6	8,3	1,3
13	3	60,5	8,7	5,8	2,9
14	3	52,2	10,0	6,8	3,2
15	3	51,5	8,9	7,0	1,9
16	4	46,0	9,3	7,2	2,1
17	4	45,1	9,9	7,3	2,6
18	4	60,0	7,3	5,2	2,1
19	4	55,2	8,6	5,6	3,0
20	4	52,2	9,6	6,6	3,1

Про вплив умов сульфатування на вміст активного жиру Y_1 свідчать такі рівняння регресії:

для композиції 4 у кодованих змінних $Y_1 = 51,575 - 6,025 x_1 + 1,425 x_2$ (критерій Кохрена $G_p = 0,3552 < G_T = 0,9065$ при $f_1 = 1, f_2 = 4, q = 0,05$; критерій Стьюдента $t_0 = 217,40; t_1 = 25,40; t_2 = 6,00 > t_T = 4,60$ при $f = 4, q = 0,01; t_{12} = 4,11 < t_T$; критерій Фішера $F_p = 3,82 < F_T = 7,71$ при $f_1 = 1, f_2 = 4, q = 0,05$); у натуральних змінних $Y_1 = 48,285 - 1,205 X_1 + 0,285 X_2$. Це підтверджує одержані раніше висновки для даного матеріалу: з підвищенням витрат кислоти вміст активного жиру зменшується, з підвищенням температури сульфатування, навпаки, збільшується.

Таблиця 4.

Кодування та значення основних факторів процесу сульфатування

Рівень	Кодування	Натуральні значення факторів	
		X ₁ , %	X ₂ , °C
Нижній	-1	15	15
Верхній	+1	25	25
Нульовий	0	20	20
Інтервал варіювання	Δ	5	5

Цілоком корелюють з рівняннями регресії й попередні висновки щодо впливу умов обробки на вміст зв'язаних SO₃ - груп Y₂:

для рипокс-3 у кодованих змінних $Y_2 = 1,818 - 0,268 x_2$ ($G_P = 0,6128 < G_T = 0,9065$ при $f_1 = 1, f_2 = 4, q = 0,05$; $t_0 = 33,18$; $t_1 = 0,55$; $t_2 = 4,88$; $t_{12} = 2,60$; $t_T = 2,78$ при $f = 4, q = 0,05$; $F_P = 3,39 < F_T = 6,94$ при $f_1 = 2, f_2 = 4, q = 0,05$, у натуральних змінних $Y_2 = 2,888 - 0,054 X_2$;

для композиції 4 у кодованих змінних $Y_2 = 2,445 - 0,345 x_2$ ($G_P = 0,4328 < G_T = 0,9065$ при $f_1 = 1, f_2 = 4, q = 0,05$; $t_0 = 21,66$; $t_1 = 0,89$; $t_2 = 3,06$; $t_{12} = 1,06$; $t_T = 2,78$ при $f = 4, q = 0,05$; $F_P = 0,96 < F_T = 6,94$ при $f_1 = 2, f_2 = 4, q = 0,05$, у натуральних змінних $Y_2 = 2,583 - 0,069 X_2$.

Таким чином, для вмісту зв'язаних SO₃ – груп у цих сульфатованих матеріалах значущим фактором виявляється температура сульфатування, при зниженні якої зв'язування вищезгаданих груп з жиром посилюється.

Отримані регресійні рівняння адекватно описують процес, що вивчається, виконані дослідження дають уявлення про вплив умов сульфатування на властивості нових матеріалів.

З урахуванням властивостей цих матеріалів (агрегативна стійкість та рН емульсій, вміст активного жиру та зв'язаних SO₃ - груп) у подальшому досліджували можливість їх застосування при жируванні хромових шкір. Скомплектовані за методом асиметричної бахроми групи [3] струганого хромового напівфабрикату бичини (по 5 зразків у кожній групі) обробляли по типовій методиці [2] за схемою:

промивка – нейтралізація – промивка 1,2 – жирування 6,0% жиру (на 100% - ий жир).

Варіанти обробки, що відрізняються складом та умовами сульфатування жирових композицій, наведені в табл. 5.

Вибір складу жирової композиції був зумовлений, насамперед, вмістом зв'язаних SO₃- груп у продуктах сульфатування. Через те, що цей показник знаходився в межах 1,4...3,1%, для жирування обрали ті композиції, які відповідали нижньому (1,4%), середньому (~ 2,0%) та верхньому (3,1%) значенням. Після жирування, висушування, витягування, зволоження, досушування напівфабрикат аналізували [4]. Результати аналізу приведені у табл. 6 -7.

Зразки всіх варіантів були не замащеними з лицьової та бахтарм'яної поверхні, а у групах 1*...3* - м'якими. Дещо підвищене видовження зразків можна пояснити умовами обробки (витягування виконували в лабораторних умовах, пресування було відсутнім).

З одержаних даних випливає, що вміст зв'язаних SO₃- груп у сульфатованому матеріалі в межах 2,0% поліпшує більшість показників напівфабрикату (наприклад, масову частку та розподіл у дермі речовин, що екстрагуються органічними розчинниками – так званого “незв'язаного жиру”, органолептичну оцінку, міцність, пружно-пластичні властивості, вихід по товщині).

Таблиця 5.

Варіанти обробки напівфабрикату

Варіант	Жирова композиція		
	Склад, мас. частка	Умови сульфатування	
		Витрати сірчаної кислоти, % від маси жиру	Температура, °С
1*	Композиція №1: Рипокс-3100	25	25
2*	Рипокс-3.....100	25	15
3*	Рипокс-3.....100	15	15
4*	Композиція №4: Композиція 3.....41,5 Свинячий жир.....41,5 Індустріальне масло І-20.....17,0	20	20

Таблиця 6.

Вплив сульфатування на вміст незв'язаного жиру та органолептичну оцінку напівфабрикату

Варіант	Мас. частка зв'язаних SO ₃ - груп у сульфатованому матеріалі, %	Напівфабрикат					
		Мас. частка речовин, що екстрагуються органічними розчинниками (на абс. сух. реч.), %				Коефіцієнт рівномірності розподілу незв'язаного жиру у дермі, %	Органолептична оцінка
		Загал	Лицьовий шар	Середній шар	Бахтарм'яний шар		
1*	1,40	8,5	20,6	18,9	60,5	0,47	М
2*	2,20	9,4	19,6	19,5	60,9	0,48	ММ
3*	1,95	8,4	18,7	24,1	57,2	0,64	ММ
4*	3,10	6,5	32,0	15,4	52,6	0,36	СТ

Примітка: "М" напівфабрикат м'який; "ММ" напівфабрикат дуже м'який; "СТ" напівфабрикат стійкий.

По сукупності всіх показників хімічного аналізу, фізико-механічних досліджень, органолептичній оцінці оптимальним, на наш погляд, є варіант 3* - жирування шкір матеріалом рипокс-3, параметри сульфатування якого: температура 15 °С, витрати сірчаної кислоти – 15% від маси жиру. Одержані результати у подальшому використали для розробки винаходу [5].

Таблиця 7.

Фізико-механічні та гігієнічні властивості напівфабрикату

Вар	Межа	Напру	Відносн	Вихід, %	Час	Вологоємність, %	Повітро
-----	------	-------	---------	----------	-----	------------------	---------

іант	міцнос ті при розтяг уванні, МПа	ження при появі тріщин лицьов ого шару, МПа	е видовже ння при напруже нні 9,8 МПа, %	По товщи ні	По площі	всмокту вання краплі води, хв	2 – годинна	24 - годинна	проникн ість, см ³ / см ² · год
1*	34,0	26,7	38,5	97,7	90,2	150	117	145	197,7
2*	35,5	27,0	42,5	96,4	81,4	108	126	154	326,1
3*	31,0	28,0	37,8	98,1	87,9	160	110	131	395,0
4*	30,4	25,0	29,0	92,7	85,5	160	93	133	446,0

Література:

1. Кубелка В. Жиры, масла и эмульсии в кожевенном производстве. – М.: Гизлегпром, 1957. – 234 с.
2. Справочник кожевника (Технология) / Н.А. Балберова, А.Н. Михайлов, Е.И. Шуленкова, В.А. Кутьин / Под ред. Н.А. Балберовой. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 272 с.
3. Данилкович А.Г. Практикум з хімії і технології шкіри та хутра. – К.: КДУТД, 1999. – 428 с.
4. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 С.
5. Спосіб одержання жируючих засобів для шкіри, МПК С14С 9/00. Рішення Держпатенту України № 21247 від 10.07.2000 про видачу патенту на винахід /А.А. Горбачов, С.М. Кернер, Н.П. Мальована, О.А. Андреева та ін. // Україна, ТОВ «ГВП Хімматеріали». – Заявл. 21.10.97; Реєстр. № 97105131.

Надійшла 3. 1. 2001 р.

УДК 675.023

Г.В. САКАЛОВА, В.І. ЛІЩУК, В.А. ЖУРАВСЬКИЙ

Київський державний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ АМІНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЗОЛЬНИХ РІДИН

Методом рідинно-колонкової хроматографії визначали амінокислотний склад відпрацьованих рідин, в яких проводили лужні обробки, і порівнювали його з амінокислотним складом рідини, в якій проводили зоління за типовою технологією. Отримані дані свідчать про вплив умов проведення зоління на кількість амінокислот, що перейшли у розчин, та якість обробленої лужним розчином голени.

The method of the liquid-column chromatography determined amino-acided structure of spent solutions, in which conducted alkaline processings and compared it with the amino-acided by structure of a liquid, in which conducted liming behind typical technology. The obtained datas testify to influence of conditions of the realization of the living on an amount about the avino-acided, which transmit to a solution and quality treated by an alkaline solution of the hide.

При дослідженні нових методів зоління велике значення має визначення складу відпрацьованих зольних рідин. Це дає змогу визначити якість проведення процесів зневолошування і зоління, вибрати оптимальні варіанти очистки та подальшого використання відпрацьованих зольних рідин.

Мета цієї роботи – вивчення залежності амінокислотного складу відпрацьованих зольних рідин від способу обробки та реагентів, що застосовують при золінні. Для цього досліджували відпрацьовані рідини при різних режимах зоління. Для контрольної партії зоління проводилось за типовою технологією [1], для дослідної партії №1 обробку проводили розчином гідроксиду натрію концентрацією 40 г/л протягом 20 годин при температурі 20 °С. З метою регулювання процесу та уникнення надмірного розпушення структури дерми зоління для дослідної партії №2 проводили попередньо устояним розчином гідроксиду натрію концентрацією 40 г/л з дозуванням каоліну 10 г/л. Використання каоліну як речовини з високими іонообмінними властивостями дає змогу поступово дозувати луг по мірі його поглинання дермою і, таким чином, регулювати процес зоління. Рідини, в яких проводили відповідні обробки устоявали та фільтрували для очистки від грубих домішків (залишків волосу, бруду та ін.).

Для дослідження відбирали по 100 мл кожного розчину, які потім упарювали до необхідної концентрації. Нейтралізацію розчинів та осадження білкових речовин проводили розчинами соляної кислоти. Дослідження отриманих розчинів проводили методом рідинно-колонкової хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот типу Т-339, на сульфополістірольних іонообмінних смолах “Ostion LJ ANB” в Li-цитратному буферному режимі. Кількість кожної амінокислоти визначали по площі, що обмежена відповідним піком на кривій та розраховували відповідно стандартної суміші амінокислот. Кількість мікромоль кожної амінокислоти (X) в розчині визначали за формулою:

$$X = \frac{S1}{S2}, \text{ де}$$

S1- площа піка амінокислоти в дослідному розчині;

S2- площа піка цієї ж амінокислоти в розчині стандартної суміші амінокислот, що відповідає одному мікромолу.

Відтворення результатів на автоматичному аналізаторі амінокислот типу Т –339 складає ±3%. Концентрація всіх білкових речовин в кожному дослідному розчині становила близько 250 мг, на 100 мл.

Отримані дані (табл. 1,2) дають уявлення про амінокислотний склад дослідних продуктів. Відомо, що у випадку надмірного розпушення структури колагену, в гідролізатах такої шкіри спостерігають значне зменшення вмісту діамінокислот (аргініну, гістидину, лізину) та імінокислот (проліну та оксіпроліну). Отже, надмірний вміст цих груп амінокислот у відпрацьованому розчині свідчить про початок деструктивних змін в структурі колагену, що негативно впливають на якість шкіри.

Як видно з таблиць, при всіх варіантах зоління в розчин надійшла велика кількість дикарбонових амінокислот (аспарагінової, глутамінової кислоти), гліцину та амінокислот з неполярним бічним ланцюгом (гліцину, аланіну, валіну, ізолейцину, фенілаланіну).

Відсутність тауріну (характерна кислота для волосу) свідчить про повне спалення волосу.

Таблиця 1.

Амінокислотний склад відпрацьованих зольних розчинів.

Амінокислота	Відпрацьований зольний розчин, мкмоль, %		
	Контрольний	Дослідний №1	Дослідний №2

Оксілізин	0,00	0,00	0,00
Лізін	3,86	2,73	4,19
Гістидин	1,33	1,30	1,92
Аргінін	5,41	3,64	3,85
Оксіпролін	0,00	0,90	0,09
Асп. Кислота	7,91	9,67	11,35
Треонін	2,43	2,97	3,78
Серин	5,43	8,48	8,27
Глут. кислота	14,50	12,25	16,39
Пролін	8,46	13,27	5,47
Гліцин	15,94	18,48	16,20
Аланін	8,57	6,34	7,74
½ цистин	0,79	0,75	0,43
Валін	2,43	2,94	1,89
Метіонін	1,79	1,13	1,50
Ізолейцин	3,17	1,60	2,46
Лейцин	9,71	6,31	7,21
Тирозин	3,67	3,45	3,01
Фенілаланін	4,60	3,79	4,26
Таурін	0,00	0,00	0,00

Таблиця 2.

Вміст найважливіших груп амінокислот.

Група амінокислот, амінокислота	Відпрацьований зольний розчин, мкмоль, %		
	Контрольний	Дослідний №1	Дослідний №2
З полярним бічним ланцюгом, що вміщує аміногрупу (агр, ліз, гіс)	10,6	7,67	9,96
З полярним бічним ланцюгом, що вміщує карбоксильну групу (асп, глу)	22,41	21,92	27,74
З неполярним бічним ланцюгом (глі, ала, вал, ізл, фен)	34,71	33,15	32,55
Імінокислоти (про, оксипро)	8,46	14,17	5,56

При порівнянні дослідних методів зоління з контрольним не спостерігається суттєвої різниці вмісту діамінокислот (аргініну, гістидину, лізину), які визначають міцність зв'язку сосочкового шару з сітчастим. Дослідний варіант №1 містить 0,90 % оксіпроліну, та досить велику частку проліну- 13,27%. Такий високий вміст імінокислот (на 5,71 % більше, ніж у контрольному варіанті) свідчить про надмірне розпушення дерми і вимивання з її структури великої кількості міжволоконних білків. Порівняння дослідного варіанту №2 та контрольного не свідчить про суттєві різниці в амінокислотному складі колагену дерми. В дослідному варіанті №2 має місце зменшення вмісту імінокислот у відпрацьованому розчині (на 2,9% у порівнянні з контрольним варіантом); у цьому випадку процес зоління не супроводжується надмірним розпушенням структури дерми.

Таким чином, зоління гідроксидом натрію високої концентрації без каоліну призводить до надмірного розпушення структури дерми, та переходу великої кількості амінокислот у відпрацьований розчин. Це спричиняє зниження якості голини та готової шкіри. Поступове дозування гідроксиду натрію по мірі його поглинання дермою, що забезпечується введенням в розчин каоліну, дає можливість уникнути надмірного

хімічного впливу на колаген в процесі зоління, при цьому створюються умови для якісного і рівномірного розпушення дерми.

Низька концентрація амінокислот у відпрацьованих зольних рідинах при використанні гідроксиду натрію і каоліну вказує на можливість їх повторного застосування на даному процесі. Наявність білкових речовин в зольних розчинах інтенсифікує процес зневолошування шкіур, що дозволяє знизити витрату гідроксиду натрію.

Література

1. Михайлов А.Н. Химия и физика коллагена кожного покрова. -М.: Легкая индустрия,1980.-232с.
2. Козаренко Т.Д.Ионообменная хроматография аминокислот.- Новосибирск: Наука. Сибирское отделение,1975.-134с.
3. Ленинжер А.Биохомия.-М.:Мир,1976.-957 с.
4. Справочник кожевника (Технология)/Н.А.Балберова, А.Н. Михайлов,Е.И.Шуленкова, В.А.Кутьин; Под ред. Н.А.Балберовой.-М.: Легпромбытиздат,1986.-272с.
5. Головтеева А.А., Куциди Д.А., Санкин Л.Д. Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха.-М.: Легкая и пищевая промышленность,1982.-312 с.

Надійшла 4. 12. 2000 р.

УДК 537.8

П. ВАСИЛЮК

Тернопільський державний технічний університет ім.І.Пулюя

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЯВИЩ В ТЕХНОЛОГІЯХ

Experience in application of the electromagnetic phenome, such as induction, behavior of ferr-, para-, diamagnetic particles in the field is nenereligid.

Special attention is paid to the behavior of Fe-Cr alloys components. It is shown that both in solib and liquid substances bending on the value of the magnetic penetration, magnetic particles can be injected or sucked.

F_{μ}, F_e - електромагнітна та електрична складові сили

\vec{J} - вектор густини струму

\vec{B} - індукція магнітного поля

H, E - напруженість магнітного та електричного полів

ϵ, μ - діелектрична і магнітна проникності

ϵ_0, μ_0 - діелектрична і магнітна проникності речовини у вакуумі

ρ_e, ρ - густина об'ємних електричних зарядів і густина рідини

Використання електромагнітних явищ в технологіях базується на різній поведінці феро-, пара і діамагнітних речовин у такому полі. Так, при внесенні парамагнітного стержня в магнітне поле, створене між полюсами електромагніту, він установлюється вздовж ліній напруженості поля [1].

Повертання атомів парамагнетика у магнітному полі відбувається внаслідок їх теплових зіткнень. Орієнтуюча дія магнітного поля на атом залежить як від магнітної індукції \vec{B} , так і теплового руху, який визначається величиною kT . Результуюча дія залежить від їх відношення і відоме як функція Ланжевена [2].

Встановлено [2], що у парамагнетиків значення μ і об'ємна густина сил напрямлена в сторону збільшення індукції поля. Для діаманетиків μ і об'ємна густина сил знижує індукцію поля. Це приводить до того, що парамагнітні речовини втягуються в область з високим значенням індукції, а діаманетичні - виштовхуються з неї. Якщо простір між полюсами магніта заповнений матеріальним середовищем, то напрям сили залежить від співвідношення магнітної проникності середовища і тіла. Якщо магнітна проникність тіла більша, ніж середовища, то воно веде себе як парамагнетик, якщо менше, то діаманетик. Така поведінка має велике значення для електротехнічних матеріалів. В неоднорідному електричному полі стержень із діелектрика втягується в область сильного поля, а стержень із діаманетика намагнічується проти поля і тому виштовхується в область більш слабого поля. Ідеальними діаманетиками можуть бути надпровідники.

Поведінку речовин в магнітному полі використовують при вилученні залізовмістимих домішок із води, соків, сиропів в цукровій промисловості. Схрещені електричні і магнітні поля, при яких напрям силових ліній перпендикулярний напрямку електричного поля, в залежності від напрямку полів, викликають ефекти так званого обважнення або облегчення твердих частинок рідин і газів [3]. Обважнення буде відбуватися при співпаданні напрямку дії вектора електромагнітних подемоторних сил з вектором сили тяжіння. В супротивному випадку, маса рідини і газу буде менша гравітаційної. Для однорідних середовищ значення електромагнітних і електричних сил мають вигляд:

$$F_{\mu} = (\vec{J} \times \vec{B}) - \frac{1}{2} H^2 \text{grad} \mu + \frac{1}{2} \text{grad} \left(H^2 \rho \frac{\partial \mu}{\partial \rho} \right) \quad (1)$$

$$F_{\varepsilon} = \rho_e \vec{E} - \frac{1}{2} E^2 \text{grad} \varepsilon + \frac{1}{2} \text{grad} \left(E^2 \rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right) \quad (2)$$

Для однорідних середовищ $\text{grad} \mu = \text{grad} \varepsilon = 0 = \text{const}$. Тоді рівняння (1),(2) приймають вигляд:

$$F_{\mu} = (\vec{J} \times \vec{B}) + \frac{\mu - \mu_0}{2\mu} \nabla B^2 \quad (3)$$

$$F_{\varepsilon} = \rho_e \vec{E} + \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{2\varepsilon} \nabla E^2 \quad (4)$$

У випадку залежності $\varepsilon = \varepsilon(T)$, $\mu = \mu(T)$ електричні і магнітні поля інтенсифікують процеси тепломасопереносу, тобто поля підвищують дифузійну рухливість компонентів.

Вказані ефекти використовуються при очистці металів шляхом електропереносу через оксидний шар. Так анодний сплав Fe-Cr очищують від хрому чи оксид FeO від домішок хрому [4]. Домішки, які розчиняються в оксиді заліза, можуть мати більшу чи меншу швидкість переміщення іонів в ґратці FeO.

Індукційний нагрів металу (термічна обробка), індукційна наплавка чи індукційна виплавка металу також пов'язані зі зміною магнітних властивостей. Тому нагрів проводиться в дві стадії по відношенню до температури Кюрі [5,6]. Під час самого процесу наплавки, виплавки чи нагріву при певній температурі перехідні метали ведуть себе як парамагнетичні. Більш складною є ситуація для легованих сплавів з різною магнітною проникністю окремих його компонентів. Такі елементи сплаву як вуглець, кремній, азот ведуть себе

як діаманетики, а решта - як парамагнетики. Разом з тим, такі елементи, як хром, алюміній, титан, РЗМ, берилій мають менше значення μ порівняно з основним компонентом залізом, тому по відношенню до нього вони також ведуть себе як діаманетики. Тому при індукційній виплавці сплавів у відкритій печі спостерігається видалення із розплаву азоту, кисню, що покращує якість металу.

При наплавці ножів гичкорізів цукрових буряків на їх поверхню наносять крихти із сормаїту, що містить вуглець, хром. В цьому випадку нагрів проводять на різній питомій потужності по відношенню до температури Кюрі. Криві розподілу хрому і вуглецю в наплавленому стані показують найвищий їх вміст в поверхневих шарах і мають синхронний характер [7]. Віялоподібний характер розподілу елементів можна пояснити, виходячи з магнітних властивостей. За даними рентгеноструктурного аналізу, в поверхневих шарах утворюються леговані карбіди $(Fe,Cr)_7C_3$.

Сплави системи Fe-Cr використовують як матеріал дозуючих пристроїв при виробництві мінеральних волокон. Вихід на робочий режим 1200-1350 С здійснюється за допомогою високочастотних генераторів чи потужних трансформаторів промислової частоти [6]. Товщина окалини, яка утворюється на поверхні сплаву при 1300 С, складає 40-60 мкм. При виключенні струму відбувається осипання окалини, що складається, головним чином, з оксиду хрому та хромітів. Отже, окалина магнітна і утримується полем змінного струму. Жаростійкість приведенного сплаву, що піддається дії струму складає 0,005 кг/м²год. при 1350 С. Жаростійкість цього ж сплаву, що працює в умовах газового нагріву при тих же умовах складає 0,014 кг /м² год. В сильних електричних полях оксиди хрому, алюмінію набувають переважно електричного моменту. При високих температурах оксиди проявляють слабший парамагнетизм порівняно з чистими залізом, хромом, алюмінієм. Це пов'язано з тим, що між магнітно-активними катіонами металу знаходяться магнітно-нейтральні аніони кисню. При нагріванні металу струмами високої частоти поверхневі шари піддаються більш інтенсивному нагріву, ніж глибинні, тому різні і значення магнітного опору і проникності. При цьому, в глибинних шарах має місце термічна дифузія, а в поверхневих- сумісна дія термічної і електромагнітної дифузії. Для вільних атомів алюмінію, кремнію і, частково, хрому магнітне поле призводить до прецесії довкола поля Н, тобто має місце діаманетний ефект [8]. Це пояснюється тим, що магнітна проникність цих елементів є меншою порівняно із залізом. Виштовхування електромагнітним полем елементів на поверхню сприяє швидшому утворенню відповідних оксидів, порівняно з термічним нагрівом.

В сплавах на основі хрому залізо проявляє більшу магнітну проникність порівняно з хромом, і тому проявляється ефект втягування заліза в сплав.

Таким чином, як у рідинах, так і в твердих тілах, зокрема, в металах і в сплавах, під дією електромагнітного поля різних технологічних процесів мають місце обважнення (втягування) чи облегшення (виштовхування) магнітних частинок. У випадку, коли значення μ частинок менше за таку основної речовини, то має місце виштовхування (облегчення) частинок і, навпаки, коли значення μ частинок більше за таку основної речовини, то спостерігається їх втягування (обважнення) [9]. В загальному випадку, це означає сповільнення чи прискорення частинок в рідкому чи твердому станах.

Ці закономірності наряду з ефектами обважнення і облегчення, можна використати при інтенсифікації процесів електромагнітного збагачення, сепарації, вилучення шлаків і неметалічних включень із рідких металів, магнітного фільтрування.

Література

1. С.В. Вонсовський. Магнетизм.-М.: Наука, 1984.-967 с.
2. А.И. Ахизер, И.А. Ахизер. Электромагнетизм и электромагнитные волны.-М.: Высшая школа, 1985.-505 с.
3. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д., Растворение твердых частиц.-М.: Химия, 1977.--267с.

4. А.И.Беляев. Физико-химические основы очистки металлов и полупроводниковых материалов. - М.:Металлургия, 1973.

5. А.с. №1708874. Способ обработки стальных изделий /П.М.Василюк, О.Н.Шаблій, Ч.В.Пулька // Бюл.-1992.-№4.

6. А.с. №1678857 от 23.09.91. Способ термической обработки жаростойких сплавов /П.М.Василюк, С.Г.Нагорняк//D

7. L.R.Dupre et. al. Journal of Magnetizm and Magnetic Material 195 (1999) 233-249.

8. П.М.Василюк, В.П.Гаврилюк Вплив електромагнітного поля на високотемпературну стійкість залізохромових сплавів. Металознавство та обробка металів. Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАНУ. Національний технічний університет України-КПІ 4 1999с. 68-71.

9. П.М.Василюк. Вплив електромагнітного поля на формування поверхневої структури залізохромових сплавів.//Вісник технологічного університету Поділля. –2000. №1. -с.23-24.

Надійшла 7. 1. 2001 р.

УДК 520.272

П.СТУХЛЯК, В.СИРОТЮК

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ – ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИЙ ФАКТОР СТАНУ КОНСТРУКЦІЇ ДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ

Розглянута статична та динамічна складова вітрового навантаження, як одного з основних факторів, котрий дестабілізує впливає на пружно-деформований стан конструкції антенної системи. На основі проведених теоретичних досліджень розраховано опорно-поворотний пристрій при дії сумарних сил та моментів, що діють на антенну систему. Запропоновано конструкції опорно-поворотного пристрою та гвинтових пар вказаних систем. Розроблено метод розрахунку впливу люфтів шарнірних з'єднань та гвинтових передач на кутове зміщення променя.

Умовні позначення:

D_p - діаметр рефлектора;

V^e - швидкість вітру;

m_i та c_i - коефіцієнти моментів та сумарних сил, які діють на АС;

p - розподіл вітрового навантаження;

A - площа рефлектора;

q - динамічний тиск вітру на висоті до 10 м над поверхнею землі, $q = \rho v^2/2$;

ρ - густина повітря ($\rho = 1,225$ кг / м³);

k - коефіцієнт зміни динамічного тиску ($k = 1$);

C - коефіцієнти аеродинамічної сили ($C = 1,5$);

n - коефіцієнти перенавантаження ($n = 1,1$);

V - швидкість вітру в робочому стані;

L - відстань від центра дзеркала до осі підвісу;

Q - осьова сила гвинта;

L_1 - відстань від точки підвісу дзеркальної системи до гвинта;

$S_{z,n}$ - люфт гвинта в гвинтовій парі;
 $S_{z,l}$ - люфт в системі вісь-кронштейн;
 M_n - перекидний момент;
 P - крок різьби гвинта;

Основним показником надійності роботи антенної системи є величина відхилення променя від заданого напрямку, що зумовлено дією зовнішніх кліматичних факторів та постійних навантажень. До них слід віднести масу споруди, дію попереднього навантаження елементів конструкції, вітрові навантаження, динамічні навантаження у шарнірних з'єднаннях, на які суттєво впливають кінематичні зазори.

На першому етапі досліджень розглядали дію кліматичних факторів на дестабілізацію антенної системи. Антенну систему (АС) експлуатують на відкритому повітрі, тому на неї має вплив вся гамма кліматичних факторів. Одним з дестабілізуючих факторів пружно-деформованого стану конструкції АС є вітрове навантаження: статичний та динамічний його компоненти. В цілому вітрове навантаження має випадковий характер. Однак внаслідок стабільності аеродинамічних характеристик конкретних конструкцій, можна розглядати розподіл статичної компоненти вітрового тиску по елементах споруди як квазисистематичну, що залежить від аеродинамічних властивостей АС, а також від взаємної орієнтації АС (куту місця та куту азимуту). Випадковими в такому випадку є лише масштаб та момент появи навантаження. Слід відзначити, що аеродинамічні властивості конструкцій АС характеризуються двома групами параметрів. Перша група складається з шести коефіцієнтів сумарних сил C_i та моментів M_i , які характеризують вітрове навантаження на АС інтегрально, відносно осей вибраної системи координат. Використання цих коефіцієнтів достатньо для розрахунку опорно-поворотного пристрою, зміна пружно-деформованого стану конструкції якого призводить до кутового зміщення променя.

Основним джерелом інформації про аеродинамічні властивості АС являються модельні випробовування, які проводили в аеродинамічних трубах [1]. Досліди показали, що при дозвукових швидкостях обтікання повітрям для недовгих тіл складові аеродинамічних сил та моментів, як виникають в результаті тертя, невеликі.

Сумарні сили Q_i та моменти M_i які діють на АС визначали на основі експериментальних даних по коефіцієнтах таким чином:

$$Q_i = \frac{1}{64} \pi D_p^2 (V^B)^2 c_i \quad (1)$$

$$M_i = \frac{1}{64} \pi D_p^3 (V^B)^2 m_i \quad (2)$$

На основі (1,2) проведено теоретичні дослідження для АС діаметром $\varnothing 3.66\text{м}$ з опорно-поворотним пристроєм азимутально-кутомісного типу за розробленою методикою розрахунку. Суть розробленого методу полягає в тому, що максимальні сили та моменти, які діють на АС, розраховано в трьох положеннях рефлектора: перше положення при куті азимута $\alpha = 0$, друге - $\alpha = 45$, третє $\alpha = 90$, а напрямок вітру перпендикулярний площині його розкриття. При куті азимута $\alpha = 0$ АС зазнає найбільших навантажень від дії поривів вітру. Максимальною швидкістю вітру прийнято $V = 50\text{м/с}$, номінальною $V = 25\text{м/с}$ згідно технічних вимог. Залежності сумарних сил та моментів, які діють на АС від швидкості вітру приведені на рис.1-3.

Статичну складову вітрового навантаження визначають за формулою:

$$F = p \cdot A \quad (3)$$

$$A = \frac{\pi D_p^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3,66^2}{4} = 10,5 \quad (4)$$

$$p = q \cdot k \cdot c \cdot n \quad (5)$$

Отже:

$$q = \frac{\rho V^2}{2} = 383 \text{ Па},$$

звідси:

$$p = 383 \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 632 \text{ Па},$$

$$F = 632 \cdot 10,5 = 6640 \text{ Н}$$

Значення перекидного моменту, що діє на дзеркальну систему з невеликими допущеннями визначають по формулі [2]:

$$M_n = F \cdot L \quad (6)$$

$$M_n = 6640 \cdot 250 = 6640 \cdot 0,25 = 1660 \text{ Н}\cdot\text{М}$$

Нормативне експлуатаційне динамічне вітрове навантаження визначають на основі номінальної швидкості вітру. Відомо, що динамічне вітрове навантаження становить 20% від статичного вітрового навантаження [3].

На другому етапі на основі попередніх даних по вітровому навантаженні і даних по розрахунку приводу АС знаходимо конструктивні параметри опорно-поворотного пристрою. На основі проведених теоретичних досліджень розраховано максимальні сумарні сили і моменти, що дозволили визначити необхідне осьове зусилля гвинта приводу АС. Розглянемо рівноважну систему:

$$M_n = Q \cdot L_1 \quad (7)$$

Знаходимо лінійну швидкість гвинта:

$$Q = \frac{M_n}{L_1} = \frac{1660}{0,61} = 2720 \text{ Н} \quad (8)$$

$$V_{11} = \frac{2\pi L_1 \omega H_1}{360} \quad (9)$$

$$V_{12} = \frac{2\pi L_1 \omega H_2}{360} \quad (10)$$

$$V_{11} = \frac{2\pi L_1 \cdot 0,1}{360} = 1,06 \text{ мм / с},$$

$$V_{12} = \frac{2\pi L_1 \cdot 0,3}{360} = 3,2 \text{ мм / с},$$

Попередньо приймаємо ходовий гвинт з трапеціальною різьбою $T_p 28 \times 3$

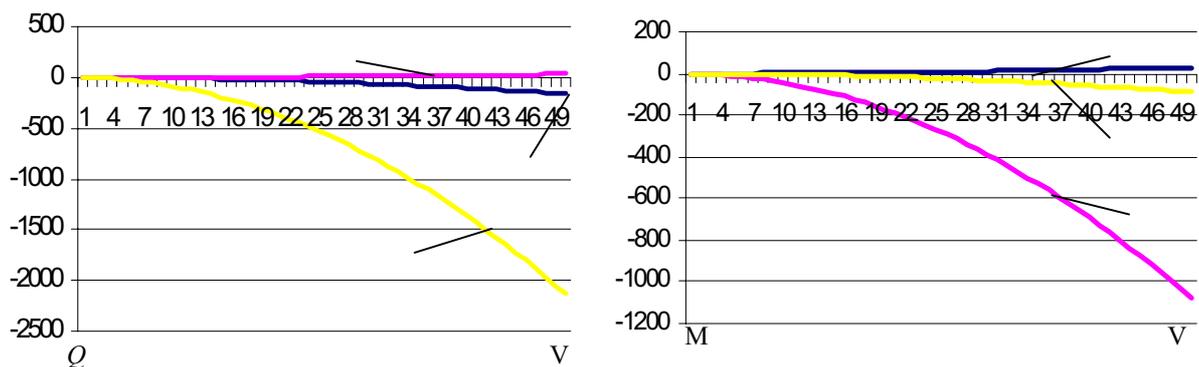


Рис.1 Залежність сумарних сил (а) та моментів (б) від швидкості вітру при значенні кута місця $\alpha = 0^0$

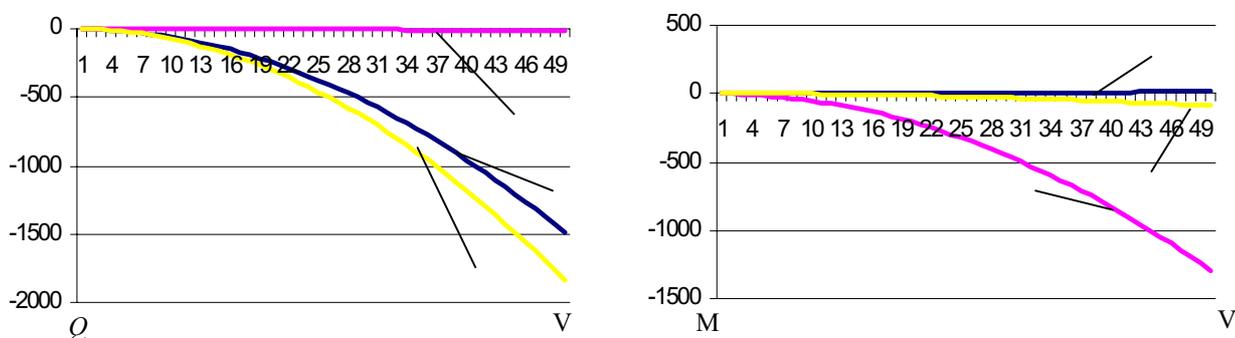


Рис.2 Залежність сумарних сил (а) та моментів (б) від швидкості вітру при значенні кута місця $\alpha = 45^0$

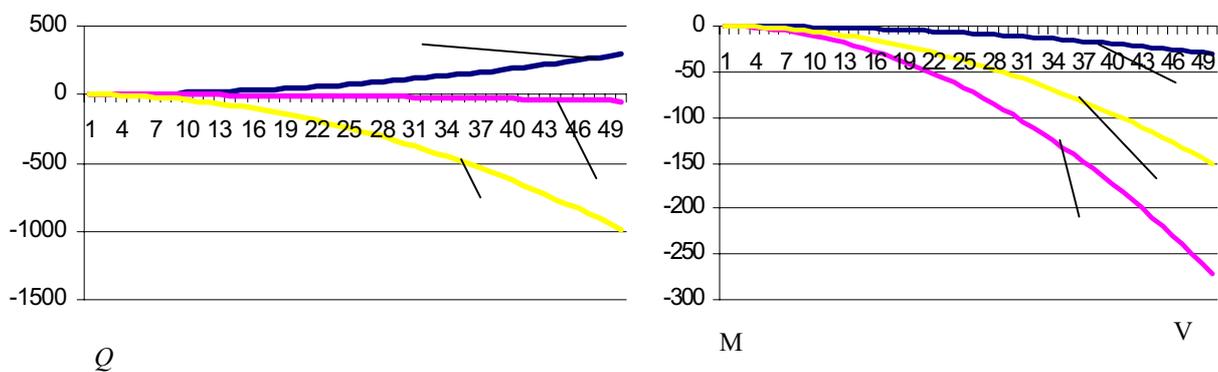


Рис.3 Залежність сумарних сил (а) та моментів (б) від швидкості вітру при значенні кута місця $\alpha = 90^0$

Необхідне число обертів гвинта:

$$K_1 = V_{11}/P = 1,06/3 = 0,353 \text{ об/с} = 21,2 \text{ (об/хв)} \quad (11)$$

$$K_2 = V_{12}/P = 1,07 \text{ об/с} = 64 \text{ (об/хв)} \quad (12)$$

В якості розрахункового приймаємо: $n_p = 50 \text{ об/хв}$.

Орієнтуємось на застосування двигуна постійного струму з швидкістю обертання ротора $n_{\text{дв}} = 7500 \text{ об/хв}$. Необхідне передаточне число приводу:

$$i = n_{\text{дв}}/n_p = 150 \quad (13)$$

З конструктивних міркувань і компоновки приводу приймаємо гінематичну схему, що містить двигун, редуктор, зубчаті пари (Рис.4).

Попередньо число зубів зубчатої передачі приймаємо: $Z_1 = 20$, $Z_2 = 40$, $Z_3 = 37$.

Передаточне відношення числа зубчатої передачі:

$$U_1 = Z_2/Z_1 = 40/20 = 2 \quad (14)$$

$$U_2 = Z_4/Z_3 = 37/18 = 2,05 \quad (15)$$

Необхідне періодичне число двоступінчатого планетарного редуктора

$$U_p = i/U_1 \cdot U_2 = 150/4,1 = 36,6 \quad (16)$$

З метою уніфікації редуктор виконаний по співісній схемі з однотипним числом зубів і модулів зубчастих коліс кожної з ступеней. Передаточне число однієї з ступеней:

$$U^1 = \sqrt{U_p} = 6,04 \quad (17)$$

приймаємо $U^1 = 6$.

Фактичне передаточне відповідно:

$$i_\phi = U^{12} \cdot U_1 U_2 = 36 \cdot 4,1 = 148 \quad (18)$$

Відхилення фактичного передаточного числа від розрахункового:

$$i = \frac{i_p - i_\phi}{i_p} = \frac{150 - 148}{150} \times 100\% = 1,3\% \quad (19)$$

Для конструкції підвіски дзеркальної системи до опорно-поворотного пристрою проведемо розрахунок впливу люфтів на точність наведення при заданій максимальній швидкості вітру $V=50\text{м/с}$.

Розглянемо систему кріплення дзеркала антени до опорно-поворотного пристрою.

Визначимо максимальні зазори, які можуть виникати в з'єднаннях.

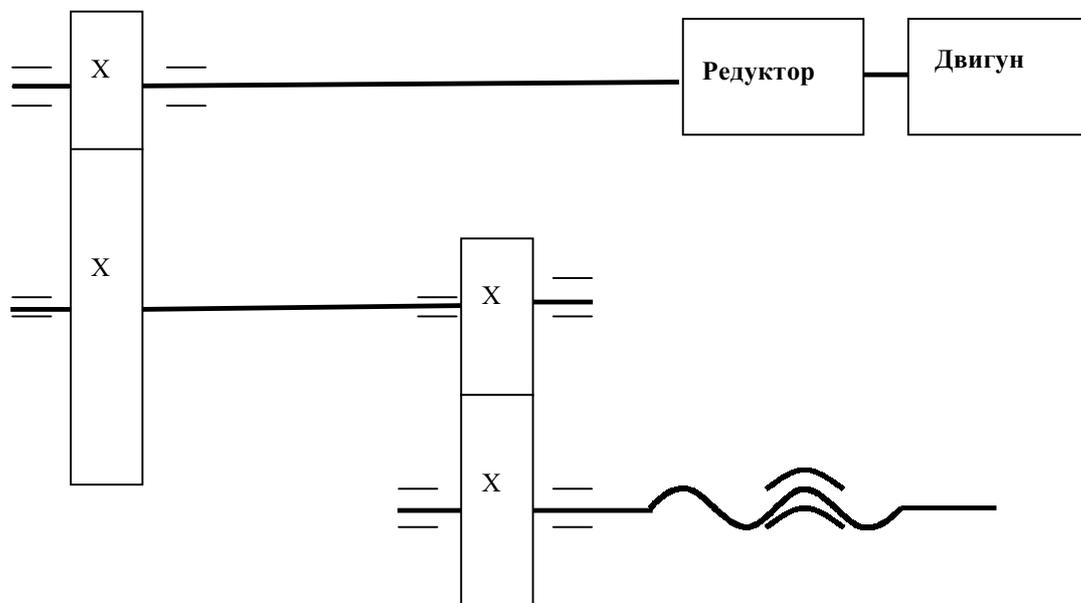


Рис.4 Кінематична схема елементів приводу

- кронштейн, діаметр отвору $\varnothing 17H7 (+0,018)$
- вісь, діаметр валу $\varnothing 17f7 (-0,016 / -0,034)$
- корпус, діаметр отвору $\varnothing 20H8 (+0,033)$

- вісь, діаметр валу $\varnothing 20/9$ ($\begin{matrix} -0.020 \\ -0.072 \end{matrix}$)

Передача гвинта-гайки:

- гвинт 7с
- гайка 7Н

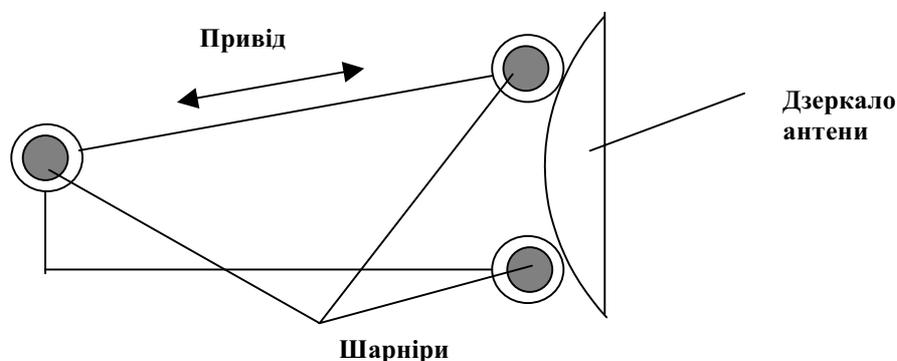


Рис.5 Схема кріплення дзеркала

Максимальний зазор передачі гвинта-гайки:

$$S_{гв} = 0.075 \text{ мм}$$

Максимальний зазор, тобто максимальне значення люфту в системі визначимо за формулою:

$$S_{max} = S_{зв} + S_{2l} \quad (20)$$

$$S_{зв,н} = S_{зв} \cdot \cos \alpha \quad (21)$$

$$\alpha = \arctg \frac{625 - 121}{1078} = 25^\circ \quad (22)$$

Люфт в системі кронштейн-вісь буде рівний:

$$S_{2l} = 0,018 + 0,034 = 0,052 \text{ мм}$$

$$S_{зв,н} = S_{зв} \cdot \cos 25^\circ = 0,075 \cdot \cos 25^\circ = 0,067$$

Максимальний люфт буде рівний:

$$S_{max} = S_{зв} + S_{2l} = 0,067 + 0,052 = 0,119 \text{ мм}$$

Отже: кут відхилення, що утворюється під дією люфтів в з'єднаннях дзеркальної системи, становитиме:

$$\Delta \phi = \arctg \frac{S_{max}}{625} = \arctg \frac{0,119}{625} = 0,65' \quad (23)$$

Так, як точність наведення антенної системи згідно технічного завдання повинно бути $\pm 1,5'$, то втрати в точності за рахунок люфтів будуть мінімальні і не перевищать заданих меж.

Таким чином, при максимальній швидкості вітру $V = 50 \text{ м/с}$, розрахованих елементах опорно-поворотного пристрою, діаметрі рефлектора $\varnothing 3.6 \text{ м}$ максимальне відхилення променя АС становить $0.65'$ при заданому згідно з технічним завданням кутовим відхиленням $\pm 1,5'$. Це дасть змогу надійно експлуатувати запропоновану АС не тільки на території України, але й у більш жорстких кліматичних умовах. Крім цього слід відмітити, що дана АС може не тільки витримувати максимальне вітрове навантаження, але й надійно працювати, при зміні орієнтації по куту місця та азимуту.

Література

1. Прикладная аэродинамика / Под. ред. Н.Ф. Краснова. - М.: Высш. школа, 1974. - 726 с.
2. П. В. Белянский, Б. Г. Сергеев. Управление наземными антеннами и радиотелескопами. - М.: Советское радио, 1980.
3. Поляк В.С., Бервалде Э.Я. Прецизионные конструкции зеркальных радиотелескопов Опыт создания, проблемы анализа и синтеза.- Рига: Зинатне. 1990. - 526 с.

Надійшла 29. 11. 2000 р.

УДК 539.37;539.4.019.1

А.А.ПАСЕЧНИК

Хмельницький політехнічний коледж

ЕЛЕКТРОЛІТИЧНЕ НАВОДНЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ

Розглянуто вплив електролітичного наводнювання в процесі різання на складові сили різання. Встановлено, що електролітичне наводнювання заготовки із сталі У8 в процесі різання сприяє зростанню енергоємності, в той час, як наводнювання різального інструмента - її зменшує. Стосовно сплаву Д16Т, енергоємність зменшується.

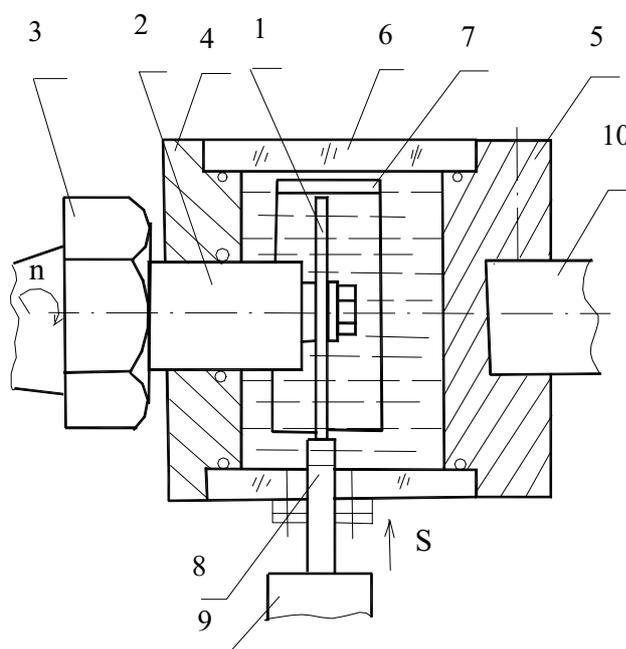


Рис.1. Схема камери для електролітичного наводнювання в процесі різання

Відомості про вплив водню на деформаційну властивість металів різноманітні і досить суперечливі . Поряд з дослідженнями, що свідчать про можливість підвищення під дією водню границі міцності і текучості [1], мається друга група робіт [2 - 5], в яких показано, що використання водню в процесах поверхневої обробки металів тиском, а також при обробці металів різанням приводить до помітного спаду зусиль деформування, зниженню енергоємності процесу різання, зниженню температури різання, покращенню його оброблюваності. В роботі [6] показано, що ефект зниження пластичності низьковуглецевих сталей внаслідок

електролітичного наводнювання максимально проявляється в випадку, якщо наводнювання проходить одночасно з процесом пластичного деформування розтягом. Дія водню на механічні властивості сталі сильно проявляється тільки при порівняльно малих швидкостях навантаження. При руйнуванні сталі з великими швидкостями прикладання навантаження ефект впливу водню майже зникає [7].

Мета роботи – вивчити вплив електролітичного наводнювання в процесі різання на оброблюваність сталі.

В роботі застосовували точіння методом радіальної подачі на токарному верстаті при $V=0.04\text{м/с}$, $s=0.02\text{мм/об}$. Для різання використовували різці шириною 5мм з швидкорізальної сталі Р6М5 з слідувочною геометрією різальної кромки: $\varphi=90^\circ$, $\gamma=0^\circ$, $\lambda=0^\circ$, $\alpha=12^\circ$. Дослідження виконували на заготовках з прокату діаметром 50мм. з сплаву Д16Т і сталі У8А, промислової поставки. Виготовляли зразки у вигляді дисків діаметром 45мм. товщиною 3мм для Д16Т і 0.5мм для сталі У8А. Сили різання вимірювали за допомогою динамометра [4]. Електролітичну поляризацію здійснювали в процесі різання в 10%-ному розчині H_2SO_4 при густині струму $i=0.5\text{--}10\text{А/дм}^2$ в спеціальній камері. Камеру було виготовлено з органічного скла, ліва сторона встановлювалась на оправку 2 з кришкою 4. Права сторона закріплювалась нерухомо на пінолі задньої бабки верстата кришкою 5. Зразок 1 кріпили на оправці 2. Оправка 2 закріплювалась в цанговому патроні, яка в свою чергу встановлювалась в шпindelь верстата. Різець 8 встановлений в динамометр 9 здійснював радіальне переміщення. Ущільнення досягали за рахунок гумових кілець. Всі металеві поверхні, які знаходились всередині камери, зокрема, оправка, два торця заготовки та поверхні різця, окрім п'яти міліметрів від різальної кромки по передній поверхні та задній поверхні покривались безбарвним лаком. Рухомий електрод 7 встановлювався над зоною різання. Камера заповнювалась 10% ним розчином сірчаної кислоти H_2SO_4 . В процесі ортогонального різання проводили електролітичне наводнювання, як зразка так і інструмента. Результати дослідження зображені у вигляді графіків для сталі У8А (рис.1), а для сплаву Д16Т (рис.2).

Взагалі, слід відмітити, що наводнювання заготовки і наводнювання інструмента в процесі ортогонального різання діє по різному. Так, наводнювання зразка У8А сприяє зростанню сил різання.

Сила P_z зростає монотонно, а сила P_y , починаючи з $i=3\text{А/дм}^2$, різко зростає і значно перевищує силу P_z . Коефіцієнт тертя на передній поверхні до 4А/дм^2 не змінюється, з наступним різким зростанням. Наводнювання різального інструмента знижує сили різання, порівнюючи з силами різання при наводнюванні заготовки, а мінімальна густина ($i=0.5\text{А/дм}^2$) спричиняє зменшення сил різання порівнюючи з вихідним станом. При подальшому наводнюванні ефект зменшується, і, починаючи з $i=3\text{А/дм}^2$, сили перевищують вихідний стан. Коефіцієнт тертя до $i=6\text{А/дм}^2$ перевищує вихідний стан а з 7А/дм^2 стає менше вихідного стану.

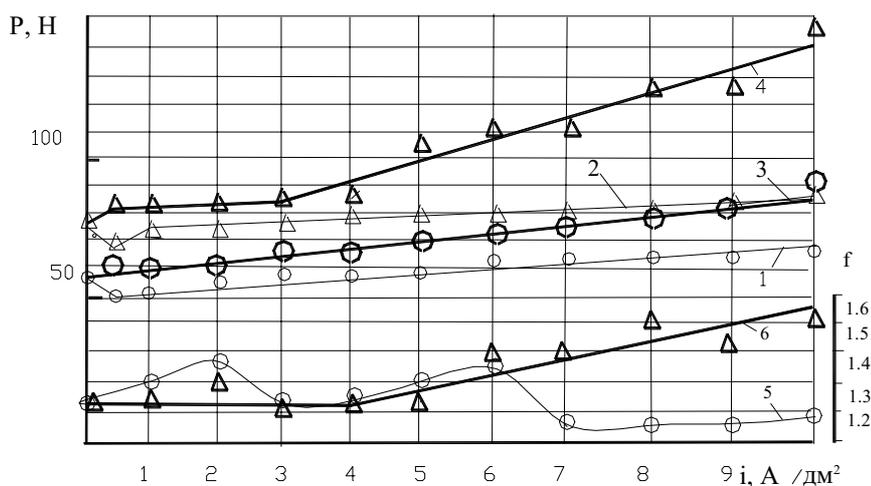


Рис.1. Вплив густини струму електролітичного наводнювання в процесі ортогонального різання на сили різання і коефіцієнт тертя на передній поверхні різця. Електролітичне наводнювання різця: 1 – P_z , 2 – P_y , 5 – f . Електролітичне наводнювання заготовки: 3 – P_z , 4 – P_y , 6 – f . Оброблюваний матеріал – У8А. Режими різання: $V=0,05$ м/с, $s=0,02$ мм/об., $v=0,05$ мм

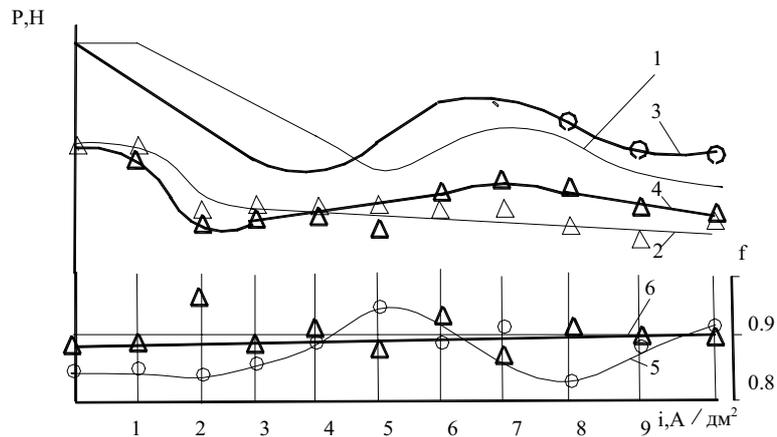


Рис.2. Вплив густини струму електролітичного наводнювання в процесі ортогонального різання на сили різання і коефіцієнт тертя на передній поверхні різця. Електролітичне наводнювання різця: 1 – Pz, 2 – Py, 5 – f. Електролітичне наводнювання заготовки: 3 – Pz, 4 – Py, 6 – f. Оброблюваний матеріал – Д16Т. Режими різання: V=0,05 м/с, s=0,02 мм/об., v=0,05 мм

Наводнювання зразка з сплаву Д16Т та інструмента до 4А/дм², навпаки сприяє зменшенню сил різання, а сила Pz значно перевищує силу Py. При наступному збільшенні густини струму сила Py починає перевищувати сил Pz, а ефект зменшується. Коефіцієнт тертя при наводнюванні зразка монотонно зростає. При наводнюванні інструмента коефіцієнт тертя має складну залежність, з 4 до 6 А/дм² він перевищує вихідний стан, а в інших випадках знаходиться на рівні вихідного стану.

Порівнюючи отримані результати з результатами попередніх досліджень [4, 5], треба відмітити, що попереднє наводнювання сталі У8А, чи її обробка наводненим інструментом, навпаки, в більшості випадках сприяє спаду сил різання (10-15%) при густині струму до 3-4А/дм², при наступному підвищенні її ефект зменшується і сили починають перевищувати вихідний стан.

Стосовно сплаву Д16Т, треба відмітити, що наводнювання в процесі різання діє майже так само, як і при попередньому наводнюванні, як інструмента, так і заготовки.

Таким чином встановлено, що наводнювання сталі У8 в процесі різання сприяє зростанню сил різання, а наводнювання інструмента в процесі різання при мінімальній густині струму - їх зменшенню, але в меншій мірі, ніж при попередньому наводнюванні. Наводнювання сплаву Д16Т чи різального інструмента сприяє зменшенню сил різання до густини струму 3-4 А/дм². При подальшому підвищенні густини струму ефект зменшується.

Література

1. Карпенко Г.В., Яремченко Н.Я., Швед М.М. К вопросу о влиянии водорода на прочность железа // ФХММ.-1971. №3.-С.54-55.
2. А.с. 564052 СССР, МКИ² В 21 Д35/00. Способ обработки металлов / Г.К. Карпенко, К.Б. Кацов, А.К. Литвын, В.И. Ткачев // Бюл.- 07.77.- №25.
3. Житомерский В.И., Возний Т.Д., Ткачев В.И. Влияние водорода на деформирование поверхностных слое металла // ФХММ.-1982.-№3-с.115-116.
4. Пасечник А.А., Цирульник О.Т., Проворський. І.М. Вплив електролітичного наводнювання на різання вуглецевих сталей // ФХММ.-1997.-№4.-С.139-144.
5. Пасечник А.А. Про вплив попереднього електролітичного легування вуглецевих сталей воднем на силові параметри різання, напружений стан інструмента та його зносостійкість. // Проблеми трибології.-1999.-№1.-С.71-76.

6. Нарушевич Н.И, Балезин С.А., Романов В.В. Влияние ингибиторов на устойчивость к коррозионному растрескиванию алюминиевого сплава В-95.-В сб.: "Ученые записки МГПИ. Ингибиторы коррозии металлов". Вып.2, М., 1962.

7. Карпенко Г.В. .Физико –химическая механика конструкционных материалов // Избранные труды.- Том-1. Киев: Наукова думка.- 1985. С.226.

Надійшла 2. 12. 2000 р.

УДК 677.842.4

І.А. САМІЙЛЕНКО, В.І. ЕЗИКОВ

Херсонський державний технічний університет

ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ ВОЛОКНА НА ЙОГО ВЗАЄМОДІЮ ІЗ ЗВ'ЯЗУЮЧИМИ ПІГМЕНТНИХ СПОЛУК

Вплив поверхневої енергії волокна на його взаємодію зі зв'язуючими пігментних складів. І.А. Самойленко, В.І. Єзіков. Оцінена критична поверхнева енергія бавовняних тканин різного ступеню підготовки і показано, що міцність адгезійної взаємодії, утвореної тканиною і зв'язуючим пігментного складу залежить від поверхневої енергії волокна.

Пігменти характеризуються специфічним способом фіксації на волокні: зазначені речовини, що фарбують, утримуються на волокні за рахунок полімерної плівки зв'язуючого, при цьому останній адгезійно зв'язується з волокном, пігмент розподіляється в плівці. Відповідно до цього механізму для даного класу барвників не прийнятні загальноприйняті в хімічній технології методи керування процесом фарбування за допомогою впливу на спорідненість барвника до волокна чи на швидкість його дифузії у волокнистий субстрат, на основі чого будують технологію фарбування і керують якістю продукції.

При фарбуванні пігментами важливі процеси адсорбції та адгезії полімерних зв'язуючих, тобто процеси, що відбуваються на поверхні розділу системи текстильний матеріал – адгезив, відповідно до чого необхідно мати характеристики поверхонь.

Іншими словами, оскільки процес фарбування пігментами здійснюється на поверхні текстильного матеріалу, необхідні відомості не стільки про систему пір волокна і стан його внутрішньої поверхні, скільки про поверхню розділу.

Стан поверхні текстильного матеріалу можна охарактеризувати поверхневою енергією волокна, зокрема показником КПЕ – критичною поверхневою енергією, запропонованим Зисманом [1] для оцінки поверхневого натягу твердих тіл.

Критична поверхнева енергія тканини визначається як мінімальне значення поверхневого натягу волокна, коли відбувається його повне змочування. Ця характеристика термодинамічно визначніше в порівнянні з капілярністю тканини, має фізичний сенс, не залежить від типу волокна і тканини та інших факторів [2].

Відомості про цю характеристику волокна дозволяють здійснювати більш об'єктивний вибір зв'язуючого при пігментному фарбуванні, оцінювати якість підготовки текстильного матеріалу під фарбування пігментами, оскільки капілярність тканини залежить від великої кількості різних факторів і не завжди дає дійсне уявлення про якість підготовки тканини. Зокрема, цей показник залежить від наявності на тканині ТДР, що при недостатньому промиванні тканини і її низькій капілярності спотворює дійсну картину здатності

тканини змочуватися, оскільки наявність ТДР на тканині навіть при низькій капілярності обумовлює високий показник змочуваності.

Інформація про КПЕ тканини корисна також через те, що може бути порівняна з поверхневою енергією полімеру зв'язуючого, дозволяє здійснити цілеспрямований вибір зв'язуючого в залежності від характеристики поверхні тканини і ступеня її підготовки.

Для оцінки критичної поверхневої енергії підготовлених тканин застосовували водно-етанольні розчини, що служили стандартними і дозволяли здійснити експеримент по визначенню КПЕ тканини з точністю 0,2 мН/м. Оцінку КПЕ здійснювали для тканини суворої після окремих операцій: розшліхтованої, розшліхтованої і відвареної, розшліхтованої, відвареної і вибіленої. Тканини (бязь, арт. 1С 0252) готували по типовому запарній – лужно-перекісному способу [3]. Розшліхтування здійснювали сірчаною кислотою. Окремі нитки довжиною 3 см після кондиціонування підготовлених тканин протягом 24 годин поміщали в чашки Петрі з водно-етанольними розчинами.

Змочування тканин розчинами відповідно до рівняння Дюпре характеризується поверхневим натягом розчину і величиною $\cos \theta$. Повне змочування досягається при $\cos \theta = 1$, тобто коли поверхневий натяг твердого тіла стає рівним чи більшим, ніж поверхневий натяг розчинів, а саме, коли $\gamma_{тв} \geq \gamma_p$.

У таблиці 1 наведені визначені експериментально значення КПЕ бавовняної тканини різного ступеня підготовки.

Таблиця 1

Критична поверхнева енергія бавовняних тканин різного ступеня підготовки

№ п/п	Ступінь підготовки тканини	КПЕ, мН/м
1	Суворя	25,8
2	Розшліхтована	30,0
3	Розшліхтована і відварена	40,0
4	Розшліхтована, відварена і вибілена	43,9
5	Розшліхтована, відварена, вибілена і мерсеризована	41,2

Як видно з наведених даних, розшліхтування підвищує критичну поверхневу енергію до 30 мН/м, відварка і біління збільшує значення КПЕ до 40 і 43,9 мН/м відповідно, після мерсеризації КПЕ волокна зменшується до 41,2 мН/м.

Визначимо поверхневий натяг (ПН) твердих полімерів - зв'язуючих.

Одним з найпоширеніших методів оцінки ПН твердих полімерів є метод, заснований на вимірі крайових кутів змочування рідини (вода) на полімерній поверхні [4]. Проблема визначення ПН твердих речовин розв'язувалася б легко, якби на поверхні твердого тіла утворювалася, так звана, нормальна крапля рідини. У цьому випадку :

$$\gamma_{т.т.} = \gamma_{р.т.} (\cos \alpha + \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin \alpha).$$

Однак на практиці вдається одержати лише краплю, для якої справедливе співвідношення Юнга – Дюпре :

$$\gamma_{т.т.} = \gamma_{р.т.} + \gamma_{р.т.} \cos \theta.$$

Співвідношення містить два невідомих, тому визначення $\tilde{\alpha}_{т.т.}$ неможливо без додаткових припущень.

Поверхневий натяг твердого полімера можна визначити через γ рідини, по формулі :

$$\gamma_{т.т.} = 0,5\gamma_{р.т.} (1 + \cos \theta).$$

Як впливає з рівняння для визначення $\tilde{\alpha}_{т.т.}$ необхідно знати θ .

Найбільш точні результати одержують шляхом розрахунку θ по геометрії краплі.

Експериментальні дані, отримані шляхом розрахунку крайових кутів по геометрії краплі води, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Поверхневий натяг плівок полімерів

№	Плівка на основі	Крайовий кут змочування (розрахунковий)	Поверхневий натяг, γ , мН/м
1	Поліетилену	104	28,0
2	Поліуретанової дисперсії пулан	93	34,2
3	Поліуретанової дисперсії латур	91	35,7
4	Полівінілацетату	77	43,9
5	Танабанда КВ (фірма "Tanatex")	45	59,8
6	Бутадієнового латексу	41	63,4
7	Гідратцелюлози	68	49,4

Отримані дані по величинах КПЕ тканини і поверхневого натягу твердих полімерів зв'язуючих використовували для оцінки роботи адгезії різних типів зв'язуючих на поверхні текстильного матеріалу в залежності від ступеня його підготовки, відомості про яку дозволяють запропонувати рівень підготовки тканини при використанні цього чи іншого типу зв'язуючого.

Робота адгезії між двома твердими тілами оцінюється рівнянням:

$$W_{ад} = \tilde{\alpha}_{т,1} + \tilde{\alpha}_{т,2} - \tilde{\alpha}_{т,1}\tilde{\alpha}_{т,2},$$

де: $\tilde{\alpha}_{т,1}$ - поверхневий натяг твердого тіла 1;

$\tilde{\alpha}_{т,2}$ - поверхневий натяг твердого тіла 2;

$\tilde{\alpha}_{т,1}\tilde{\alpha}_{т,2}$ - поверхневий натяг між тілами 1 і 2.

Розраховані значення $W_{ад}$ для різних типів зв'язуючих і тканин з різною поверхневою енергією наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Вплив критичної поверхневої енергії волокна на роботу адгезії зв'язуючих

Ступінь підготовки тканини	Критична поверхнева енергія тканини, мН/м	Зв'язуючі			
		дисперсія пулан		дисперсія ПВА	
		поверхневий натяг, мН/м	робота адгезії, мН/м	поверхневий натяг, мН/м	Робота адгезії, мН/м
Суворя	25,8	34,2	55,6	43,9	51,6
Розшліхтована	30,0		60,0		60,2
Розшліхтована і відварена	40,0		68,4		80,0
Відварена і вибілена	43,9		68,4		88,0

Мерсеризована (після біління)	41,2		68,4		82,4
Розшліхтована і вибілена по холодному способу	38,2		68,4		76,4

Ступінь підготовки тканини	Критична поверхнева енергія тканини, мН/м	Зв'язуючі			
		дисперсія латур		танабонд КВ	
		поверхневий натяг, мН/м	робота адгезії, мН/м	поверхневий натяг, мН/м	Робота адгезії, мН/м
Суворя	25,8	35,7	51,6	59,8	52,0
Розшліхтована	30,0		60,0		60,0
Розшліхтована і відварена	40,0		71,4		80,0
Відварена і вибілена	43,9		71,4		87,8
Мерсеризована (після біління)	41,2		71,6		82,0
Розшліхтована і вибілена по холодному способу	38,2		71,4		76,2

З таблиці 3 випливає, що робота адгезії поліуретанових зв'язуючих не підвищується із збільшенням ступеня підготовки тканини: на відварених зразках тканини досягається таке ж значення роботи адгезії, як на вибілених. Навпаки, при застосуванні танабонда КВ і ПВА, із збільшенням ступеня підготовки тканини, робота адгезії підвищується. Мерсеризація знижує роботу адгезії, оскільки поверхнева енергія тканини після мерсеризації зменшується, таким чином, при застосуванні поліуретанових зв'язуючого типу латур і пулан підготовку можна обмежити розшліхтуванням і відваркою. Інші типи зв'язуючих вимагають проведення всіх стадій підготовки, у тому числі біління.

Отримані дані про роботу адгезії в першому наближенні відповідають механічній міцності адгезійних сполук, отриманих за допомогою ряду досліджуваних зв'язуючих.

У таблиці 4 наведені дані про міцність склейок, отриманих на основі полівінілацетатної дисперсії.

Механічна міцність склейок на основі полівінілацетатної дисперсії збільшується з підвищенням ступеня підготовки і підвищенням поверхневої енергії тканини.

Таблиця 4

Вплив ступеня підготовки тканини на міцність склейок

Ступінь підготовки тканин	Навантаження (Н) при розриві склейки на основі полівінілацетатної дисперсії
Суворя	71,7

Розшліхтована	79,0
Відварена і вибілена	82,7
Мерсеризована	75,0

Міцність склеюк, сформованих із зразків вибіленої і мерсеризованої тканини, знижується, що очевидно, обумовлюється не тільки зменшенням значення КПЕ тканини після мерсеризації, але і внаслідок того, що після даної операції волокно набуває круглої форми. На шорсткуватих поверхнях адгезія збільшується внаслідок збільшення площі контакту поверхні з адгезивом.

Відповідність величин роботи адгезії зв'язуючих даним по механічній міцності склеюк, отриманим на їхній основі дозволяє припустити, що стійкість пігментних забарвлень також буде знаходитися у відповідній залежності.

Висновки:

1. При колоруванні пігментами запропоновано використовувати показник критичної поверхневої енергії тканин, що фарбуються чи розцвічуються.
2. Оцінено критичну поверхневу енергію бавовняних тканин різного ступеня підготовки і показано, що міцність адгезійної сполуки, утвореної бавовняною тканиною і зв'язуючим, залежить від поверхневої енергії волокна.
3. Експериментально визначені значення поверхневого натягу полімерних зв'язуючих і показано, що поліуретанові зв'язуючі мають порівняно невисоку поверхневу енергію.
4. Розрахована робота адгезії полімерів зв'язуючих і показана її залежність від ступеня підготовки тканини для більшості типів зв'язуючих. Робота адгезії поліуретанових зв'язуючих на відвареній тканині не відрізняється від такої для тканини вибіленої чи мерсеризованої.
5. Для більшості типів зв'язуючих мерсеризація тканини зменшує роботу адгезії зв'язуючого (після мерсеризації зменшується КПЕ тканини і площа контакту із зв'язуючими).
6. Показано, що між роботою адгезії зв'язуючого і механічною міцністю адгезійної сполуки є зв'язок.

Література

1. Zisman W. A. Relation of the equilibrium contact angle to liquid and solid constitutions. // Adv. Chem. Ser.,- 1964, - 43, № 1, P. 1-17.
2. Сафонов В.В. Облагораживание текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, - 1991.- 287с.
3. Н.В. Егоров и др.; Отделка хлопчатобумажных тканей / Под ред. Б.Н.Мельникова.- М.: Легпромбытиздат, 1991, С. 102-104.
4. Липатов Ю. С. Коллоидная химия полимеров, К.: Наукова думка, 1984, С. 62-63.

Надійшла 6. 1. 2001 р.

УДК 628.1

Л.Л.НОВІЦЬКА, Т.Ф.ПЕТРЕНКО

Технологічний Університет Поділля

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОБУТОВОГО ФІЛЬТРУ ДЛЯ ДООЧИСТКИ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ В М. ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ

Порівняння побутових водоочисних систем за такими показниками, як витрати на експлуатацію та ефективність очистки води від хлору азоту амонійного, іонів свинцю та міді. Оптимальним для очистки водопровідної води в м.Хмельницькому є фільтр "Криничка".

Проблема доочистки водопровідної води в місті Хмельницькому досить гостра. Незважаючи на порівняно добрі показники води, що подається у водопровідну систему міста (табл. 1), на виході із системи показники якості питної води з ряду позицій не відповідають нормативним (табл. 2).

Таблиця 1.

Характеристика якості питної води в м. Хмельницькому

Якісний показник (розмірність)	Присутня величина	Допустима величина [1]
Лужність (мг/л)	0,55	≤ 2
Запах (бали)	0	≤ 2
РН	7,8	9,5
Fe (мг/л)	0,4	≤ 0,3
F (мг/л)	0,04	≤ 1,5
Ca (мг-екв/л)	6,8	≤ 7
Mg (мг-екв/л)	4	≤ 5
NH ₄ ⁺ (мг/л)	2,8	≤ 2
Cl ⁻ (мг/л)	0,5	≤ 0,5
Cu (мг/л)	0,5	≤ 3
Zn (мг/л)	2,2	≤ 5

Причина погіршення якості води, що пройшла крізь водопровідну систему полягає в тому, що через зношеність труб міської мережі водопостачання, вода набуває вторинні домішки, частково через підсос із позатрубного простору, частково за рахунок продуктів корозії самих труб. Змінити ситуацію може повна заміна труб системи водопостачання на нові, більш довговічні. Однак, на даний час відповідним міським службам не можливо знайти кошти на реконструкцію всієї водопровідної системи. Реальною альтернативою покращення якості питної води є побутова доочистка води. Тобто, в будинки потрібно постачати воду такого ступеня очистки, який можливо досягти на даний час, а в подальшому доочищувати в квартирах за допомогою побутових водоочисних пристроїв ту її частину, що йде безпосередньо на пиття та на харчові потреби.

Таблиця 2.

Характеристика питної води в м. Хмельницькому на виході із систем водопостачання

Якісний показник (розмірність)	Присутня величина	Допустима величина [1]
Cl ⁻ (мг/л)	0,827	≤ 0,5
Cu (мг/л)	3,010	≤ 3
NH ₄ ⁺ (мг/л)	3,587	≤ 2
Pb (мг/л)	0,385	≤ 0,05
Fe (мг/л)	1,485	≤ 0,3

Інші показники не змінюються.

В наш час споживач має великий вибір побутових водоочисних систем (фільтрів) виробництва України, Росії, Німеччини, США та ін; що відрізняються за ціною та ефективністю очистки води. В цілому, існує проблема визначення оптимального побутового фільтра для доочистки водопровідної води. В даній роботі

проведено визначення оптимального побутового фільтру для доочистки водопровідної води в місті Хмельницькому.

Для об'єктивної оцінки фільтрів очистки розглядалися такі показники:

- опосередкована ефективність очистки води побутовими фільтрами;
- експлуатаційні витрати.

Для визначення ефективності очистки води, її аналіз проводився як до, так і після проходження через фільтр.

Досліджувались такі параметри:

- ефективність очистки від іонів заліза (за кулонометричним методом в присутності іонів церію);
- ефективність очистки від іонів хлору (за меркуриметричним методом);
- ефективність очистки від азоту амонійного (за методом нейтралізаційного титрування його з попередньою відгонкою аміаку);
- ефективність очистки від іонів свинцю (за електрохімічним методом);
- ефективність очистки від іонів міді (за електрохімічним методом);
- ефективність знезаражування (за методикою визначення колі-індекса).

Опосередкована ефективність очистки ($E\Phi_{оп}$) обчислюється як середнє арифметичне вищенаведених параметрів.

Експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$C_{ек} = C_{\phi} + kC_k,$$

Де $C_{ек}$ – експлуатаційні витрати;

C_{ϕ} – вартість фільтру;

k – кількість картриджів, що використовуються на протязі року;

C_k – вартість картриджа.

В таблиці 3 приведені дані, що характеризують ефективність очистки води деякими фільтрами. Приведені дані для побутових фільтрів “Брита” (Німеччина), “Бар’ер” (Росія), “Криничка” (Україна).

Таблиця 3.

Результати аналізу води до і після проходження через фільтри

Фільтр	Показник	Вміст до фільтрування	Вміст після фільтрування
“Брита”	Cl ⁻ (мг/л)	0,827	0,118
	Cu (мг/л)	3,010	0,430
	NH ₄ ⁺ (мг/л)	3,587	0,493
	Pb (мг/л)	0,385	0,055
	Fe (мг/л)	1,485	0,214
“Бар’ер”	Cl ⁻ (мг/л)	0,827	0,108
	Cu (мг/л)	3,010	0,391
	NH ₄ ⁺ (мг/л)	3,587	0,466
	Pb (мг/л)	0,385	0,050
	Fe (мг/л)	1,485	0,193
“Криничка”	Cl ⁻ (мг/л)	0,827	0,074
	Cu (мг/л)	3,010	0,270
	NH ₄ ⁺ (мг/л)	3,587	0,323
	Pb (мг/л)	0,385	0,035
	Fe (мг/л)	1,485	0,134

Введемо поняття “характеристична точка” побутового фільтру, яка означає точку на площині, ордината якої відповідає опосередкованій ефективності очистки води, а абсциса – експлуатаційним витратам (рис. 1).

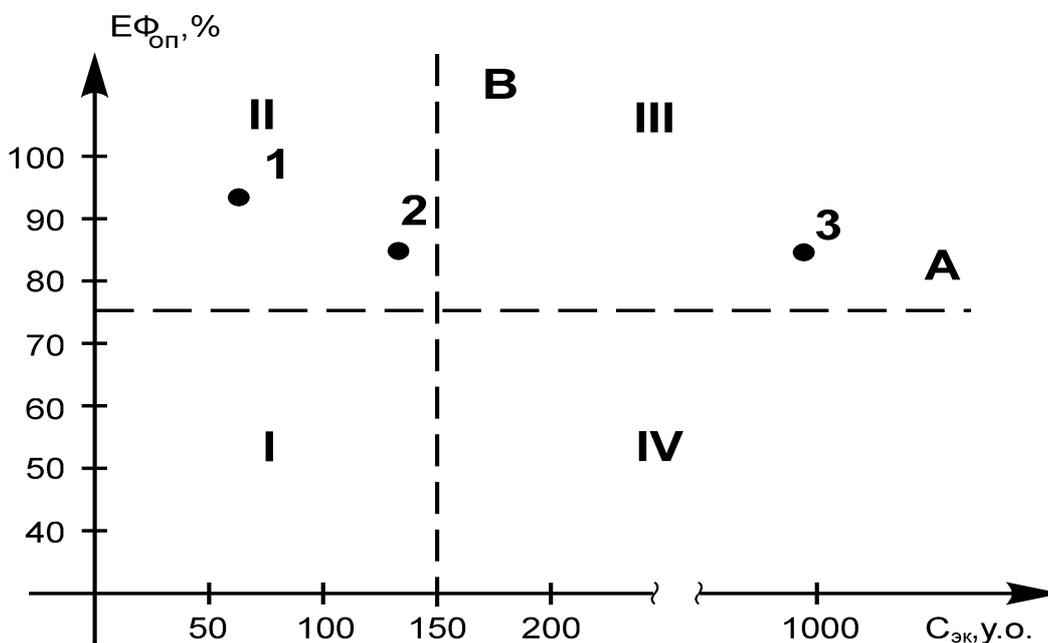


Рис.1. Характеристичні точки побутових фільтрів.

1. "Криничка"; 2. "Бар'єр"; 3. "Бріта".

Координатна площина експлуатаційні витрати – опосередкована ефективність очистки води поділена на чотири частини лініями А та В: лінія А – межа допустимого мінімального ступеня очистки; лінія В – межа допустимих витрат на експлуатацію фільтра. Тоді область I координатної площини відповідає дешевим та малоефективним фільтрам; область II – ефективним при прийнятних витратах; область III – ефективним, але дорогим; IV – малоефективним при достатньо високих витратах на експлуатацію.

Дані рис. 1 показують, що найкращому співвідношенню між показниками опосередкованої ефективності очистки води побутовим фільтром та експлуатаційними витратами відповідає фільтр "Криничка", і є оптимальним побутовим фільтром для доочистки водопровідної води в місті Хмельницькому.

Таким чином, побутова доочистка води є необхідною для реального покращення ситуації з питною водою в місті Хмельницькому, а оптимальним побутовим фільтром із існуючих є фільтр "Криничка".

Література

1. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. – К.: Наукова думка, 1991.
2. Основные показатели охраны окружающей среды в Хмельницкой области. Отчет ГУЭБ за 1998 г.
3. Юдин А.М. Быт и экология. –М.: Знание, 1990.
4. Яницкий О.Н. Экологическая перспектива города. – М.: Мысль, 1990.

Надійшла 28. 11. 2000 р.

СТРУКТУРА ТА КОНСТРУКТИВНІ СХЕМИ МАШИН ДЛЯ ВАКУУМНО-ДИFUЗІЙНОЇ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ МЕТАЛІВ

Викладені відомості щодо загальної структури, функцій окремих систем та їх співвідношення, наведена класифікація конструктивних рішень складових та в цілому машин для вакуумно-дифузійної газорозрядної технології модифікації поверхні металевих сплавів.

В основі технології вакуумно-дифузійної модифікації поверхні металевих сплавів (ВДГРТ) покладено принцип реалізації електричного розряду в газі (ЕРГ), а саме – тліючого розряду (ТЕРГ), в якості інтенсифікатора процесів взаємодії поверхні з газовим середовищем. Газове середовище в загальному виді може бути багатокомпонентним, включати як складові -дифундори, котрі, вступаючи в різного роду взаємодію з поверхнею, дифундують в поверхневі шари та утворюють поліфазні структури, так і елементи, нейтральні або малоактивні стосовно металу, але здатні змінювати характеристики кінетики процесу. Розряд виникає в умовах зниженого тиску в камері між електродами, якими є корпус-анод або спеціальний ізольований анод та металічні деталі - катод, що є об'єктами обробки. Таким чином, машини для ВДГРТ модифікації поверхні металів повинні включати системи створення газового середовища, вакууму, одну або декілька розрядних камер, блок живлення та пристрої управління. Крім того, можлива наявність допоміжних елементів, роль яких полягає в

механізації фаз, що не відносяться до власне модифікації, в спрощенні обслуговування камер та профілактичних заходів щодо них. Нарешті всі системи повинні бути зв'язані між собою комутаційними пристроями, а, оскільки процес переважно виконується при підвищеній температурі, то важливе значення мають також системи, функцією яких є нагрівання об'єктів модифікації та утилізація тепла. Узагальнена структура машин для



ВДГРТ модифікації поверхні представлена на рис. 1.

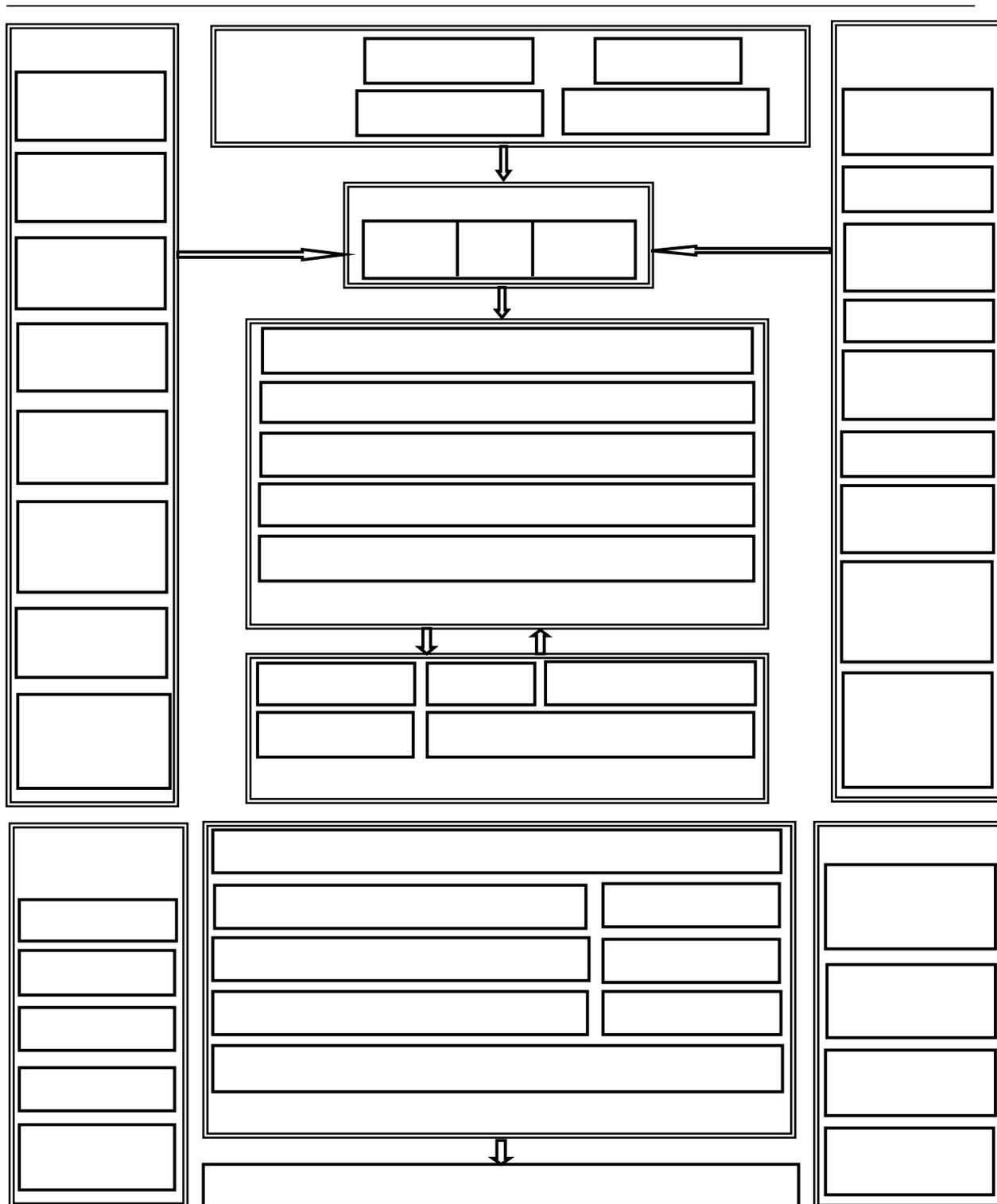


Рис. 3. Схема функціональних зв'язків в машинах для ВДГРТ модифікації поверхні

Кожна з систем та складових машин виконує певний перелік функцій. Основним завданням системи є підготовка якісної суміші газів у відповідності з вимогами технологічного режиму. Системою енергоживлення повинно забезпечуватись не тільки формування електричного потенціалу на електродах камери, але і силове виконання керуючих імпульсів від системи управління щодо підтримання саме ТЕРГ та недопущення хоч б короткочасного переходу його в дуговий розряд (останнє неминуче може призвести до пошкодження об'єктів обробки). Під механізацією розуміють операції по завантаженню-розвантаженню деталей, які виконуються безпосередньо засобами установки, а також - по переміщенню окремих вузлів розрядних камер. Кількість камер визначається, виходячи з продуктивності машини, їх місткості, а також з врахуванням особливості

технологічного режиму обробки конкретних виробів, з якого виходять співвідношення тривалостей фаз процесу. Система управління, окрім типових для цього пристрою завдань збирання, обробки інформації про хід процесу та видачі керуючих сигналів, повинна забезпечувати програмне відслідковування результатів обробки в реальному часі та прогнозувати їх в будь-яких часових координатах. Структурна блок-схема головних функцій систем управління показано на рис. 2.

Взаємозв'язок функцій окремих складових машин для ВДГРТ модифікації поверхні представлено на рис. 3. В конкретних машин, конструкція яких має певне призначення, не обов'язково повинні бути присутніми всі зазначені на рис. 3 функції. В залежності від складності можливе навіть значне спрощення, особливо в частині конфігурації систем управління, допоміжних процесів, які у всіх випадках виконуються на додатковому устаткуванні, часто – серійного виробництва, призначеного, наприклад, для підготовчих процесів гальванічного або оздоблювального виробництва. Практично операції по завантаженню – вивантаженню машин виконуються з використанням цехових вантажопідійомних машин. Типова структурна схема трикамерної машини без механізації операцій завантаження-розвантаження, рознімання частин розрядної камери, операції герметизації розрізу для встановлення об'єктів модифікації показана на рис. 4.

Найбільш оптимальним варіантом конструктивної схеми слід вважати блочно-модульну систему, за якою машина комплектується системами з універсальними комутаторами, що допускає можливість при необхідності змінювати продуктивність агрегату шляхом введення нових камер. В залежності від особливостей виробів, що модифікуються, насамперед – від тривалості модифікації та співвідношення її до тривалостей інших фаз циклу обробки, кількість камер змінюється при незмінних інших складових. Це відкриває можливості подальшої модернізації машин.

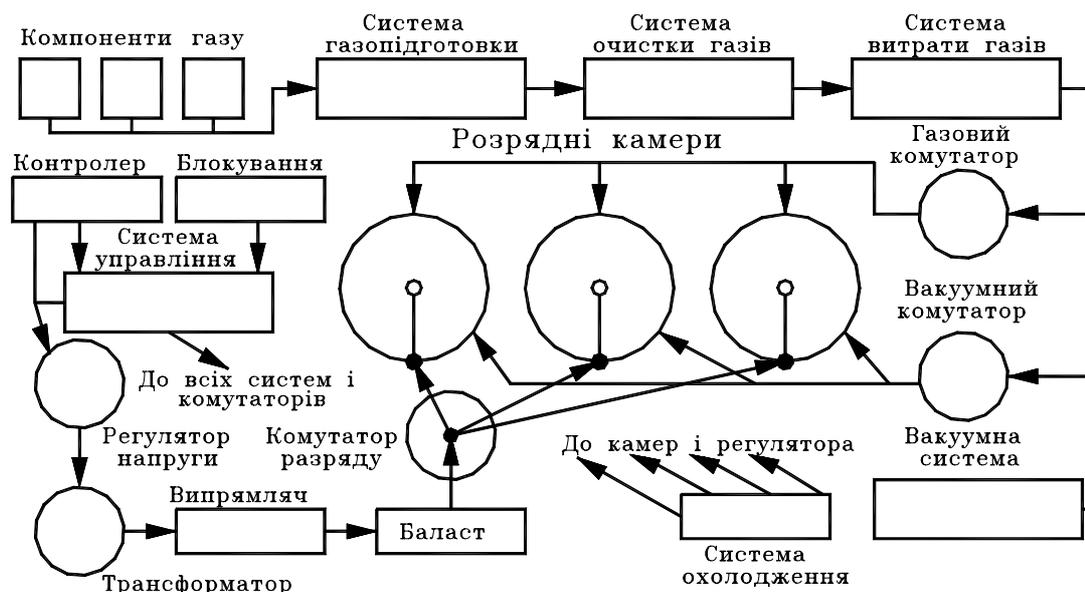
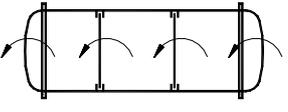
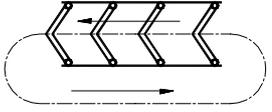
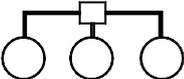
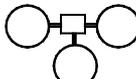
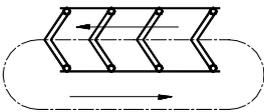
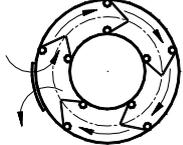
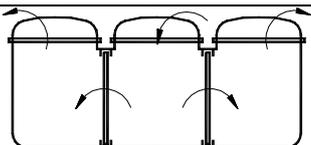


Рис.4 Структурна блок-схема типової машини для модифікації поверхні

Класифікація конструктивних схем машин для ВДГРТ модифікації поверхні металів та їх аналіз, які наведені в табл. 1. , складені за критеріями, що підпорядковані меті узагальнення принципів проектування машин цього класу.

Класифікація конструктивних схем машин для ВДГРТ модифікації поверхні металів

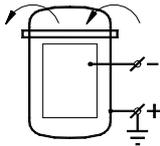
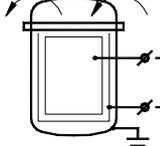
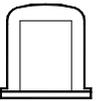
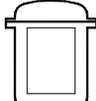
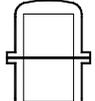
Код	Критерій	Типи, схеми, переваги та недоліки		
1	Характер дії (циклічності)	1.1 Періодичний	1.2 Періодично-послідовний	1.3 Безперервний
				
		Простота та реальність виготовлення, індивідуалізація режимів	Висока продуктивність, наявність серійних вакуумних затворів	Безперервність процесу, продуктивність, стабільність якості
	Низька продуктивність, нерівномірне завантаження обслуги та машин	Складність приводу, обмеження розмірів камер, умова рівності часу фаз	Проблематичність герметизації приводу, відсутність серійних шлюзів	
1.1	Кількість камер	1.1.1 Однокамерні		1.1.2 Багатокамерні
		Мала вартість та займана площа, індивідуалізація технологічного процесу		Продуктивність, рівномірність завантаження по часу, характер процесу наближено до періодично-послідовного
		Мала продуктивність, нерівномірне завантаження машини та обслуги по часі		Підвищена вартість та займана площа, ускладнення обслуговування
1.2	Автономність зон	1.2.1, 1.3.1 Спільні системи для всіх зон		1.2.2, 1.3.2 Роздільні системи для зон
1.3		Спрощення та зниження вартості виготовлення, менша площа		Можливість проведення різних режимів в різних зонах
		Ускладнення реалізації комбінованих технологічних режимів		Підвищення вартості виготовлення та експлуатаційних витрат
1.1.2	Розміри камер	1.1.2.1 Однотипні		1.1.2.2 Різного розміру
		Спрощення виготовлення та обслуговування		Підвищення вартості виготовлення, ускладнення компонування
		Нераціональна завантаженість при різнотипній номенклатурі об'єктів		Рациональне використання при різнотипній номенклатурі
1.1.2	Розташування камер	1.1.2.3 Рядне		1.1.2.4 Кругове
				
		Спрощення обслуговування вантажопідіймними машинами		Компактність розташування, однотипність зв'язків з комутатором
		Різнотипність зв'язків з комутаторами		Необхідність в спеціальних кранах
1.3	Траскторія руху	1.3.3 Лінійні		1.3.4 Роторні
				
		Відносна простота конструкції шлюзів, компактність розташування		Зменшення кількості проймів для завантаження та розвантаження
		Збільшення розмірів приводу переміщення		Більші габаритні розміри
1.1.1	Кількість зон	1.1.1.1 Однозонні		1.1.1.2 Багатозонні
				
		Простота та низька вартість виготовлення		Можливість безперервної роботи та з різними об'єктами послідовно
		Малий коефіцієнт використання, великі простоти при охолодженні деталей		Складність конструкції, підвищена вартість виготовлення, експлуатації

Продовження табл. 1

2	Початковий	2.1 Газоподібний	2.2 Рідкий	2.3 Пастоподібний
---	------------	------------------	------------	-------------------

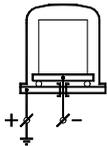
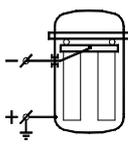
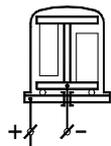
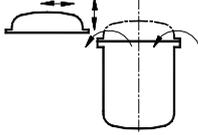
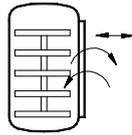
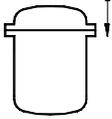
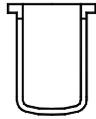
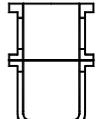
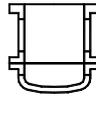
	стан речовини, яка містить компоненти	Простота підготовки газової суміші	Компактність зберігання та транспортування	Здешевлення машини за рахунок газової системи	
		Громіздке зберігання та транспортування	Необхідність в дисоціаторі, складність регулювання	Складність вводу в розрядну камеру	
3	Склад газового середовища	3.1 Водневе		3.2 Безводневе	
		Зниження вимог до герметичності камер, зменшення потенціалу катодного очищення, вища твердість поверхні		Відсутність водневого окришення, екологічна чистота, вибухобезпечність, пластичність поверхні	
		Екологічна небезпечність, здатність до вибуху, складність газових систем для аміаку		Підвищені вимоги до герметичності систем та камер, значна напруга катодного очищення	
4	Тип управління процесом	4.1 Ручне	4.2 Напівавтоматичне	4.3 Автоматичне	4.4 Програмне
		Простота систем управління	Керування головними параметрами режиму	Керування всіма параметрами процесу	Оперативна корекція ходу модифікації, багатостадійні режими
		Неточність забезпечення параметрів процесу	Можливість виходу деяких параметрів за межі допустимих	Ускладнення системи управління	Висока вартість, необхідність в достовірній моделі
5	Вид регулювання розряду	5.1 Відсічка дугового	5.2 Стабілізація по струму, напрузі або температурі	5.3 Комбіноване	
		Простота пристрою	Відслідковування окремих параметрів режиму	Контроль декількох або всіх характеристик процесу	
		Складність підтримки параметрів режиму	Невідповідність окремих параметрів режиму	Ускладнення системи контролю та аналізу даних	
6	Тип системи підготовки газової суміші	6.1 Ручна	6.2 Напівавтоматична	6.3 Автоматична	
		Спрощення та зниження вартості системи	Ефективність для машин зі стабільними режимами	Зміна складу суміші в ході процесу (програмне)	
		Необхідність в постійному контролі і обслуговуванні, значні перерви в газопостачанні в ході процесу	Значні витрати часу для підготовки порції суміші, необхідність в відносно великих об'ємах ресиверів для забезпечення рівномірності обробки	Складність конструкції та налагоджування, підвищені вимоги до рівня підготовки обслуговуючого персоналу, необхідність в системах оперативного контролю	
7	Спосіб підготовки газової суміші	7.1 По об'єму	7.2 По тиску	7.3 Струменеві	
		Точність складу суміші	Простота схеми, можливість реалізації в ручному режимі	Безперервність подачі газової суміші з заданими характеристиками	
		Ускладнення системи порціонування компонентів	Складність використання при високих тисках	Складність конструкції та регулювання	
7.3	Тип процесу змішування	7.3.1 Дискретний		7.3.2 Аналоговий	
		Спрощення налагоджування		Безперервність процесу	
		Складність роботи при високих витратах		Неточність та нестабільність	
8	Рід струму живлення електродів	8.1 Знакопостійний		8.2 Знакозмінний високочастотний	
		Більша ефективність процесу		Менша небезпека виникнення дугового розряду	
		Ускладнення системи керування розрядом		Значна вартість потужних джерел	
8.1	Форма струму	8.1.1 Постійний		8.1.2 Пульсуючий	
		Більша ефективність, зниження рівня вимог небезпечності		Спрощення або відсутність системи фільтрів	
		Громіздкість системи фільтрів напруги		Підвищена напруга в лініях живлення	
9	Підключення	9.1 Анод-корпус		9.2 Відокремлений анод	

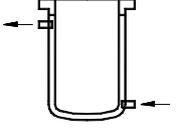
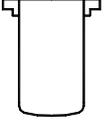
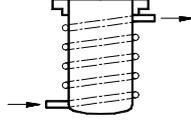
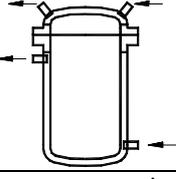
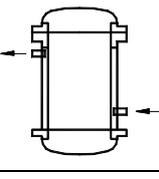
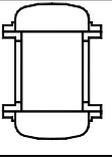
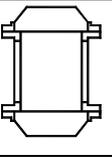
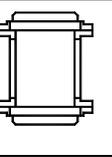
Продовження табл. 1

	анода			
		Спрощення комутації, зменшення кількості струмоводів	Зниження вимог до чистоти обробки внутрішніх стінок корпусу	
		Підвищені вимоги до чистоти обробки внутрішніх стінок корпусу	Збільшення кількості струмоводів, небезпека при пробитті на корпус	
10	Тип системи охолодження	10.1 Водяна	10.2 Повітряна	10.3 Вакуумна
		Більша ефективність	Спрощення конструкції	Економічність
		Підвищена вартість	Нерівномірність охолодження	Невисокі температури
10.1, 10.2	Наявність утилізації	10.1.1, 10.2.1 З утилізатором		10.1.2, 10.2.2 Без утилізатора
		Підвищення економічності машин		Спрощення конструкції
		Більша вартість		Більші витрати робочого агента
10.1	Замкнутість циклу	10.1.3 Зі замкнутим циклом		10.1.4 Без циркуляції
		Зниження витрат води		Мала вартість системи
		Складність системи, вологість в приміщенні при відсутності утилізації		Неефективне використання водних ресурсів
11	Спосіб нагрівання об'єктів	11.1 Від власне процесу		11.2 Від додаткових джерел
		Спрощення системи нагрівання, стабільність розряду в камерах		Зниження параметрів струму, керованість локальними температурами
		Підвищений струм в камері		Ускладнення конструкції камер
12	Спосіб контролю температури	12.1 Терморадіаційний		12.2 Термопарний
		Спрощення системи, відсутність пробую високої напруги		Точність вимірювання, в т.ч. в місцях локальних винятків
		Низька точність та опосередкування вимірювання		Небезпека пробую високої напруги, необхідність в розв'язках
13	Положення камер	13.1 Вертикальне		13.2 Горизонтальне
		Компактність розташування, спрощення завантаження-розвантаження		Можливість використання в невисоких приміщеннях
		Необхідність великої висоти приміщень		Складність завантаження-розвантаження
14	Конструктивна схема камери	14.1 Ковпакова	14.2 Шахтна	14.3 Комбінована
				
		Надійність встановлення об'єктів обробки	Спрощення завантаження, малий хід кришки	Зменшення величини ходу кришки порівняно з 14.1
		Велика висота підйому корпусу	Незручність очищення при великій висоті	Потреба в застосуванні спеціальних підвісок

Продовження табл. 1

15	Спосіб	15.1 На столі	15.2 На підвісці	15.3 Комбінований
----	--------	---------------	------------------	-------------------

	встановлення об'єктів			
		Можливість обробки важких деталей, спрощення підключення катода	Обробка великої кількості об'єктів відносно невеликих розмірів	Універсальність використання
		Застосування тільки для одиночних об'єктів	Складність ізоляції підвіски від корпусу	Збільшення вартості машини
16	Розташування пройми для завантаження	16.1 Перпендикулярно осі 	16.2 Паралельно осі 	
		Можливість механізації завантаження та вивантаження об'єктів обробки	Зручність формування етажерок з малими незафіксованими об'єктами обробки	
		Складність завантаження набору з незафіксованими об'єктами обробки	Практично неможливість механізації завантаження-вивантаження	
17	Вид привода люка пройми	17.1 Ручний гвинтовий або важільний Простота конструкції, прийнятність при нечастому використанні Відсутність механізації	17.2 Електромеханічний Відсутність додаткових систем, можливе використання і для рознімання корпусу Значна довжина ходових гвинтів	
		17.3 Пневматичний Простота серед засобів механізації Великі розміри циліндрів	17.4 Гідравлічний Значні зусилля при малих розмірах Необхідність в додаткових системах	
18	Площина розняття корпусу	18.1 Діаметральна 	18.2 Осьова 	
		Проста система герметизації стику Однопостові машини	Можливість багатопостових конструкцій Складність конструкції герметизації	
18.2	Кількість постів	18.2.1 Однопостові Відносна простота конструкції, зручність доступу до об'єктів Складність конструкції порівняно з 18.1	18.2.2 Багатопостова Використання для мілких виробів з великим часом встановлення Найбільша складність конструкції	
19	Конструкція корпусу камери	19.1 Суцільна 	19.2 Секційна 	19.3 З від'єднанням дна 
		Простота конструкції	Використання при великій довжині	Доступ до стола та нижнього струмовводу
		Складність обробки при великій довжині	Збільшення кількості стиків герметизації	Збільшення вартості в порівнянні з 19.1

		Продовження табл. 1		
19	Конструкція охолодження камери	19.4 Одностіночні без охолодження	19.5 З двома стінками	19.6 З трубчатим охолоджувачем
				
		Ефективність охолодження	Мала вартість камери	Зниження ваги камери
		Складність виготовлення	Низька робоча температура	Нерівномірне охолодження
		19.7 З охолоджуваними кришкою і дном	19.8 Без охолодження кришки і дна	
				
	Високотемпературні режими роботи	Спрощення системи охолодження		
	Ускладнення системи охолодження	Небезпечність нагріву поверхонь кришки		
19	Форма поперечного перерізу камери	19.9 Кругла	19.10 Прямокутна (квадратна)	
		Зменшення довжини зварних з'єднань, надійність герметичності	Рациональність використання об'єму для масивних прямокутних об'єктів обробки	
		Нерівномірність поля для масивних прямокутних об'єктів обробки	Ускладнення виготовлення (збільшення зварних швів, обробка фланців)	
20	Форма кришки та дна	20.1 Еліптична	20.2 Конічна	20.3 Плоска
				
		Рациональність форми для вакуумних камер	Відсутність необхідності в спеціальних заготовках	Простота конструкції та обробки
		Необхідність в спеціальних комплектуючих	Прогин диска, збільшення довжини зварних швів	Необхідність оребрювання диска

Наведені структурні схеми та аналіз можливих конструктивних рішень дозволяють вибрати для індивідуальних умов конкретні варіанти складу та конструкції машин, з допомогою яких реалізуються ВДГРТ модифікації поверхні металевих сплавів.

Надійшла 26. 11. 2000 р.

УДК 621.778.5

С.А. ВАСИЛИШИН

м. Хмельницький, ВАТ "Хмельницький завод по випуску КПУ "Пригма-Прес"

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛЮЧОГО ДРОТУ

В статті проведено аналіз обладнання для виготовлення одноосновного колючого дроту за ГОСТ 285069 та двохосновного колючого дроту із скруткою основ в одному напрямку.

Колючий дріт широко застосовується для будівництва загороджувальних споруд у Прикордонних військах, Збройних силах, військах МВС, а також у багатьох галузях народного господарства.

Обладнання для виготовлення колючого дроту до сьогоднішнього дня на Україні не випускалось, а сам колючий дріт виготовлявся головним чином на застарілому обладнанні імпортного виробництва. При цьому, виготовлявся лише один найбільш простий тип колючого дроту – одноосновний.

З метою створення вітчизняного обладнання для виготовлення колючого дроту на Хмельницькому заводі КПУ розроблено і впроваджено два види автоматів:

- а) автомати для виготовлення одноосновного колючого дроту.
- б) автомати для виготовлення двох і трьохосновного колючого дроту.

1. Конструкція колючого дроту, технологія його виготовлення, недоліки та переваги.

1.1. Одноосновний колючий дріт.

На рис.1. представлена конструкція цього дроту.

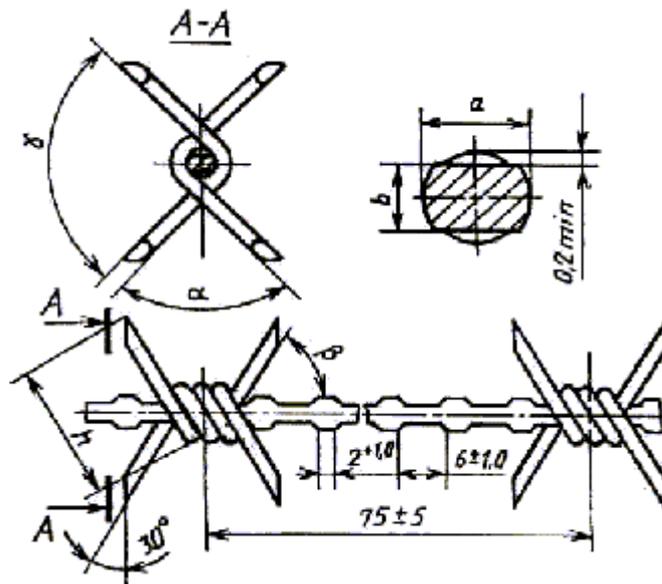


Рис.1. Конструкція одноосновного колючого дроту

На території СНД цей тип колючого дроту є самим розповсюдженим.

Сутність технології полягає у наступному:

а) Центральний дріт, що називається основою, піддається періодичному плющенню. Це необхідно для запобігання переміщення колючок уздовж осі.



Рис.2. Схема плющення основи

б) Із двох сторін основи відбувається подача двох гілок дроту на величину заготовок для шипів. Відбувається загострення і відрізка 2-х шипів. При цьому заготовки шипів відносно основи розташовуються схрещено під кутом α , одна заготовка шипа – знизу, інша – зверху.

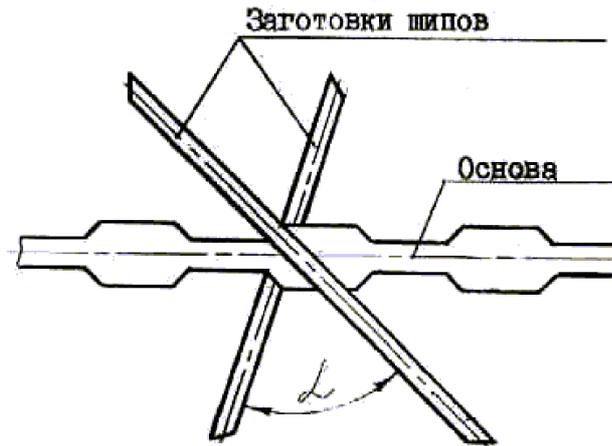


Рис.3. Схема розташування шипів перед закрученням

в) Далі відбувається закручення шипів на основу. Одна заготовка шипа має ліву навивку, а інша – праву. Після навивки двох шипів утворюється чотири колючки.

Недоліки даного типу колючого дроту:

- шипи недостатньо міцно закріплені уздовж осі основи. Вони тримаються лише за рахунок того, що основа має періодичне плющення;
- по тій же причині шипи мають можливість провороту навколо осі основи.

Переваги: низька вартість, тому що для основи використовується тільки одна нитка дроту (менша витрата дроту).

1.2. Двохосновний колючий дріт.

Загальний вигляд двохосновного колючого дроту показаний на рис.4.



Рис.4. Двохосновний колючий дріт

Двохосновний колючий дріт має наступні відмінності від одноосновного:

- як основу використовуються дві галузі дроту, скручені між собою;
- шипи уплетені між двома основами і закручені зверху на них.

Технологія виготовлення двохосновного колючого дроту представлена на рис.5.

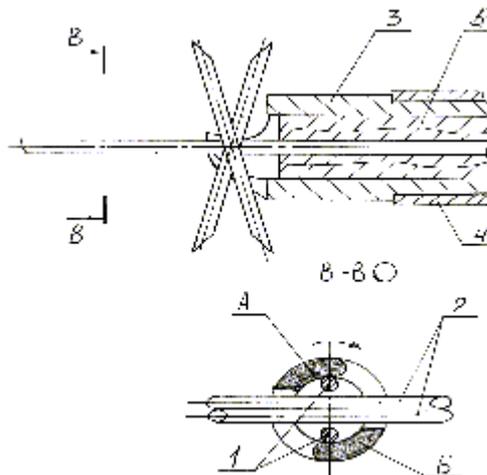


Рис.5. Схема відрізки, загострення і закручення шипів на двох основ

Шипи 2 розташовані між двома основами 1 схрещені між собою. Основи 1 розташовані в нерухомій проводці 5 паралельно на деякій відстані одна від одної. На обертову оправку 4 закріплена вертушка 3, що має два уступи А і Б для закручення шипів. При обертанні вертушки по годинній стрілці своїми уступами А і Б вона захоплює шипи і закручує їх навколо нерухомих основ. Так як шипи розташовані схрещено між собою і під кутом щодо осі основ, то закручення їх відбувається відповідним чином: один шип закручується з лівою навивкою, а інший з правою навивкою. Далі дві основи разом із закрученими шипами подаються вперед і дві основи скручуються між собою в намотувальному барабані.

Таким чином, шипи вставлені між двома основами, навиті на них і міцно утримуються від осьового і кутового переміщення.

По своїй конструкції двохосновний колючий дріт має більш високі технічні параметри в порівнянні з одноосновним, а саме:

- має більшу міцність на розрив за рахунок застосування двох основ, скручених між собою;
- практично виключається переміщення шипів уздовж основи і проворот їх навколо осі, тому що шипи розташовані між скрученими основами і закручені на них.

2. Автомат для виготовлення одноосновного колючого дроту.

Кінематична схема автомата для виготовлення одноосновного колючого дроту моделі АКП 7001 показана на рис.6.

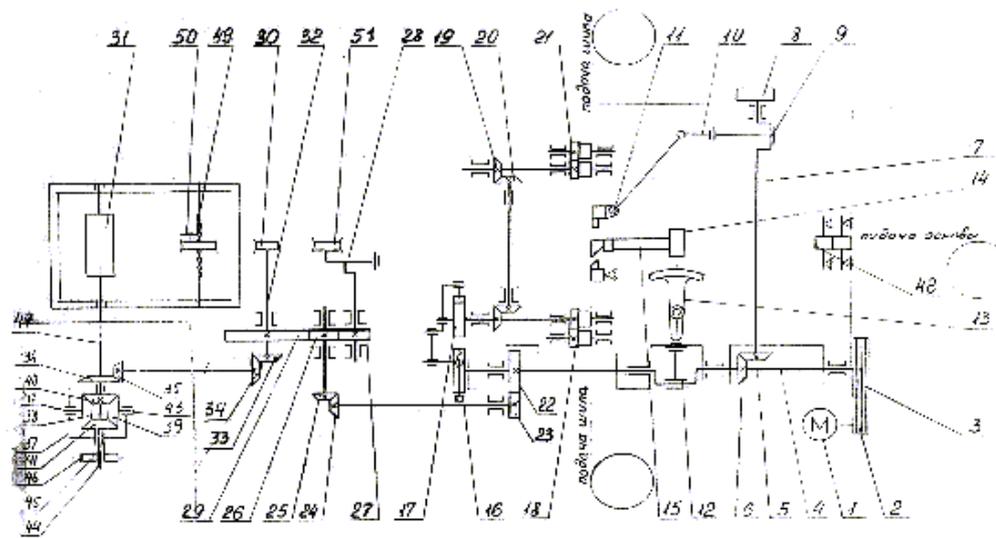


Рис.6. Кінематична схема автомата АКП 7001

Автомат працює таким чином.

Від електродвигуна 1 через клиноремінну передачу (шківки 2 і 3) рух передається на колінчатий вал 4, від якого рух передається по наступних напрямках.

Перше. Через конічні шестірні 5 і 6 на бічний вал 7. На бічному валу встановлений маховик 8 ручного проворота. Від ексцентриситету 9 через кривошипно-повзунний механізм 10 рух передається на механізм відрізки й загострення шипів 11.

Друге. Через кривошип 12 колінчатого вала, зубчатий сектор 13, колесо 14 рух передається на механізм навивки шипів 15. Через регульований кривошип 16 рух передається на храпове колесо 17 і далі на правий механізм подачі заготовки шипів 18, а через конічні зубчаті колеса 19 і 20 рух передається на лівий механізм подачі заготовок шипів 21.

Через зубчаті колеса 22 і 23, конічні колеса 24 і 25, циліндричні колеса 26 і 27 рух передається на механізм витяжний 28 (механізм подачі). Через зубчаті колеса 26 і 28 рух передається на направляючу крильчатку 30.

Третє. Рух на намотувальний барабан 31 передається таким чином. З вала 32 через конічні зубчасті колеса 33, 34 рух передається на конічні колеса 35 і 36 і далі на корпус 37 диференціала. Диференціал складається з 4-х конічних зубчатих коліс 38 і 39 установлених вільно обертовими на осях 42 і 43 і маючими можливість обертатися разом з корпусом 37 диференціала. Конічне колесо 41 вільно сидить на валу 44 і жорстко зв'язано через диск 45 з постійно діючим гальмовим пристроєм 46. Колесо 40 жорстко сидить на валу 47, що передає рух на намотувальний барабан 31. У корпусі барабана встановлений нескінченний гвинт 49, на якому рухається водило 50.

В автоматі також є плющильний пристрій, що складається з двох роликів 48.

Процес виготовлення колючого дроту здійснюється таким чином.

Основа колючого дроту за допомогою руху витяжного ролика 51 протягується через плющильний пристрій, де за допомогою двох рифлених роликів 48 здійснюється періодичне плющення дроту (основи).

Праві і лівий механізми для поперечної подачі шипів, 18 і 21 здійснюють відповідно подачу бічних галузей дроту на довжину шипів. Механізм відрізки й загострення 11 одночасно робить відрізок і загострення двох шипів. Механізм навивки 15 здійснює завивку шипів навколо основи (центральної гілки дроту). При цьому один шип має ліву навивку, а другий має праву навивку.

Далі відбувається знову подача основи. Готовий колючий дріт намотується на барабан 31. Механізм барабана сконструйований таким чином, що він реагує на зміну натягу колючого дроту при намотуванні. Це відбувається таким чином. Стрічкове гальмо 46 за допомогою натяжного гвинта налагоджується на необхідне зусилля. При намотуванні колючого дроту на барабан діаметр бухти збільшується, отже кут швидкості вала 47 повинна зменшуватися. Це досягається за рахунок того, що при збільшенні діаметра бухти натяг гілки, а отже момент на валу 47 і зубчастому колесі 40 збільшується. Вільно обертові конічні зубчасті колеса 38 і 39 передають момент на зубчасте колесо 41 і переборюючи опір стрічкового гальма обертають його. Таким чином, зайва кут швидкості скидається через зубчасте колесо 41. Коли натяг галузі ослабне, зубчасте колесо 41 під дією гальма зупиняється і рух цілком передається через зубчасте колесо 40 на вал 47. У такий спосіб швидкість намотувального барабана плавно міняється в залежності від діаметра бухти намотаного дроту. Цим забезпечується плавність роботи і якість намотування.

Технічні характеристики автомата для виготовлення одноосновного колючого дроту в порівнянні з кращим закордонним аналогом приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики автомата для виготовлення одноосновного колючого дроту моделі АКП 7001 виробництва Хмельницького заводу КПО в порівнянні з кращим закордонним аналогом моделі STM32 фірми "Wafios" Німеччина

Найменування параметрів	АКП7001	STM32
Діаметр основи, мм	1,5 ÷ 2,8	1,5 ÷ 2,8
Діаметр шипа, мм	1,4 ÷ 2	1,4 ÷ 1,8
Кількість колючок, шт.	2 ÷ 4	2 ÷ 4
Крок розташування шипів, мм	50 ÷ 150	60 ÷ 150
Потужність електродвигуна, кВт	5,5	7,0
Габаритні розміри в плані, мм	1400×2500	7200×2000

3. Автомат для виготовлення двохосновного колючого дроту із скруткою основ в одному напрямку.

На базі автомата АКП 7001 розроблений автомат для виготовлення двохосновного колючого дроту моделі АКП 7003

Кінематична схема автомата представлена на рис.7.

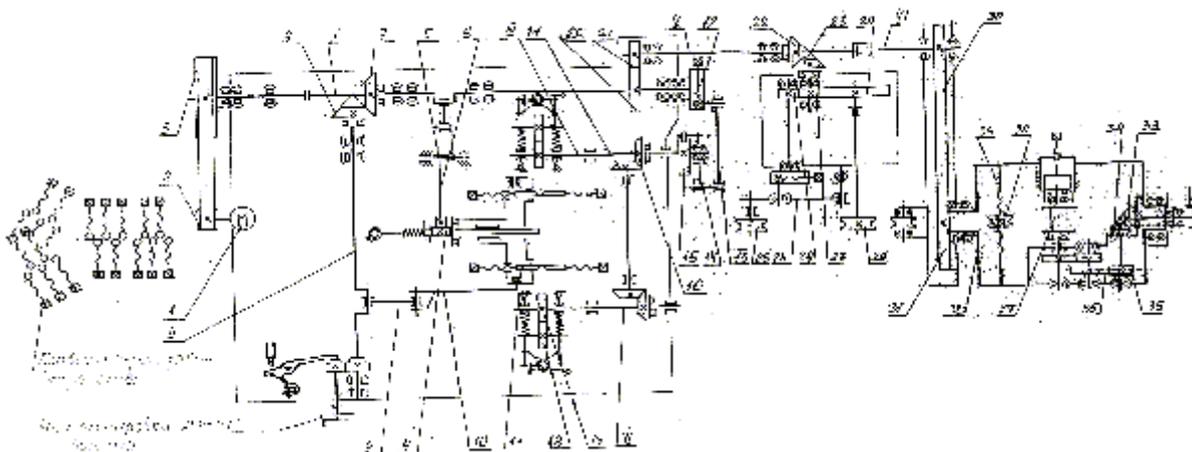


Рис.7. Кінематична схема автомата АКП 7003

Робота автомата відбувається таким чином: від електродвигуна 1 клиновими ременями через шківів 2 і 3 обертання передається на колінчатий вал I, що передає обертальний рух колінчатому валу II за допомогою конічних шестерень 7 і 8 і валу V через шестірни 20 і 21.

Далі від колінчатого вала I через шатун 5 і важіль – зубчатий сектор 6 передається зворотно-обертальний рух шестірни-оправці 4 механізму закручення, що забезпечує навивку шипів на обидві основи колючого дроту.

Від колінчатого вала II за допомогою шатуна 9 і важеля 10 приводяться в рух ножі 11, що відрізають дріт для шипів. На консолі колінчатого вала I установлена планшайба 12, що повідомляє через тягу 13, коромисло 14, храповий механізм 15 дискретне обертання валу III механізму поперечно-подаючого лівого. За допомогою двох пар конічних шестірень 16 і 17 передається обертальний рух валу IV і механізму поперечно-подаючого правого. Подача дроту для шипів виконується двома парами шестерень-роликів 18 і 19. Від вала V через конічні шестерні 22, 23, шестерні 24, 27, шатун 25 передається зворотно-коливальний рух крильчатці 26 механізму витяжному, здійснюючому подачу основи колючого дроту. Шестірни 27, 28 повідомляють обертання крильчатці 29, що подає колючий дріт у корпус намотувального барабана 32. Вал VI через колеса зубчаті 30 і 31 передає обертання намотувальному барабану 32, що забезпечує скручування двох основ колючого дроту. Потім конічні шестерні 33, 34, дві пари зубчатих коліс 35, 36 передають обертання барабану 37 на який намотується колючий дріт за допомогою зірочки 38 по нескінченному гвинті 39.

Опис робочого циклу.

Поворотом крильчатки механізму витяжного здійснюється подача двох основ дроту на величину кроку розташування шипів. Потім відбувається подача дроту для шипів, зубчатий сектор знаходиться в середньому положенні. Далі ножі, що знаходяться у верхньому положенні, стуляються, відрізаючи дріт. Зубцюватий сектор обертає вертушку і відбувається навивка дроту на основу, ножі при цьому знаходяться у верхнім положенні, а крильчатка і храпове колесо здійснюють холостий проворот. Скручування двох основ дроту відбувається постійно протягом усього циклу. Таким чином, процес повторюється.

Основи колючого дроту і дроту для шипів правляться в правильно-роликівих пристроях.

Нижче приведені технічні характеристики автомата моделі АКП 7003 для виготовлення двохосновного колючого дроту виробництва Хмельницького заводу КПО в порівнянні з кращим закордонним аналогом моделі STH2 фірми "Wafios" Німеччина.

Технічні характеристики автомата для виготовлення двохосновного колючого дроту моделі АКП 7003 Хмельницького заводу КПО в порівнянні з кращим закордонним аналогом моделі STH2 фірми "Wafios"

Німеччина

Найменування параметрів	АКП7003	STH2
Діаметр першої основи, мм	1,6 ÷ 2,8	1,5 ÷ 2,8
Діаметр другої основи, мм	1,6 ÷ 2,8	1,5 ÷ 2,8
Кількість колючок, шт.	2 ÷ 4	4
Діаметр дроту шипів, мм	1,4 ÷ 2,5	1,4 ÷ 2,5
Крок розташування шипів, мм	50 ÷ 150	60 ÷ 150
Потужність електродвигуна, кВт	5,5	7,5
Габаритні розміри в плані, мм	1400×2500	1700×4900
Маса автомата, кг	2800	2800

Створення вітчизняного устаткування для виготовлення двохосновного колючого дроту дозволить налагодити випуск колючого дроту з більш високими технічними параметрами.

Література

1. Проспект німецької фірми "Wafios" на автомат для виготовлення колючого дроту моделі STH2.
2. Проспект німецької фірми "Wafios" на автомат для виготовлення колючого дроту моделі STM32.
3. Дріт колючий одноосновний рифлений. Технічні умови. ДСТ 285-69.

Надійшла 13. 12. 2000 р.

УДК 677.051

О.В. КЛЬОНОВ

Херсонський державний Технічний університет

**ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕРІВНОТИ ЧЕСАЛЬНОЇ СТРІЧКИ НА ПОТОКОВИХ
ЛІНІЯХ З ЖИВЛЕННЯМ ВІД СН-ЗУ**

На основі експериментальних досліджень запропоновано заходи, які забезпечують безупинну подачі волокна до бункера

Відомі переваги потокових ліній "стос-стрічка" трохи знижуються через ріст нерівності чесальної стрічки в порівнянні з холстовим живленням чесальних машин. Однак, ці лінії одержали широке впровадження на текстильних підприємствах України і СНД. Тому удосконалювання технологічного режиму і конструкції елементів потокових ліній представляє визначений теоретичний і практичний інтерес.

Основною причиною названого небажаного явища є не стаціонарність аеродинамічного режиму потокових ліній, живлення їхнім волокном і умови навколишнього середовища, що, у свою чергу, обумовлено наступними обставинами:

- недостатньою спряженістю волокнистих потоків;
- періодичністю регенерації аспираційних пристроїв;
- зміною фракційного складу волокнистої маси;
- коливаннями температурно-вологого режиму потокових ліній;
- недоліками в організації, технології і конструкції елементів останніх.

Аналіз літературних джерел і патентних матеріалів показує, що саме на усунення названих недоліків були спрямовані в останні 10...20 років зусилля вчених і ІТП підприємств текстильної промисловості. Тут слід особливо зазначити роботу співробітників ХДТУ на підприємствах Москви, Санкт-Петербургу, України, Білорусії, Молдови й Узбекистану, що завершилася розробкою технологічних режимів, конструкції ліній і рекомендацій з удосконалення роботи потокових ліній у бавовнопрядінні [1-4].

Як ілюстрацію і додаткову оцінку результатів проведений ряд заходів щодо удосконалення роботи потокових ліній, оснащених змішувачем безупинної дії СН-ЗУ, що вигідно відрізняється від живильників іншого виду (ПРЧ-2, ПРЧ-4, Т-16 і ін.) значно великим обсягом бункера, де може бути створений гарантійний запас волокна на всякий непередбачений випадок. Тут виявляється відома властивість нагромаджувача по зниженню нерівноти волокнистого потоку по різних параметрах, накопиченої на попередніх технологічних переходах. Нарешті, великий обсяг бункера дозволяє перенести повернення волокна з конденсора на сам бункер, що, як відомо [1], істотно знижує амплітуду коливань статичного тиску повітря в бункерах системи.

Однак, залишався ще один дестабілізуючий фактор - перерви подачі волокна на потокову лінію. Справа в тім, що при зміні концентрації волокна в повітряно-волокнистому потоці змінюється також і продуктивність вентилятора СН-ЗУ по повітрю, викликаючи дуже значні коливання статичного тиску повітря в бункерах системи, що, у свою чергу, приводить до коливань лінійної щільності чесальної стрічки, тобто, до порівно їй продукту [4].

Результати експериментальних вимірів статичного тиску в бункерах потокової лінії при прийнятому технологічному режимі показані в першому рядку таблиці 1.

Таблиця 1

Дані про зміну статичного тиску

№ машин	73	74	75	76	77	78
$P_1(\text{Па})$	600	570±20	430±50	380±60	220±80	200±40
$P_2(\text{Па})$	600	540±10	450±10	350±10	300±15	200±20

Для забезпечення безупинної подачі волокна до бункерів системи необхідно було насамперед зменшити обсяг повернення через побоювання забиття потокової лінії волокном, що було здійснено шляхом зміни спряженості волокнистих потоків, а саме, зниження продуктивності РТА по бавовні і перекладу стрічкового транспортера СН-ЗУ на мінімальну швидкість руху.

Ці заходи дозволили здійснити безупинну подачу волокна до бункерів системи за рахунок установки пристрою, що регулює рух ґрат змішувача. У результаті, була досягнута стабілізація статичного тиску в бункерах системи (дивитися другий рядок таблиці 1).

Помітимо також, що подібне удосконалення було запропоновано в роботі [2].

Результати виміру порівно і й чесальної стрічки, проведені технічною лабораторією фабрики показані в таблиці 2 і 3, де подвійною рисою відділені дані, отримані до і після проведення заходів.

Таблиця 2.

Дані по нерівноті чесальної стрічки з потокової лінії № 12 і машин №73 і 78 за 2000 рік

Дати	4.01.	26.02.	16.05.	19.05.	23.05.	25.05.	29.05.	30.05.	3.06.
Потокова лінія	9,9	7,8	11,4	6,2	6,2	6,8	4,1	6,2	6,5
машина №73	-	-	9,5	-	5,3	4,3	4,0	-	5,4
машина №78	-	-	10,0	-	5,4	5,2	3,9	-	4,5

Таблиця 3.

Дані по нерівноті чесальної стрічки з потокової лінії № 15 за 2000 рік

Дати	10.01.	27.01.	8.02.	10.02	16.05.	31.05.	20.06.	26.06.
Потокова лінія №	10,2	7,5	7,9	9,3	11,0	5,2	6,6	5,7

Розгляд таблиць явно свідчить про ефективність проведених заходів, тобто зниженні коефіцієнта варіації (нерівноти) по метрових відрізках:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

$$\text{де } \bar{X} = \frac{\sum X}{n}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{n} - \bar{X}^2},$$

а X_i (г)- маса метрового відрізка чесальної стрічки.

У результаті, по прийнятим на фабриці нормативам, якість чесальної стрічки підвищилася від несортної (н/с) до другого і першого сортів. Відповідно, нерівнота стрічки на 1-й і 2-й голівках стрічкової машини знизилася з 3,0 - 3,4% до 1,6 - 1,7%.

Слід зазначити, що робота поточкових ліній у період проведення експериментів проводилася при дуже несприятливих умовах, а саме:

- при повній відсутності системи кондиціонування повітря;
- при нестабільних сортуваннях волокнистого матеріалу;
- при неможливості оперативної зміни швидкостей стрічкового транспортера СН-ЗУ, що знизило якість чесальної стрічки, залишаючи при цьому перспективи подальшого удосконалювання технологічного процесу.

У якості найближчих з них є зниження продуктивності вентилятора СН-ЗУ, що стало можливим завдяки досягнутому зменшенню обсягу повернення.

Реалізація цієї можливості дозволить:

- зменшити споживану вентилятором потужність; так, наприклад, зниження частоти обертання вала вентилятора на 5% зменшує споживану потужність двигуна на 17%;
- зниження величини статичного тиску в бункерах системи дозволить зменшити внутрішню витяжку волокнистого потоку в бункері, що знову таки поліпшить якість стрічки і знизить зусилля регулювальника по переміщенню стінок бункерів на початковій ділянці потокової лінії.

Однак, залишається відкритим питання про облік впливу вологості волокна на лінійну щільність чесальної стрічки [5] Можна відзначити, що при дослідженні патентних матеріалів нами не виявлено винаходу, що дозволяє регулювати лінійну щільність стрічки по вологості волокнистого матеріалу, що насамперед зв'язано з відсутністю оперативних методів її визначення.

Однак, результати математичного моделювання показують, що одним зі способів регулювання щільності може бути зміна величини статичного тиску повітря в бункерах системи, але знову таки конструктивного оформлення такого регулювання поки що немає.

Останнє питання могло б бути знятим шляхом організації на фабриці кондиціонування повітря, але не цілком, так величина атмосферного тиску залишається незалежною.

Таким чином, переклад поточкових ліній на запропонований режим роботи дозволяє підвищити якість чесальної стрічки.

У перспективі можливе проведення заходів експериментального і конструкторського плану по обліку впливу вкладеності волокна на лінійну щільність чесальної стрічки.

Висновки

- переведення потокових ліній на запропонований режим роботи дозволяє підвищити якість чесальної стрічки;

- необхідне проведення пошуку експериментального і конструкторського плану по оцінці впливу вологості волокна на лінійну щільність чесальної стрічки.

Література

1. Бригіна М.І., Кльонон О.В., Мельниченко С.Б. Про вплив умов навколишнього середовища на роботу потокових ліній у бавовнопрядінні// Міжвузівський журнал "Проблеми легкої і текстильної промисловості України".- 2000.- №3.

2. Кльонон О.В., Защепкіна Н.М. Математична модель процесу руху волокна в бункерах текстильних машин // Вісник технологічного університету Поділля.- 2000.- №5.- С.70-73.

Надійшла 6.01.2001р.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ОСНОВІ СЕРВІСНИХ ПЛАТ

В статті проведено огляд сучасних методів та засобів діагностування обчислювальних пристроїв та систем на основі сервісних плат і зроблено їх порівняльну характеристику. Запропоновано способи підвищення глибини діагностування комп'ютерних пристроїв за допомогою POST-карт.

Розвиток персональних комп'ютерів та іншої обчислювальної техніки і засобів автоматизації багатьма країнами світу загострює проблему забезпечення надійності їх функціонування та експлуатації. В свою чергу вирішення цієї задачі неможливе без інтенсивного розвитку теорії та засобів технічної діагностики обчислювальних пристроїв та систем (ОПС).

Реалізація процесу діагностування ОПС потребує додаткових витрат як на етапі розробки, так і в процесі використання цих засобів за основним призначенням. З ускладненням ОПС спостерігається тенденція відносного збільшення витрат на здійснення контролю і діагностування. Витрати на контроль та діагностування, як правило, залежить від обраних методів. При діагностуванні ОПС використовуються як програмні, так і апаратні засоби. Апаратні засоби можуть бути як вбудованими (BIST), так і зовнішніми. Поряд з позитивними сторонами вбудованих засобів контролю та діагностування, зокрема такий як здійснення контролю в процесі використання пристрою за призначенням, простоюю спрягання з основною апаратурою та інше, вони мають також і недоліки, які знижують достовірність, ефективність і вартість процесу діагностування. Основними з них є: а) надлишковість апаратури в пристроях і, відповідно, додаткові витрати, котрі не бажають нести замовники, особливо при виробництві порівняно простої обчислювальної апаратури; б) неможливість в певних випадках виділення частини апаратних ресурсів на вбудовані засоби діагностування; в) неможливість зміни діагностичних програм у вбудованих засобах; г) не завжди наявна можливість досягнення необхідної глибини пошуку несправностей; д) неможливість реалізації діагностування при виході з ладу діагностичного ядра, наприклад, мікропроцесора та інше. Тому для реалізації контролю чи діагностування, особливо на етапах виробництва і експлуатації обчислювальних пристроїв та систем, широко використовуються зовнішні засоби. До зовнішніх засобів відносять контрольно-вимірювальні прилади, пульти, стенди, різноманітні аналізатори, тестери, комплекси та системи контролю чи діагностування обчислювальних пристроїв та іншу апаратуру [1].

Найбільш поширеними методами діагностування сучасних ОПС є тестові методи котрі розподіляються на загальне (структурне), покомпонентне та комбіноване тестове діагностування. Кожен з цих методів має свої переваги і недоліки. Але найбільш ефективним на сьогодні є метод тестового комбінованого діагностування [2].

В більшості сучасних ОПС, як, наприклад, в "материнських" платах персональних комп'ютерів, є можливість підключатися певними засобами до внутрішніх точок структури плат, тобто використати їх як контрольні з подачею сигналів тестових впливів і зняттям відповідних реакцій. Множиною контрольних точок в таких пристроях можуть бути контакти сокетів і слотів різного типу. Саме цю властивість і використовують в діагностуючих засобах на основі сервісних плат. До них відносять POST-карти, тестери. На даний час проблемою діагностування пристроїв обчислювальної техніки займається досить незначна кількість фірм. Серед них українські фірми "ЕПОС", "Entry", російська фірма "ACE Lab.", ряд іноземних фірм: "Ultra-X", "Landmark", "MicroSystems Development" та інші.

Взагалі для пошуку несправностей передбачається наявність інструментарію, до складу котрого входять діагностичні пристрої, зокрема, програми для тестування компонентів комп'ютера та тестові з'єднувачі

для перевірки послідовних та паралельних портів. Наявні апаратні і програмні засоби та способи підключення тестових плат в сучасних комп'ютерах можуть бути використані для реалізації тестового комбінованого діагностування його складових без додаткових контактних пристроїв. При цьому реалізація згаданого методу може йти в напрямках використання тільки існуючих апаратних і програмних засобів тестування, використання розроблених оригінальних апаратних та програмних засобів та комбінації цих підходів – використання існуючих та оригінальних засобів тестування.

Більшість розробок цих фірм використовують підпрограму BIOS “Самотест при включенні живлення” – POST (Power On Self Test), яка запускається при кожному включенні комп'ютера або при використанні кнопок RESET та Ctrl+Alt+Del. Ця програма перед завантаженням операційної системи перевіряє на працездатність всі основні блоки комп'ютера, зокрема такі як оперативну пам'ять, “материнську” плату, відеоконтролер, жорсткий диск, клавіатуру та інші. При виконанні тест-послідовностей підпрограма генерує POST-коди, котрі зберігаються в спеціальних регістрах, адреси яких змінюються в залежності від моделі комп'ютера.

POST-карта встановлюється в з'єднувач розширення і на протязі виконання процедури POST на її вбудованому індикаторі швидко змінюються шістнадцяткові числа. Якщо виникла зупинка, то на індикаторі буде відображений код того тесту, під час виконання якого виник збій. Це уточнює місце прояву несправності. Деякі моделі комп'ютерів можуть видавати цю інформацію через порт LPT. Глибина діагностування при цьому залежить від підпрограм BIOS. До кожної POST-карти додається список кодів, які ідентифікують несправність. Декілька років тому використовувались POST-карти, котрі встановлювались в ISA-слот. Але в останній час найбільше поширення набули PCI POST-карти.

Розробка діагностуючого пристрою у конструктиві PCI пов'язана з змінами в архітектурі материнських плат, викликаними появою таких наборів системної логіки, як i810 (Whitney) та i820 (Camino). Саме тому спеціалістами технічної лабораторії компанії Entry була розроблена (на базі вже існуючої PORT 80+) діагностуюча плата IC80+PCI. На відміну від попередньої, вона була розроблена згідно стандарту "PCI Local Bus Specification, Revision 2.2" від 18.12.98р. Вона використовується для швидкої експертизи стану материнських плат, які мають локальну шину PCI. При проектуванні діагностуючої плати IC80+PCI були визначені наступні вимоги: а) визначення несправностей на ранніх етапах старту BIOS; б) визначення найбільшої кількості несправностей до запуску операційної системи; в) сумісність з найбільш розповсюдженими типами чіпсетів; г) повна сумісність з стандартом PCI 2.2; д) підтримка операційних систем Windows 95, Windows 98, Windows NT; е) прозорість при роботі з іншими PCI-пристроями. Дана діагностуюча плата має такі апаратні обмеження: а) використовується 16-бітний селектор портів вводу-виводу; б) не підтримується контроль парності. [3]

Широке застосування знайшли також POST-карти фірм “ЕПОС”, “Ultra-X” та “ACE Lab.”.

Фірма “Ace Lab.” розробила тестер “PC-POWER PRO” для діагностування PC-сумісних комп'ютерів на базі процесорів 386/486/Pentium/MMX/PRO/II та їх аналогів. Він застосовується при:

- перевірці працездатності і сумісності основних компонентів PC: Motherboard, CPU, DRAM, CACHE, LPT, COM;
- повній перевірці (вхідний контроль) системних плат (motherboard);
- ремонті системних плат (motherboard);
- налагодженні комп'ютерів і вирішенні конфліктних ситуацій при розподілі системних ресурсів між різними компонентами PC.

POST-карта має можливості, що застосовуються при :

- POST-діагностуванні;
- контролі напруги живлення +5, +12, -5, -12 В;
- контролі сигналів системної шини SYSCLK і REFRESH;
- контролі запитів IRQ і DMA;
- тестуванні тактової частоти й ідентифікації типу CPU (CPUID);

- повній перевірці (більш як 50 тестів) ресурсів системної плати (motherboard) з можливістю зациклення кожного з тестів;
- застосуванні тесту External Cache, до 1MB;
- застосуванні багатоповторюваного тесту ОЗП (System RAM і Extended RAM);
- застосуванні тестів LPT- і COM-портів (у комплект постачання входять спеціальні тестові “заглушки”).

POST-карта має такі можливості:

- тестування і пошук несправностей комп'ютера без завантаження операційної системи;
- виведення результатів тестування як на відеомонітор комп'ютера, так і на символний індикатор тестера;
- перехоплення керування комп'ютером перед ініціалізацією відеоконтролера, в модулі ROM (BOOTROM) чи за вектором INT19H (BOOT SYSTEM);
- апаратна імітація роботи системи переривань і прямого доступу до пам'яті при перевірці ресурсів системної плати (motherboard);
- контроль у реальному часі запитів IRQ і DMA для вирішення конфліктних ситуацій при розподілі системних ресурсів між різними компонентами комп'ютера;
- можливість видаляти невідомий пароль доступу (Password), що зберігається в CMOS-пам'яті комп'ютера.

Технічна документація, що поставляється разом з тестером, містить докладну інструкцію щодо використання тестера для діагностування і ремонту комп'ютерів і технічний додаток з схемотехніки сучасних PC з POST-кодами розповсюджених версій BIOS.

Фірма “ЕПОС” розробила також ряд діагностичних плат. Основною функцією діагностичних плат є фіксація і відображення POST-кодів, автоматично формованих процедурою самотестування (процедурою POST), у процесі контролю стану всіх підсистем комп'ютера при включенні чи подаванні сигналу RESET.

Крім того, діагностичні плати PCI TESTCARD мають ряд додаткових можливостей, котрі полегшують пошук ушкоджених елементів несправних материнських плат, а саме:

- можливість відображення POST-кодів материнських плат, що використовують нестандартні адреси портів;
- можливість відображення діагностичних кодів, формованих спеціальними тестовими BIOS;
- можливість відображення стану основних системних і керуючих сигналів шини PCI;
- можливість відображення стану сигналів на всіх 32-х лініях “адреса/дані” шини PCI;
- можливість контролю працездатності портів вводу/виводу даних усіх периферійних пристроїв;
- можливість зміни розміру адресного простору портів вводу/виводу при відображенні POST-кодів і перевірці периферійних пристроїв (10, 16 чи 32 біта);
- можливість підключення цифрового індикатора для відображення POST-кодів.

Діагностичні плати PCI TESTCARD розроблені з урахуванням вимог специфікації PCI Local Bus Specification Rev.2.2 для 32-бітної шини PCI з напругою живлення 5В и можуть застосовуватися для діагностування материнських плат IBM-сумісних комп'ютерів з будь-яким набором чіпсетів, що підтримують цю шину.

Діагностичні плати PCI TESTCARD виконані з використанням сучасної елементної бази цифрової схемотехніки – швидкодіючих програмованих логічних пристроїв фірми "Altera" та програмованих логічних матриць фірми "Atmel" і випускаються в трьох модифікаціях:

- **PCI TESTCARD LIGHT;**
- **PCI TESTCARD MEDIUM;**
- **PCI TESTCARD MASTER.**

Перелік функцій, виконуваних діагностичними платами, режими роботи, склад і способи відображення діагностичної інформації залежать від варіанта модифікації діагностичної плати.

Усі модифікації діагностичних плат забезпечують можливість фіксації і відображення поточних POST-кодів, виведених у системний порт з адресою 80h, а також індикацію стану основних керуючих сигналів шини PCI.

Лідером в розробці апаратури для діагностування комп'ютерних пристроїв є американська фірма "Ultra-X". На сьогоднішній день вона пропонує такі вироби: QuickPOST PCI, P.H.D.Plus, P.H.D. PCI. Вони використовують підпрограму POST і відрізняються можливостями та глибиною пошуку несправностей.

QuickPOST PCI працює з використанням найсучасніших методів декодування та підтримує всі версії BIOS різних виробників. Перевіряє робочі параметри блоку живлення. Коди помилок, котрі видає підпрограма POST відображаються на цифровому індикаторі. QuickPOST PCI також перевіряє порти вводу/виводу.

P.H.D. PCI (Professional Hardware Diagnostics) працює в двох режимах: з використанням операційної системи і без її використання. Тестові впливи можна змінювати для збільшення глибини пошуку несправностей та пристосування до нових моделей персональних комп'ютерів. Ця модель також передбачає перевірку правильності роботи USB-порта.

P.H.D.Plus є наступною розробкою P.H.D. PCI і включає ряд додаткових можливостей, зокрема, таких як, перевірка правильності роботи основних блоків комп'ютера на більш низькому ієрархічному рівні, контроль роботи портів, джерел живлення, та інших плат (звукові карти, відеоадаптери, мережеві карти та інш.).

Використання таких сучасних засобів діагностування, як POST-карти значно підвищують рівень діагностування та налагодження комп'ютерної техніки. Але на сьогодні методи і засоби тестування з використанням POST-карт не завжди задовольняють спеціалістів-діагностів, особливо коли виникає необхідність більш глибокого пошуку несправностей. Тому для вирішення проблем діагностування сучасних комп'ютерних пристроїв і збільшення глибини пошуку несправностей пропонується використовувати спеціалізоване програмне та апаратне забезпечення, а саме:

- 1) спеціалізовану ПЗП, котра замінює ПЗП BIOS на материнській платі, і, наряду зі стандартними тестовими впливами POST, додатково підключає тестові програми, що знаходяться на зовнішніх пристроях, тим самим збільшуючи глибину пошуку несправностей;
- 2) "заглушки" COM та LPT-портів при діагностуванні за допомогою POST-карт;
- 3) спеціалізовані програми для діагностування разом з POST-картою та "заглушками";
- 4) розробити та використати "заглушки" для ISA- та PCI – слотів і перехідні індикаторні панелі при діагностуванні материнської плати;

Таким чином, питання подальшої розробки методів підвищення пошуку несправностей, розробки оригінальних апаратних і програмних засобів для реалізації тестового комбінованого діагностування обчислювальних пристроїв комп'ютерних систем є актуальними, потребують детального дослідження і втілення у виробництво.

Література

1. Локазюк В.М. Контроль і діагностування обчислювальних пристроїв та систем: Навч. посібник для вузів. – Хмельницький: ТУП, 1996. – С.175.
2. Локазюк В.Н., Карякин В.А. Комбинированное диагностирование и надежность вычислительных устройств. Хмельницький: Поділля, 1994. – С.156.
3. Маслов Е. Диагностический инструмент для компьютерного «железа» // Компьютерное обозрение, №14, 2000. – С.30.

Надійшла 3. 1. 2001 р.

ГІПЕРТЕКСТОВА МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В БАЗАХ ДІАГНОСТИЧНИХ ДАНИХ

В статті представлено гіпертекстову модель даних. Вона дозволяє звести основні форми представлення інформації до єдиної внутрішньої форми представлення даних у вигляді гіпертексту.

Article deals with hypertext model of datas. This model introduces different kinds of information in united internal format.

Процес діагностування супроводжується обробкою великих масивів інформації. Так як форми представлення цієї інформації різноманітні, то виникає потреба в розробці узагальненої моделі представлення даних [2].

Задача створення і актуалізації інформаційної бази діагностичних даних зводиться до створення і актуалізації двохконтурної бази даних, в першому контурі якої буде знаходитись опис об'єктів діагностування, а в другому контурі – діагностична інформація. Для вирішення цих задач і ефективного обміну інформацією між контурами необхідно розробити відповідний математичний апарат у вигляді гіпертекстової моделі даних.

Під гіпертекстом розуміють комбінацію текстів у вигляді мережі, яка відрізняється від звичайного тексту порядком викладення матеріалу [3]. В гіпертекстових інформаційних системах, що отримали назву мультимедіа, тексти трактуються більш широко. Кожен вузол такої мережі може містити текст, графіку а також аудіо- і відео інформацію [4].

Для побудови гіпертекстової моделі введемо такі визначення.

Визначення 1. Будь-яку непорожню сукупність повідомлень із множини S^+ усіх не порожніх ланцюгів у словнику S будемо називати текстом, якщо на ній визначене відношення строгого порядку.

Гіпертекст можна зобразити у вигляді орграфу, в вершини якого поміщені тексти (об'єкти діагностування, тестові послідовності, діаграми, графіки, рисунки, таблиці), а дуги вказують на семантичні зв'язки між ними. Серед множини зв'язків при розв'язанні задачі навігації нас будуть цікавити тільки ті, що визначають порядок проходження текстів. Тому будемо вважати, що на множині всіх текстів визначений строгий порядок.

Визначення 2. Будь-яку не порожню множину текстів GT назвемо гіпертекстом, якщо на GT визначений строгий порядок (транзитивне й антирефлексивне бінарне відношення). Якщо всі тексти гіпертексту є повідомленнями, то будемо називати його гіпер-повідомленням.

Навігація в гіпертексті пов'язана з виділенням із нього деякої монотематичної підмножини текстів.

Визначення 3. Будь-яка підмножина RT гіпертексту GT , що має найбільший і найменший елементи, назвемо тематичним поділом цього гіпертексту, причому найбільший елемент будемо називати початковим текстом поділу, а найменший – кінцевим. У якості найбільших і найменших елементів можна використовувати спеціальні тексти множини GT , що будемо називати нетермінальними, а інші – термінальними.

Визначення 4. Кортеж текстів $\langle a_1, a_2, \dots, a_m \rangle$, де множина $\{a_1, a_2, \dots, a_m\} = RT$ – тематичний поділ гіпертексту і для будь-яких $r, s \in \{1, 2, \dots, m\}$ ($r < s$) $(a_r, a_s) \in \mathfrak{A}$ або a_r і a_s не порівняні щодо \mathfrak{A} , назвемо навігаційним маршрутом.

Для побудови навігаційних маршрутів у якості знань для керування процесами навігації (керуючі знання) будемо використовувати сукупність правил продукції виду “ЯКЩО <посилка>, ТО <наслідок>”. У позиції посилки розташовані тексти (або їхні номери, ідентифікатори), щодо яких передбачається, що вони задіяні в певному навігаційному маршруті, а наслідок – це сукупність текстів, кожний із яких може безпосередньо впливати за цією сформованою частиною маршруту. Множину правил продукції визначимо як продукційне відношення в такий спосіб.

Визначення 5. Всяке бінарне відношення $p \neq \emptyset$ на множині 2^{GT} усіх підмножин множини GT назвемо продукційним. Елементи відношення p будемо називати правилами продукції, причому якщо $(A, B) \in p$, то множину A назвемо лівою частиною, а B – правою.

Процедура вибору чергового тексту при побудові маршруту заснована на такому понятті виведеності.

Визначення 6. Текст b будь-якого тематичного розділу RT назвемо виведеним із множини текстів $ST \subseteq GT$, якщо $b \notin ST$ і існує правило продукції $(A, B) \in p$, таке, що $b \in B$, а $A \subseteq ST \cup \{r\}$ ($A \neq \emptyset$), де r – початковий текст розділу RT . Множина всіх текстів гіпертексту GT , виведених із множини ST , будемо називати висновком, що відповідає множині ST .

У якості вихідної інформації при побудові навігаційного маршруту будемо використовувати деяку сукупність текстів ST (можливо, $ST = \emptyset$), що задовольняє умові насиченості, поняття якого введемо таким чином.

Визначення 7. Будь-яку підмножину ST будь-якого тематичного розділу RT назвемо насиченою, якщо для будь-яких текстів $a \in RT$, крім нетермінальних початкових, і будь-яких $b \in ST$, що задовольняють співвідношенню $(a, b) \in \mathfrak{A}$, справедливо $a \in ST$.

Відповідно до визначення 7, насичена множина – це початковий текст будь-якого тематичного розділу, будь-який навігаційний маршрут або будь-яка частина $\langle a_1, a_2, \dots, a_i \rangle$ будь-якого маршруту $\langle a_1, a_2, \dots, a_m \rangle$ ($1 < i < m$).

Будь-який кортеж текстів, побудований за допомогою системи правил продукції і претендуючий на статус навігаційного маршруту, повинен відповідати таким вимогам:

- 1) кортеж текстів повинний містити всі тексти відповідного тематичного розділу;
- 2) усі тексти кортежу повинні бути упорядковані відповідно до відношення \mathfrak{A} ;
- 3) у кортежі не повинні бути присутні тексти з інших тематичних розділів, що не належать розділу, для якого даний кортеж побудований.

Сформулюємо ці вимоги у вигляді трьох критеріїв оптимальності продукційного відношення (показність, коректність і несуперечливість) і досліджуємо умови, при яких відношення p задовольняє зазначеним критеріям.

Нехай ST – будь-яка насичена множина текстів будь-якого тематичного розділу, $ab \in ST$ – довільний, не рівний початковому текст. Якщо множина $ST \cup \{b\}$ є насиченою, то будемо говорити, що текст b безпосередньо йде у слід за множиною текстів ST або ST безпосередньо передує тексту b .

Визначення 8. Продукційне відношення назвемо показним, якщо будь-який текст будь-якого тематичного розділу, що безпосередньо не слідує за довільною насиченою множиною, виводиться із цієї множини.

Визначення 9. Продукційне відношення будемо називати коректним, якщо будь-який текст будь-якого тематичного розділу, що безпосередньо не йде у слід за довільною насиченою множиною цього розділу, не виводиться із даної множини.

Визначення 10. Продукційне відношення назвемо несуперечливим, якщо для будь-якої підмножини текстів ST будь-якого тематичного розділу RT гіпертексту GT кожний текст множини $GT \setminus RT$ не виводиться із множини ST .

Зв'язки між текстами гіпертексту, що відповідають відношенню \mathfrak{A} , можуть зберігатися в явному вигляді, тобто у вигляді пар (a, b) , де текст a безпосередньо передує тексту b щодо \mathfrak{A} , а також у вигляді сукупності правил продукції.

Множина правил продукції в гіпертекстовій базі діагностичних даних може будуватися як програмно на основі строгого порядку \mathfrak{A} , так і “вручну” розробником бази. В обох випадках варто врахувати дві обставини:

а) продукційне відношення повинно бути показним, коректним і не суперечливим;

б) воно повинно будуватися таким чином, щоб існувала можливість відновлення зв'язків між текстами гіпертексту, встановлюваних відношенням \mathfrak{A} .

Остання умова особливо актуальна в другому випадку, коли такі зв'язки в гіпертексті явно не подані. Сформулюємо вимоги до продукційного відношення, що, з одного боку, забезпечують виконання обох умов, а з іншого – є рекомендаціями розробнику бази діагностичних даних при створенні правил продукції, а також основою для побудови відповідного алгоритму.

1. Початкові тексти в двох незбіжних тематичних розділах гіпертексту повинні бути різними. Це можливо при наявності в ньому спеціальних нетермінальних елементів, що використовуються для позначення початкового і кінцевого текстів кожного тематичного розділу.

2. Для будь-якого тексту b , крім початкового, із будь-якого тематичного розділу гіпертексту повинно існувати правило продукції, права частина якого містила би текст b , а ліва – усі тексти цього розділу, що безпосередньо передують b щодо \mathfrak{A} .

3. Для будь-якого тексту b , крім початкового, і будь-якого тематичного розділу RT , такого, що $b \in RT$, повинне існувати правило продукції, у правій частині якого містився би текст b , а в лівій – безпосередньо передуючий йому щодо \mathfrak{A} текст, що не є текстом із RT .

4. Кожний відмінний від початкового текст лівої частини будь-якого правила продукції повинний безпосередньо передувати відносно \mathfrak{A} кожному з текстів правої частини цього правила.

5. Ліва і права частини будь-якого правила продукції повинні бути підмножинами деякого того самого тематичного розділу.

Сформульовані вимоги забезпечують відновлення строгого порядку \mathfrak{A} .

В залежності від призначення гіпертекстової бази даних навігаційний маршрут може будуватися як автоматично на основі множини текстів (можливо, порожньої), оголошеній користувачем вихідним, так і в процесі діалогу з ним. Загальним для обох режимів є наявність процедури контролю множин текстів на насиченість, причому в першому випадку контроль необхідний тільки на першому етапі побудови маршруту, а в другому – після кожного сеансу діалогу.

Процес створення гіпертексту включає два етапи: сегментація тексту, тобто виділення в ньому фрагментів як елементів гіпертексту, і їхнє упорядкування, тобто завдання на їхній множині відношення \mathfrak{A} строгого порядку [1]. При експлуатації гіпертексту додатково виникає задача його актуалізації, тобто включення нових текстів і виключення непотрібних. Нехай є довільний текст $T = \langle a_1, a_2, \dots, a_l \rangle$, де a_i ($i=1, 2, \dots, l$) – повідомлення в словнику S . Тоді довільний кортеж $FT = \langle a_m, a_{m+1}, \dots, a_n \rangle$ ($1 \leq m, n \leq l, m \leq n$) будемо називати фрагментом тексту T .

Характерною рисою фрагментів тексту як елементів гіпертексту є їхня монотематичність: у кожному тексті подана інформація, котра описує конкретний об'єкт діагностування або інформацію по ньому. У зв'язку з цим фрагмент тексту природно вважати текстом гіпертексту, якщо йому можна поставити у відповідність деякий семантичний епізод із бази знань діагностичної системи.

Гіпертекстова модель даних дозволяє звести основні форми представлення інформації до єдиної внутрішньої форми представлення даних у вигляді гіпертексту. Гіпертекстова форма представлення інформації є необхідною передумовою для реалізації в системі тестового комбінованого діагностування технології мультимедіа.

Література

1. Муляр І.В. Процес створення гіпертексту для представлення інформації в базах діагностичних даних //Вісник ТУП.-2000.-№6.
2. Муляр І.В. Джулій В.М. Інформаційні процеси та моделі їх представлення при тестовому комбінованому діагностуванні //Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.-1999.-№4
3. Субботин М.М. Новая информационная технология: создание и обработка гипертекстов// Сер.2. 1988. №5.
4. Concin J. Hypertext: An introduction and Survey // Computer/ 1987. №9. p.17-41.

Надійшла 27. 11. 2000 р.

УДК 004.3:004.891.3

О.В. ОГНЄВИЙ, С.В. ГЛУЦАК

Технологічний університет Поділля

“ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ” ДИСТАНЦІЙНЕ ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Розглянуто типову конфігурацію системи дистанційного обслуговування. Запропоновано новий підхід по організації та управлінню мережею дистанційного обслуговування обчислювальних систем віддалених від центру технічного обслуговування. Представлена структура дистанційного технічного обслуговування дозволяє контролювати стан мережі як в цілому так і її складових частин.

The typical configuration of system of remote service is considered. The new approach on organization and management of a network of remote service of computing systems of the maintenance service, remote from the center is offered. The submitted structure of system of remote maintenance service allows supervising a condition of a network, as a whole, and its components.

Кваліфіковане технічне обслуговування є однією з найбільш важливих складових для нормальної роботи обчислювальних систем (ОС). Тому значна увага, приділяється цим питанням як із боку кінцевих користувачів, що підключені до мережі дистанційного обслуговування (ДО), так із боку спеціалістів-установників центрів дистанційного технічного обслуговування (ЦДТО) [1].

Кінцеві користувачі зацікавлені в скороченні часу простоїв обчислювальної системи, викликаних її несправністю. Компанії -установники (центри технічного обслуговування) найбільш зацікавлені можливістю зниження витрат, пов'язаних із візитами до місця обслуговування з метою діагностики, ремонту або внесення змін у параметри конфігурації устаткування.

Використовуючи типову конфігурацію системи дистанційного обслуговування (рис.1) і набір діагностичних програм, оператор центру технічного обслуговування не тільки одержує доступ до різноманітних меню настроювання але і до керування режимами роботи ОС, що діагностується. Це дозволяє установнику робити повну оцінку поточного стану всіх складових обчислювальної системи. Завдяки цьому обслуговуючий інженер може прийти на об'єкт, маючи із собою все необхідне для усунення несправності.

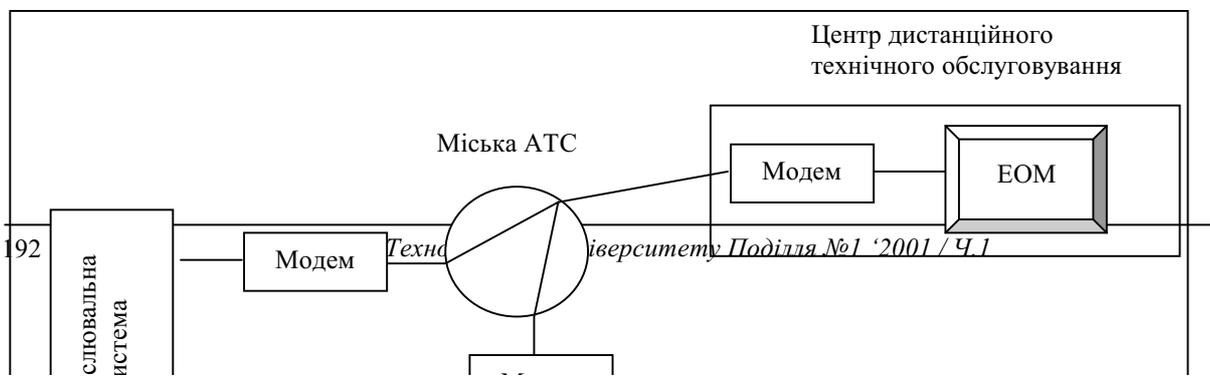


Рис.1. Типова конфігурація системи дистанційного технічного обслуговування

Крім цього, дистанційне обслуговування дозволяє виключити візити з метою зміни параметрів роботи обчислювальної системи і відключати несправне устаткування, для того, щоб не заважати роботі іншій частині системи до прибуття інженера для виконання ремонту

Надійна апаратура і математичне забезпечення, що дозволяють своєчасно виявляти і швидко усувати будь-які несправності, що можуть виникнути в процесі роботи, є ключовими чинниками успішного функціонування системи дистанційного обслуговування, що будується на основі комп'ютерних мереж передачі даних. Ці аспекти є істотними для позитивної оцінки їхньої роботи, як із боку клієнтів, так і з боку операторів мережі.

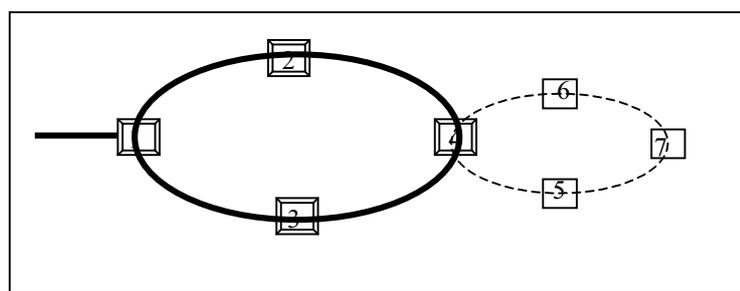
Щоб задовольняти цим вимогам, мережі дистанційного обслуговування повинні спостерігатися цілодобово, а персонал мережі дистанційного обслуговування повинен ефективно усувати несправності.

У спостереженні і керуванні систем дистанційного обслуговування повинні бути задіяні різноманітні функціональні рівні, тобто рівень відділення банку симптом помилок і несправностей, рівень провайдера і рівень оператора мережі головного офісу (наприклад, пульт керування ЦДТО). Їхні задачі містять у собі спостереження і вибірку інформації з мереж дистанційного обслуговування, дистанційне керування, діагностику і підготування статистики.

Основу "інтелектуального" дистанційного технічного обслуговування складає керуюча система для спостереження і керування за системами дистанційного обслуговування в мережі. За допомогою керуючої системи одержують графічний загальний вид мережі обчислювальних систем що обслуговуються для того, щоб відразу візуально визначити їхній загальний стан. Зміна стану повинна визначатися автоматично.

Інформація про стан об'єктів що обслуговуються відображається на панелі спостереження. На панелі спостереження мережі дистанційного обслуговування зображуються в вигляді квадратів, розташованих, як на шахівниці. Їхні стани показані різноманітними фарбами: наприклад, червоний - мережа не працює; зелений - мережа справна; жовтий - попередження про те, що може виникнути проблема /виникла проблема. Панель у вигляді шахівниці особливо зручна при спостереженні за великими мережами, що складаються з декількох сотень систем. Це дає ясну картину загальної мережі.

Кожна мережа дистанційного обслуговування зображається у вигляді картинки (ікони). Картинка являє собою кільце, що символізує мережу. На кільці кожна обчислювальна система, що підключена до мережі дистанційного обслуговування, зображується також у вигляді картинки (рис.2).



**Рис.2. Мережа дистанційного обслуговування у вигляді картинки:
1 - сервер зв'язку; 2, 3, 4 – підмережі дистанційного обслуговування;
5, 6, 7 – ОС користувача**

Для спостереження за мережею дистанційного обслуговування адміністратор повинен одержувати інформацію в стисненому або відфільтрованому вигляді (наприклад, тільки ті системи, що мають несправності, пов'язані з роботою центрального процесора). Для таких випадків на екрані дисплея ЦДТО повинна бути передбачена опція «Тривога». Ця опція дозволяє адміністраторам миттєво одержувати найбільш важливу інформацію. На екрані показуються тільки обчислювальні системи, у яких з'явилися проблеми, а також дата /час появи проблеми та її причини.

Таким чином, опція «Тривога» є необхідною для виконання спеціальних задач у мережах дистанційного обслуговування.

Програмне забезпечення «інтелектуального» дистанційного технічного обслуговування дозволяє розділяти мережу дистанційного обслуговування на більш керовані регіони або підмережі і спостерігати за ними за допомогою тієї або іншої системи.

Підмережі мережі дистанційного обслуговування символізуються топологічними картинками в кільці. Подвійне клацання цієї картини відкриває вигляд підмережі. Ця опція дозволяє провести контроль, а потім і діагностику конкретної обчислювальної системи користувача і керувати ними.

Розподіл на системи, мережі і підмережі забезпечують картину стану мережі дистанційного обслуговування в цілому або її підмережі. Інформація про поточний стан будь-якої обчислювальної системи користувача завжди відтворюється на дисплеї. Подвійне клацання на будь-якій вибраній установці дозволяє одержати більш докладну інформацію саме про ту систему, у якій відбувся збій або виникла несправність.

Функціонально, система «інтелектуального» дистанційного технічного обслуговування може змінюватись у відповідності до специфічних вимог клієнтів і області застосування. Зовнішні програми можуть бути інтегровані і при доробці програмних інтерфейсів можуть бути додані функції клієнтів (наприклад, в області керування математичним забезпеченням, звітів /статистики).

Використання «інтелектуального» дистанційного технічного обслуговування дозволяє:

- відслідковувати стан ОС користувача шляхом відтворення стану дисплея центру дистанційного технічного обслуговування;
- постійно відображати на дисплеї ЦДТО помилок ОС користувача;
- накопичувати в ЦДТО інформації про несправність і послідовність дій по її усуненню для запису в банк симптомів помилок і методів їхній усунення;
- накопичувати в ЦДТО інформації про машинні помилки ОС користувача для наступного опрацювання їх за допомогою комплексної системи прогнозування відмов (КСПВ);
- на основі аналізу банку симптомів помилок і методів їхній усунення видавати рекомендації по їхньому усуненню;
- вести діалог із користувачем.

Побудована на відкритій архітектурі, платформа керування «інтелектуальним» дистанційним технічним обслуговуванням обчислювальних систем може бути легко інтегрована у функціональну і фізичну схему існуючих систем телеобробки або обчислювальних мереж.

В зв'язку з тим, що основною рисою «інтелектуального» дистанційного технічного обслуговування є здатність адаптуватися до різноманітних апаратних і програмних засобів, можливе його широке використання при контролі та діагностуванні обчислювальних систем віддалених від ЦДТО.

Література

Надійшла 7. 12. 2000 р.

УДК 004.3:004.891.3

Ю.Г.САВЧЕНКО

Національний технічний університет КПІ (м. Київ)

Ю.П. КЛЬОЦ, О.С. САВЕНКО, В.М. ЧЕШУН

Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький)

МЕТОДИКА ТА АЛГОРИТМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИБОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗСЛОВНИКОВИХ ПРОЦЕДУР

Реалізація існуючих методів діагностування цифрових пристроїв пов'язана зі значними ускладненнями через необхідність формування словників несправностей. В статті проаналізовано причини виникнення ускладнень, запропоновано використання безсловникових процедур пошуку несправностей як засіб усунення визначених ускладнень, надано опис особливостей реалізації цих процедур та визначено переваги, які досягаються за рахунок їх використання.

Implementation of existing methods of diagnosing of digital devices bound with considerable complicating through necessity of formation of the dictionary of faults. In the articles the causes of originating of complexities are parsed, usages nondictionary of procedures of troubleshooting as a way of elimination of definite complexities are offered, the description of features of implementation of these procedures is given and are determined of advantage, which one are reached at the expense of their usage.

Сучасний етап розвитку народного господарства характеризується інтенсивним впровадженням різноманітних засобів цифрової обчислювальної техніки в різні сфери життєдіяльності людини. Складність та різноманітність задач, що вирішуються цифровими пристроями та системами, зумовлює високі вимоги до їх якості та надійності. Потрібні показники якості та надійності, в свою чергу, не можуть бути забезпечені без використання ефективних методів та засобів діагностування на різних етапах виробництва та експлуатації цифрової обчислювальної техніки.

Незважаючи на наявність великої кількості різних методів, питання підвищення ефективності процесу діагностування цифрових пристроїв та систем залишається актуальним. Це зумовлено бурхливим розвитком цифрових обчислювальних пристроїв та систем для них. Впровадження нових технологій виробництва елементної бази для цифрової техніки, постійне підвищення ступеня інтеграції дискретних компонентів та показників їх швидкодії визначає все нові й нові вимоги до технічних засобів діагностування, що є предметом для наукового пошуку.

Наведений в [1] аналіз дозволив визначити основні проблеми, які виникають при реалізації різних методів діагностування, і дійти висновку, що одним з найсуттєвіших недоліків як детермінованих, так і імовірнісних методів є їх орієнтація на наявність словників несправностей. Призначенням словників несправностей є накопичення та зберігання даних про можливі несправності (несправні стани) об'єкта діагностування та характерні риси їх прояву при проведенні тестових випробувань. Аналіз отриманих в процесі діагностування відповідних реакцій та їх порівняння з відповідними реакціями, які зберігаються в словниках несправностей, дозволяє визначити тип наявної несправності та встановити діагноз.

За умови зовнішньої простоти та наочності процесу діагностування з використанням словників несправностей, його реалізація пов'язана зі значними ускладненнями саме через необхідність попередньої підготовки зазначених словників. Це пояснюється наведеними нижче причинами.

Використання компонентів великого та надвеликого ступеня інтеграції зумовлює надзвичайно велику кількість можливих несправностей, що робить практично неможливим складання повного переліку можливих несправних станів об'єкта діагностування. Ця задача багатократно ускладнюється за умови урахуванням можливості виникнення в об'єкті діагностування кратних несправностей, загальна кількість яких визначається за законами комбінаторики.

Наявність в складі компонентів великого та надвеликого ступеня інтеграції значної кількості вузлів поступового типу призводить до необхідності формування послідовностей тест-векторів великої довжини для виявлення більшості несправностей. Велика довжина послідовностей тест-векторів зумовлює необхідність занесення до словників несправностей відповідної кількості реакцій об'єкта діагностування. В сукупності з великою кількістю можливих несправностей це призводить до необхідності накопичення і зберігання в словниках несправностей для кожного типу об'єктів діагностування обсягів інформації, які є надзвичайно великими навіть з урахуванням останніх досягнень обчислювальної техніки.

Таким чином, проблема словників несправностей пояснюється надзвичайною трудомісткістю процесу їх формування та необхідністю обробки і зберігання надзвичайно великої кількості інформації за умови, що необхідна повнота словника, найімовірніше, досягнута не буде. Використання для діагностування неповних словників несправностей може призвести до виникнення помилок другого роду [2], ознакою яких є хибна ідентифікація несправного стану об'єкта діагностування (типу несправності або місця її виникнення). Можливість виникнення помилок при встановленні діагнозу знижує достовірність процесу діагностування.

Оскільки в будь-якому випадку фактичний стан об'єкта діагностування може бути лише один, постає питання про ефективність накопичення і зберігання інформації про всі можливі стани, тобто про доцільність створення і використання словників несправностей.

Як альтернативу методам, які базуються на використанні словників несправностей, можна розглядати безсловникові процедури діагностування цифрових пристроїв, аналіз переваг яких наведено в [1].

Характерною рисою безсловникових процедур діагностування цифрових пристроїв є те, що для їх реалізації немає потреби у розробці спеціалізованих технічних засобів діагностування. Безсловникові процедури легко реалізуються засобами детермінованого або імовірнісного діагностування, які мають можливість накопичувати відповідні реакції для їх подальшого аналізу за допомогою ЕОМ.

Слід відзначити високу ефективність реалізації безсловникових процедур засобами тестового комбінованого діагностування, які передбачають можливість використання для подання тестових впливів на об'єкт діагностування та зняття його відповідних реакцій як з контактів зовнішніх крайових з'єднувачів, так і внутрішніх контрольних точок (за умови їх доступності). Це дозволяє значно звужувати коло підозрюваних на несправність елементів за рахунок можливості спостереження характеру змін внутрішніх сигналів об'єкта діагностування.

Розглянемо методику реалізації безсловникових процедур діагностування цифрових пристроїв.

Загалом процес діагностування з використанням безсловникових процедур складається з двох етапів.

Основним завданням першого етапу є скорочення числа підозрюваних на несправність компонентів. В загальному до підозрюваних можна віднести всі компоненти несправного пристрою. Процедура скорочення ґрунтується на твердженні, що несправними можуть бути лише ті компоненти, в яких змінюються значення вхідних сигналів в результаті подання на пристрій тест-вектора, який призвів до прояву несправності (про прояв несправності свідчить отримання відповідної реакції з значенням, відмінним від еталонного, яке визначається для справного об'єкта діагностування). Зрозуміло, що в число підозрюваних компонентів можуть попасти також справні або взагалі всі без виключення компоненти пристрою. Логічним можна вважати припущення, що на досить довгій послідовності такі переходи, найімовірніше за все, зустрінуться багато разів, і для певної їх кількості деякі компоненти цифрового пристрою не будуть попадати до числа підозрюваних на

несправність. Це дозволить поступово виконати звуження множини підозрюваних на несправність елементів. “ступінь підозрюваності” компонента на наявність несправності за результатами першого етапу реалізації безсловникових процедур діагностування цифрових пристроїв можна розглядати як число попадань компонента до множини підозрюваних на несправність. Для обчислення “ступеня підозрюваності” може використовуватись співставлення з кожним компонентом програмного лічильника, значення якого збільшується на одиницю при кожному попаданні компонента до множини підозрюваних на несправність (цей спосіб використовується в наведених нижче алгоритмах).

в деяких випадках виконання першого етапу є достатнім для визначення несправного компонента. Це характерно для випадків, коли множина підозрюваних на несправність компонентів складається з одного елемента або “ступінь підозрюваності” на несправність одного компонента перевищує відповідний показник інших компонентів на значення, достатнє для признання його несправним.

якщо за результатами першого етапу реалізації безсловникових процедур діагностування цифрових пристроїв неможливо визначити несправний компонент, відбувається перехід до виконання другого етапу.

На другому етапі за допомогою моделювання проводиться перевірка гіпотез про несправність підозрюваних компонентів. Ця перевірка проводиться шляхом почергової підстановки в модель об'єкта діагностування моделей несправностей компонентів. На модифікованій таким чином моделі об'єкта виконується емуляція процесу подання тестової послідовності на цифровий пристрій з обчисленням характерних значень відповідних реакцій. У випадку, коли розраховані значення відповідних реакцій співпадають з отриманими при виконанні першого етапу (реальними реакціями), робиться висновок про відповідність наведеної моделі з несправним компонентом реальній схемі. Інакше продовжується процес підстановки моделей несправностей компонента. Компонент виключається зі списку підозрюваних на несправність, якщо жодна з моделей його несправних станів не відповідає дійсності.

Для практичної реалізації наведеної методики можуть бути використані алгоритм 1 (для реалізації першого етапу) та алгоритм 2 (для реалізації другого етапу).

Алгоритм 1.

- 1.1. Визначити тестову послідовність X для реалізації процесу діагностування об'єкта та множину еталонних значень відповідних реакцій Y^m .
- 1.2. Сформувати одномірний масив L розмірності n (n – кількість компонентів об'єкта діагностування) з нульовими вихідними значеннями елементів.
- 1.3. Поставити у відповідність кожному компоненту об'єкта діагностування елемент масиву L .
- 1.4. Подати на входи об'єкта діагностування тестові впливи та зняти з контрольних точок відповідні реакції.
- 1.5. Якщо значення отриманих сигналів відповідних реакцій об'єкта діагностування співпадають з еталонними, перейти до п.1.12.
- 1.6. Виконати моделювання роботи об'єкта діагностування та визначити компоненти, які приймали участь у формуванні сигналів відповідних реакцій, значення яких не співпадає з еталонними.
- 1.7. Прийняти значення змінної I рівним 1.
- 1.8. Якщо I -тий компонент об'єкта діагностування не брав участі в формуванні сигналів відповідних реакцій, значення яких не співпадає з еталонними, перейти до п.1.10.
- 1.9. Збільшити значення I -того елемента масиву L на 1.
- 1.10. Збільшити значення змінної I на 1.
- 1.11. Якщо I менше або дорівнює n , перейти до п.1.8.
- 1.12. Якщо тестова послідовність X вміщує тестові впливи, які ще не подавалися на об'єкт діагностування, перейти до п.1.4.
- 1.13. Якщо значення всіх елементів масиву L дорівнює 0, перейти до п.1.16.
- 1.14. Передати накопичену інформацію для реалізації алгоритму 2.

- 1.15. Перейти до п.1.17.
- 1.16. Встановити діагноз “об’єкт діагностування працездатний”.
- 1.17. Кінець алгоритму.

Алгоритм 2.

- 2.1. Прийняти значення змінної I рівним номеру елемента масиву L , який має найбільше значення і не розглядався раніше в процесі моделювання несправностей.
- 2.2. Для I -того компонента задати множину моделей можливих несправних станів компонента M . $|M|=k$.
- 2.3. Прийняти значення змінної J рівним 1.
- 2.4. В моделі об’єкта діагностування замінити модель I -того елемента J -тою моделлю його несправної роботи.
- 2.5. На отриману модель подати множину тестових впливів X .
- 2.6. Якщо отримані відповідні реакції співпадають з Y^P – реальними відповідними реакціями об’єкта діагностування, перейти до п. 2.12.
- 2.7. Збільшити значення змінної J на 1.
- 2.8. Якщо J менше або дорівнює k , перейти до п. 2.4.
- 2.9. Якщо в масиві L є ненульові елементи, які не розглядалися раніше в процесі моделювання несправностей, перейти до п. 2.1.
- 2.10. Передати накопичену інформацію експерту для встановлення діагнозу або визначення подальшого ходу тестових випробувань об’єкта діагностування.
- 2.11. Перейти до п.2.13.
- 2.12. Встановити діагноз « I -й компонент має несправність, яка визначається j -тою моделлю».
- 2.13. Кінець алгоритму.

Наведені алгоритми відзначаються простотою і можуть бути легко реалізовані з використанням універсальної цифрової ЕОМ. Запропоноване використання безсловникових процедур пошуку несправностей дозволяє усувати ускладнення пов’язані з діагностуванням складних цифрових пристроїв.

Література

1. Кльоц Ю. П., Савченко Ю. Г., Чешун В.М. Аналіз переваг використання безсловникових процедур діагностування цифрових пристроїв //Вісник ТУП.- 2000.- №6.
2. Локазюк В.Н., Карякин В.А. Комбинированное диагностирование и надежность вычислительных устройств. - Хмельницкий: "Поділля", 1994.-148 с.

Надійшла 1. 1. 2001 р.

УДК 004.891.3

О.В. ПОМОРОВА

Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький)

КОМБІНОВАНА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКСПЕРТНА МОДЕЛЬ ЯК ЗАСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИСТРОЇВ І СИСТЕМ

В статті запропонована комбінована функціонально-експертна модель мікропроцесорних пристроїв. Модель базується на комбінації моделей з частково невідомими компонентами і доповнюється за рахунок експертних знань. Модель призначена для використання в експертних системах технічного діагностування мікропроцесорних пристроїв і систем.

In the article combined functional-expert model of microprocessor's devices as unit under test was proposed. The model based on the models with particulate obscure components and supplemented at the expense of expert knowledge. Model is intended for using in microprocessor's devices diagnosis systems.

Вступ. На сьогодні підвищений інтерес викликає можливість використання штучного інтелекту (ШІ), зокрема експертних систем (ЕС) в галузі діагностування МПП. Знання і досвід спеціалістів даної галузі відіграють важливу роль як на етапі проектування компонентів МПП – НВІС, так і на етапі експлуатації, в зв'язку з тим, що в документації приводиться лише загальна структура та поведінка компонентів МПП, а дані про детальну структуру компонентів відсутні.

Виходячи з методології тестового діагностування МПП, запропонованої в [1], цінним і необхідним є створення та постійне поповнення баз знань, де зібрано досвід спеціалістів про різні методи контролю та діагностування МПП.

Комбінована функціонально-експертна модель. Класичними моделями для опису мікропроцесорних пристроїв (МПП) як об'єктів діагностування є моделі вентиляного, автоматного, структурного, функціонального, алгоритмічного рівнів, моделі на рівні регістрових передач та ін.[2]. Кожна з них дозволяє описувати достатньо складні пристрої, але жодна окремо взята модель не відображає в комплексі всі необхідні для діагностування характеристики МПП.

Особливості діагностування МПП, як задачі важкоформалізованої [3], виправдовують розробку ЕС для їх вирішення. Важливими чинниками при розробці ЕС є можливість роботи з неповною або неперевіреною інформацією і постійний розвиток та вдосконалення баз знань.

Для покращення опису, більш точного відображення характеристик МПП, врахування багатоаспектності знань про об'єкт діагностування запропонована комбінована функціонально-експертна модель (КФЕМ).

КФЕМ являє собою взаємозв'язану комбінацію уточнених моделей МПП різних ієрархічних рівнів з частково невідомими компонентами. Основними складовими для формування КФЕМ є моделі МПП з частково невідомими компонентами та база знань ЕС.

Модель МПП з частково невідомими компонентами.

Це можуть бути моделі вентиляного, структурного, функціонального, алгоритмічного та інших рівнів. Їх кількість та рівень залежать від задачі діагностування, яку має вирішувати ЕС. та від наявної інформації про конкретний МПП. Моделі можуть мати невідомі компоненти, котрі будуть встановлюватися за допомогою експертних знань.

Загалом, модель МПП представимо у вигляді $M_k = \langle X, Y, G_k \rangle$, де X і Y відповідно множини входів і виходів МПП, G_k - відповідна схема МПП (принципова, структурна, функціональна і т.д.), що задається у вигляді орієнтованого графа, в якому задається множина вершин V і відображення Γ множини V в V , яке показує, як зв'язані між собою вершини $G_k = (V, \Gamma)$, $\Gamma(v_i) = S$, $S \subset V$ [4]. В залежності від конкретного змісту моделі, кожному елементу графа ставляться у відповідність параметри, котрі вказують кількісні характеристики зв'язків, відображуваних графом. Вершинами графа можуть бути логічні елементи структури, якщо це модель вентиляного рівня, функціональні вузли, якщо це модель структурного або функціонального рівня, операторні і предикатні вершини для алгоритмічного рівня і т.д. Ребра вказують

характер зв'язків між вершинами, наприклад - передача даних або керуючих сигналів. Для підвищення ефективності машинного опрацювання моделей кожному графу G можна поставити у відповідність матрицю суміжності $A_k = \|a_{ij}\|$, де a_{ij} приймає значення 1 у випадку існування дуги (зв'язку) (v_i, v_j) і 0 у випадку її відсутності, та матрицю вагових коефіцієнтів $P_k = \|p_{ij}\|$, де p_{ij} - вага дуги, яка зв'язує вершини i та j . У матрицях i, j - відповідно номер рядка і стовпця.

При нестачі інформації для побудови моделі МПП граф G_k може містити вершини V' і дуги Γ' , які відображають групи елементів або вузлів у вигляді "чорного ящика", де характер зв'язків невідомий. Модель МПП може також містити X' і Y' - відповідно множини невизначених входів і виходів. МПП з частково невідомими компонентами представляється у вигляді $M'_k = \langle X, X', Y, Y', G'_k \rangle$, де $G'_k = \langle V, V', \Gamma, \Gamma' \rangle$, де $\Gamma(v_i) = S$, $S \subset V$, а V' і Γ' - невідомі. При цьому отримуємо матрицю суміжності $A'_k = \|a'_{ij}\|$ і матрицю вагових коефіцієнтів $P'_k = \|p'_{ij}\|$.

На основі моделі МПП як об'єкта діагностування з частково невідомими компонентами та експертних знань про МПП, котрі містяться в локальних базах знань (ЛБЗ), будується уточнена модель МПП. Якщо в класичних випадках a_{ij} може приймати тільки значення 0 або 1, то при уточненні моделі МПП з частково невідомими компонентами a_{ij} може приймати значення з діапазону $[0, 1]$, котрі відповідають експертній оцінці ступеня зв'язку між даними вершинами. Оцінка ступеня зв'язку між вершинами базується на нечіткій логіці і експертних знаннях. Таким чином, в процесі уточнення моделі МПП ми отримуємо матрицю нечітких відношень суміжності $\tilde{A}_k = \|\tilde{a}_{ij}\|$. Аналогічно це стосується і матриці вагових коефіцієнтів. У випадку існування в локальній базі знань експертних оцінок значень \tilde{p}_{ij} , або можливості знаходження цих значень за допомогою нечіткої логіки, отримуємо матрицю нечітких значень вагових коефіцієнтів $\tilde{P}_k = \|\tilde{p}_{ij}\|$. Матриці \tilde{A}_k і \tilde{P}_k задають граф \tilde{G}_k , котрий відображає відповідну схему уточненої моделі МПП.

База знань експертної системи складається з:

- блоку загальних знань про МПП (БЗ1). У ньому зберігаються загальні принципи, правила і закони проектування МПП, моделі базових елементів (що дозволить прискорити процес опрацювання даних), ієрархія моделей опису МПП;
- блоку загальних знань про конкретні МПП (БЗ2). Містить знання експертів про структуру та поведінку конкретних МПП (знання, котрі не можна розподілити по локальних БЗ).
- локальних баз знань (ЛБЗ1 - ЛБЗк). Їх кількість може змінюватись в залежності від кількості можливих моделей МПП та від функцій і вимог ЕС. Кожна з них містить експертні знання, котрі стосуються конкретної моделі опису МПП.

Ефективність роботи ЕС залежить від якості і кількості наявних в ній експертних знань та від стратегії їх використання. Розширення бази знань ЕС приводить до збільшення простору пошуку і знижує ефективність роботи ЕС, тому, у даному випадку, знання розподіляються по локальних базах знань. Використання на початкових етапах побудови КФЕМ декількох моделей представлення ОД і експертних знань підвищує потужність системи і дає можливість подолати такі труднощі:

- при переході від однієї моделі представлення ОД до іншої з'являється можливість долати безвихідні ситуації, котрі виникають внаслідок нестачі інформації про ОД у даній моделі;
- використання декількох моделей у ряді випадків забезпечує знаходження параметрів однієї моделі за рахунок іншої і зменшує ймовірність втрати вирішення задачі;

- використання експертних знань на етапі уточнення моделей з частково невідомими компонентами і на етапі побудови КФЕМ дає можливість максимально доповнити моделі і використати всю наявну інформацію про ОД, а також дозволяє системі вчасно справитися з неточністю і помилковістю даних.

Для забезпечення гнучкості системи спосіб представлення даних про об'єкти діагностування у всіх локальних базах знань однаковий.

На даний час, виходячи з особливостей задачі діагностування МПП [2], в якості засобу представлення знань використовується мережа фреймів (структур даних для представлення деяких стандартних ситуацій) [5]. Такий вибір зумовлений схожістю з об'єктно-орієнтованою моделлю даних. Для реалізації правил-продукцій з допомогою мережі фреймів використано об'єктно-орієнтований підхід: об'єкт-фрейм має у своєму складі методи-процедури.

Використання декількох моделей опису ОД потребує метазнань про створення й об'єднання різних точок зору. Розподіл знань за областями (створення локальних БЗ) дозволяє зробити систему розподіленою. Інформація про структуру розподіленої системи зберігається в БЗ кожного вузла в вигляді фрейма, що описує поняття і має у своєму складі фрейм-процедуру, який бере з опису дані і активізує відповідну область системи. При цьому для забезпечення гнучкості роботи системи з локальними базами знань кожна з них має фрейми, котрі відповідають поняттям з інших БЗ.

Після одержання уточнених моделей \tilde{G}_k , в залежності від постановки задачі, проводиться їх комплексний аналіз на предмет:

а) ієрархічності на рівні одержаних моделей, тобто, чи не відображаються вузли однієї моделі на більш детальному рівні іншими моделями;

б) чи не існує між моделями інших взаємозв'язків, котрі дозволять оцінити параметри моделей.

В процесі аналізу формуються матриці функціонально-експертних відношень між моделями і моделі доповнюються знаннями із блоку БЗ2.

Матриці функціонально-експертних відношень між моделями.

Відношення між моделями задаються у вигляді матриць $\tilde{L}_{(G_{k-1}, G_k)} = \left\| \tilde{l}(i_{g_{k-1}}, j_{g_k}) \right\|$, де стрічки і стовпці матриці відображають відповідно елементи моделей \tilde{G}_{k-1} і \tilde{G}_k . Наприклад, якщо між елементами моделей \tilde{G}_{k-1} і \tilde{G}_k виявлені взаємозв'язки або вони еквівалентні, то в точці перетину відповідних елементів ставиться елемент $\tilde{l}(i_{g_{k-1}}, j_{g_k})$. В залежності від виду взаємозв'язків, елемент $\tilde{l}(i_{g_{k-1}}, j_{g_k})$ може бути функцією впливу елемента моделі \tilde{G}_{k-1} на елемент моделі \tilde{G}_k або вказувати ступінь впевненості в наявності еквівалентності елементів моделей і приймати значення з діапазону]0,1]. Якщо між елементами моделей не виявлено взаємозв'язків і еквівалентності, то в точці їх перетину ставиться 0.

Ієрархічність на рівні одержаних моделей.

Якщо виявлені випадки відображення вузлів однієї моделі на більш детальному рівні іншими моделями, то з'являється можливість для знаходження або уточнення значень параметрів вузлів. Для цього використовуються класичні обчислювальні методи, наприклад, багаторівневий метод Ньютона [6] і експертні знання із БЗ1 і БЗ2.

В результаті проведеного аналізу уточнених моделей з частково невідомими компонентами та доповнення їх за рахунок експертних знань і нечіткої логіки отримуємо комбіновану функціонально-експертну модель, котра відображається за допомогою матриць функціонально-експертних відношень

$$\tilde{L}_{(G_{k-1}, G_k)} = \left\| \tilde{l}(i_{g_{k-1}}, j_{g_k}) \right\|.$$

Достовірність КФЕМ, як і достовірність уточнених моделей, перевіряється за допомогою загальних правил із бази знань (БЗ1).

В залежності від баз знань та комбінації вихідних моделей, КФЕМ дозволяє здійснювати діагностування та контроль МПП при неповній та нечіткій інформації про ОД.

Висновок. Запропонована комбінована функціонально-експертна модель мікропроцесорних пристроїв. Модель базується на комбінації моделей з частково невідомими компонентами, що доповнюються за рахунок експертних знань, і призначена для використання в експертних системах технічного діагностування МПП. Використання на початкових етапах побудови КФЕМ декількох моделей представлення ОД і експертних знань підвищує ефективність тестового діагностування МПП і дає можливість подолати ряд труднощів при вирішенні поставлених задач.

Література

1. Локазюк В.М. Проблеми та методологія контролю і діагностування сучасних мікропроцесорних пристроїв та систем // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2000. - №2.
2. Локазюк В.М. Контроль і діагностування обчислювальних пристроїв та систем : навч. посібник для вузів. - Хмельницький: ТУП, 1996 - 175с.
3. Поморова О.В. Підвищення ефективності тестового комбінованого діагностування цифрових пристроїв на основі застосування експертних систем // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1999. - №4. - с.111-113.
4. Васильев В. В., Ралдугин Е. А. Электронные модели задач на графах. – К.: Наукова думка, 1987. – 152 с.
5. Минский М. Психология машинного зрения. - М.: Мир, 1978.
6. Проектирование СБИС: Пер. с япон./Ватанабэ М., Асада К., Кани К., Оцуки Т. - М: Мир, 1988. - 304с

Надійшла 28. 11. 2000 р.

УДК 004.3:004.891.3

ЧОРНЕНЬКИЙ В.І., ЧЕШУН В.М.

Технологічний університет Поділля

РЕАЛІЗАЦІЯ ПОЛІХОТОНОМІЧНИХ ПРОЦЕДУР ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ ШТУЧНИМИ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ

В статті запропоновано методика реалізації умовних алгоритмів діагностування, які можуть бути відображені у вигляді поліхотомічного дерева, за допомогою штучних нейронних мереж.

In the article it is offered a technique of implementation of conditional algorithms of diagnosing, which one can be echoed by the way of polihotonomical arbor, with the help of artificial neural networks.

Стрімкий розвиток обчислювальних пристроїв та систем визначає високі вимоги до показників їх надійності. Поряд з багатьма іншими факторами, велике значення для забезпечення безвідмовної роботи засобів обчислювальної техніки має реалізація якісного контролю та діагностування на різних етапах її виробництва та експлуатації.

Якість реалізації процесів контролю та діагностування обчислювальних пристроїв та систем залежить від ефективності технічних засобів діагностування. Взагалі, ефективність технічних засобів діагностування оцінюється двома показниками: можливістю забезпечення необхідної глибини діагностування та собівартістю процесу діагностування. Можливість забезпечення необхідної глибини діагностування інакше може інтерпретуватись як здатність технічних засобів діагностування виявляти наявні в об'єкті несправності та вказувати місце їх виникнення з точністю до певного визначеного рівня структурних одиниць об'єкта діагностування (ОД). Цей показник забезпечується за рахунок вибору методу діагностування з відповідними можливостями та забезпечення можливості його практичної реалізації програмно-апаратними засобами діагностування.

Собівартість процесу діагностування визначається безпосередньо вартістю технічних засобів діагностування та їх продуктивністю, тобто витратами часу на діагностування одного виробу. При серійному випуску обчислювальної техніки витрати на технічні засоби діагностування та їх обслуговування складають відносно невелику частку в собівартості виробів, що робить актуальним вирішення задачі підвищення продуктивності процесу діагностування за рахунок скорочення його тривалості (без зменшення показників якості).

Дослідження особливостей сучасних цифрових обчислювальних пристроїв та систем як об'єктів діагностування дозволяє дійти висновку, що для них характерне масове використання компонентів великого та надвеликого ступеня інтеграції. Ця особливість зумовлює складність внутрішньої структури елементної бази сучасної обчислювальної техніки поряд з обмеженням доступних в процесі діагностування контрольних точок, що, в свою чергу, призводить до збільшення кількості можливих несправностей інтегральних компонентів та необхідності подання на об'єкт діагностування послідовностей тест-векторів великої довжини для підтвердження або спростування гіпотези про наявність кожної шуканої несправності.

З іншого боку, сучасний етап розвитку засобів обчислювальної техніки характеризується постійним підвищенням робочої частоти цифрових вузлів, що призводить до збільшення питомої ваги несправностей динамічного типу, які можуть призводити до неприпустимих затримок сигналів та виникнення явища "гонок" сигналів [1]. Особливістю реалізації процесу діагностування з пошуком несправностей динамічного типу є необхідність подання тестових впливів та зняття відповідних реакцій на частотах, наближених до максимальних робочих частот об'єкта діагностування або навіть що перевищують їх. Звідси постають відповідні вимоги до технічного забезпечення процесу діагностування.

Зупинимось на розгляді методів діагностування. Вони поділяються на імовірнісні та детерміновані. Імовірнісні методи відрізняються простотою реалізації, але не гарантують повного покриття тестовою послідовністю всіх несправностей ОД. Крім того, довжина тестової послідовності, яка подається на об'єкт діагностування при використанні імовірнісного підходу, значно перевищує відповідний показник для детермінованих методів, що впливає на тривалість процесу діагностування.

Детерміновані методи діагностування складніші в своїй реалізації, але забезпечують більшу достовірність результату. Загалом процес діагностування детермінованими методами можна поділити на два етапи: етап контролю працездатності об'єкта діагностування та етап визначення місця і типу несправності (стану об'єкта діагностування) за умови визнання ОД непрацездатним. Взагалі, процес діагностування на обох етапах зводиться до подання на об'єкт діагностування певної послідовності тест-векторів з необхідними перевіряючими здібностями та зняття векторів відповідних реакцій, на підставі порівняння яких з певними еталонними значеннями виконується звуження множини можливих станів об'єкта діагностування та вибір наступного блоку тест-векторів для подання на об'єкт. Процес повторюється до отримання множини з одного елемента, тобто до ідентифікації відповідного стану об'єкта діагностування. Така послідовність дій в [2] визначається як реалізація умовного алгоритму діагностування і дозволяє досягти потрібного результату проведенням відносно невеликої в порівнянні з іншими підходами кількості тестових перевірок ОД.

В більшості випадків аналіз відповідних реакцій об'єкта діагностування виконується на програмному рівні з використанням ЕОМ. Це зумовлює необхідність реалізації процесів передачі накопичених відповідних

реакцій в ЕОМ та їх обробки. Тривалість зазначених процесів в більшості випадків багатократно перевищує тривалість тестових випробувань об'єкта діагностування. Крім того, при пошуку несправностей динамічного типу втрачається можливість вибору блоків тест-векторів з врахуванням результатів попередніх випробувань на максимальних робочих частотах.

Зазначені недоліки призвели до виникнення апаратних засобів реалізації умовних алгоритмів діагностування. Взагалі, принцип дії таких засобів може бути проілюстрований дихотомічним деревом (рис. 1). Для наочності на рис. 1 окрім блоків тест-векторів (круглі вершини дерева), які подаються на ОД, наведено також характер розподілу вихідної множини можливих станів об'єкта на підмножини на кожному етапі (прямокутні вершини дерева).

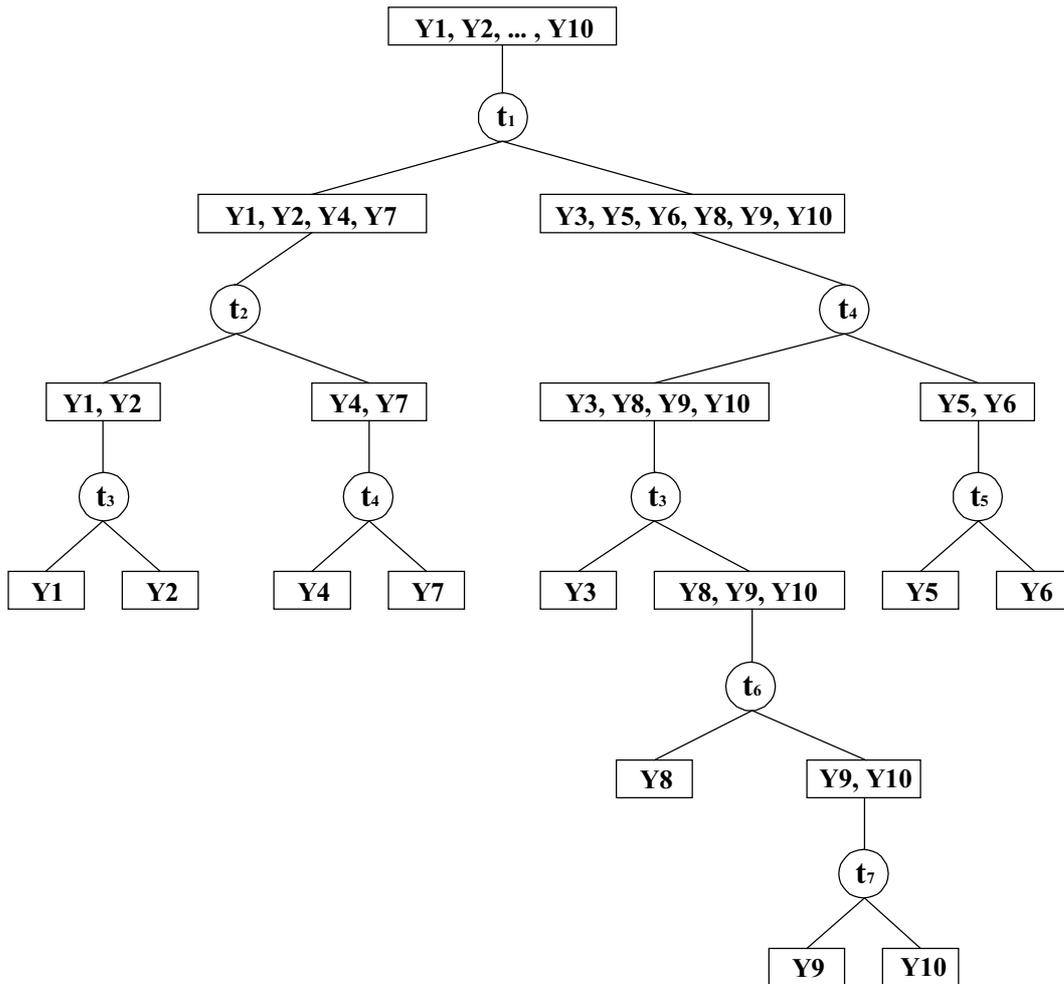


Рис.1. Дихотомічне дерево

При реалізації процесу діагностування за дихотомічним деревом на входи об'єкта діагностування подається певний блок тест-векторів t_i , який дозволяє (за значеннями отриманих відповідних реакцій) спростувати гіпотезу про можливість знаходження ОД в певних станах, які попередньо вважалися можливими. Таким чином вихідна множина можливих станів об'єкта діагностування розподіляється на дві підмножини: перша складається з станів, в яких він може знаходитись при співпаданні отриманих значень відповідних реакцій з еталонними, а елементи другої – стани, в яких може знаходитись ОД при неспівпаданні цих значень. Підмножина, яка визначається за відповідними реакціями об'єкта діагностування як множина можливих станів, виступає в якості вихідної множини при виборі наступного блока тест-векторів для подання на об'єкт діагностування.

Фактично, при розбитті множини можливих станів об'єкта діагностування на дві частини відбувається лише порівняння значень відповідних реакцій з еталонними на співпадання або неспівпадання.

Аналіз особливостей реалізації умовних алгоритмів діагностування дозволяє дійти висновку, що при такому підході інформація, яку можуть надати відповідні реакції об'єкта діагностування, використовується неповністю. В більшості випадків підмножина станів, в яких може знаходитись об'єкт при неспівпаданні еталонних та отриманих значень відповідних реакцій, на підставі детального аналізу значень фактичних реакцій може бути розподілена на декілька підмножин без проведення додаткових тестових випробувань ОД. Це може бути проілюстровано поліхотономічним деревом (рис. 2).

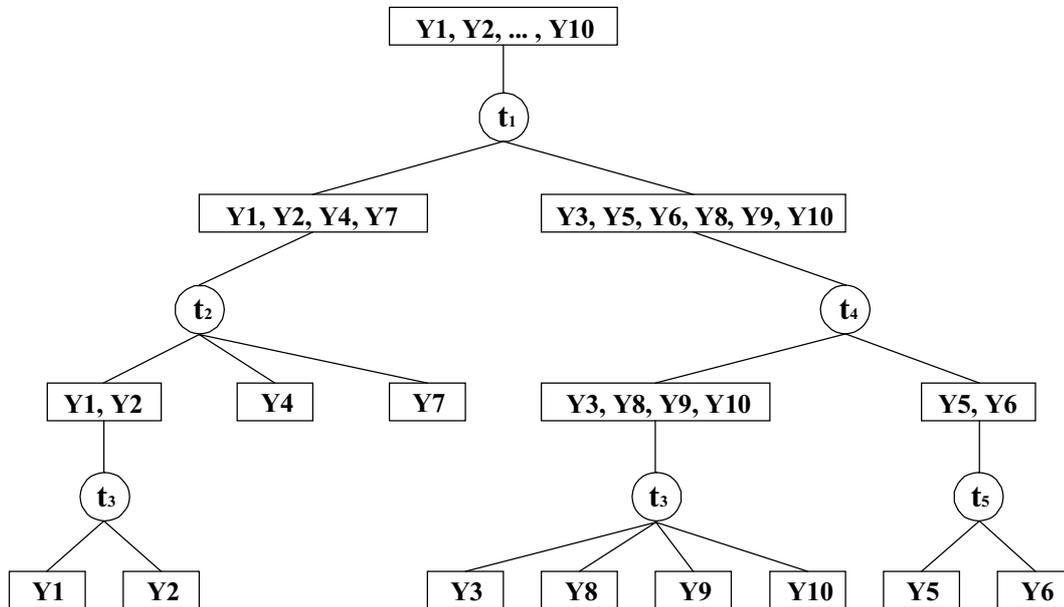


Рис.2. Поліхотономічне дерево

Як видно з малюнку, такий підхід зменшує довжину окремих гілок дерева, що може зменшити кількість необхідних для встановлення діагнозу тестових випробувань і скоротити тривалість процесу діагностування.

Цей процес досить легко реалізується програмними засобами шляхом порівняння отриманих відповідних реакцій з різними можливими значеннями, але програмна реалізація позбавляє можливості виконання процесу діагностування на максимальних робочих частотах і значно збільшує його тривалість.

Дослідження можливостей реалізації умовних алгоритмів діагностування з виконанням аналізу особливостей отриманих відповідних реакцій дозволило дійти висновку про ефективність використання для реалізації цього процесу штучних нейронних мереж.

Запропонована методика використання штучних нейронних мереж для реалізації умовних алгоритмів діагностування з врахуванням особливостей відповідних реакцій узагальнено може бути описана таким чином.

Початково штучна нейронна мережа навчається на тестовій послідовності, призначеній для контролю працездатності об'єкта діагностування. Вхідними даними при навчанні слугують значення тест-векторів, які повинні подаватися на ОД, та еталонні значення відповідних реакцій (останні можуть отримуватись з справного аналога об'єкта діагностування або шляхом моделювання його роботи). Штучна нейронна мережа навчається таким чином, щоб при надходженні на її входи відповідної реакції, значення якої співпадає з еталонним, на виходах з'являлося значення тест-вектора, який необхідно подати на ОД наступним (використовується методика навчання з вчителем). В іншому випадку мережа повинна видати сигнал отримання невідомої відповідної реакції, за яким система діагностування перериває процес випробувань ОД для донавчання мережі. Значення сигналів тестових впливів, які подаються на об'єкт діагностування, рекомендується залишати незмінними для збереження його поточного стану.

Донавчання штучної нейронної мережі виконується на підставі аналізу накопичених відповідних реакцій експертом. Фактично мережі сповіщаються відомості про те, як в майбутньому продовжувати процес тестових випробувань при надходженні аналогічної відповідної реакції при виконанні цього етапу алгоритму діагностування. Таким чином початково закладений в штучну нейронну мережу алгоритм контролю

працездатності об'єкта діагностування перетворюється в алгоритм діагностування. При цьому мережа сама видає запит на донавчання при виникненні незнайомої ситуації.

Процес тестових випробувань може бути завершено також у випадку подання на об'єкт діагностування повної послідовності тест-векторів, визначеної певною гілкою алгоритма діагностування. При цьому формується відповідний сигнал досягнення кінця алгоритму. Таке завершення фактично повинне визначати ідентифікацію стану ОД. Класифікацію стану об'єкта діагностування можна виконати, проаналізувавши накопичені відповідні реакції, або на підставі аналізу поточного стану мережі. При необхідності, штучна нейронна мережа може бути навчена самостійно видавати співставлений визначеному стану об'єкта діагностування код, але це призведе до певного збільшення її розмірів.

На нашу думку, організована за наведеною методикою штучна нейронна мережа має наступні позитивні риси, які зумовлюють перспективність її використання:

- 1) простота початкового навчання і наступного донавчання;
- 2) здатність самостійно формувати в разі виникнення потреби запити на донавчання;
- 3) скорочення часу діагностування за рахунок апаратної реалізації всіх основних функцій та скорочення тестової послідовності з урахуванням особливостей отриманих відповідних реакцій (реалізації поліхотономічних процедур діагностування);
- 4) можливість апаратної реалізації умовних алгоритмів діагностування цифрових пристроїв на максимальних робочих частотах об'єкта діагностування.

Література

1. Локазюк В.Н., Карякин В.А. Комбинированное диагностирование и надежность вычислительных устройств. – Хмельницкий: Поділля, 1994. – 148с.
2. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В.Клюев, П.П.Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др./ Под общ. ред. В.В. Клюева.- М.: Машиностроение, 1989.- 672 с.

Надійшла 12. 12. 2000 р.

УДК 004.052.42:004.725

Ю.В.ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ
Технологічний університет Поділля

ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ КАБЕЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Розглянуто основні засоби діагностування кабельного середовища комп'ютерних мереж. До них в першу чергу відносяться різновидності кабельних тестерів. Проаналізовано стан кабельного середовища від виду сигналу та категорії кабеля. Розглянуто деякі підходи та методики при впровадженні та експлуатації кабельних середовищ комп'ютерних мереж.

Однією з найбільш поширених причин виникнення несправностей у комп'ютерних мережах є неякісне кабельне середовище, тому потребує ретельних та акуратних процедур діагностики, моніторингу й обслуговування, як і інші системи та елементи комп'ютерної мережі.

Кабельне середовище служать для передачі даних між користувачами, серверами, принтерами, комутаторами й маршрутизаторами в комп'ютерній мережі. Якщо кабельне середовище не справляється з передачею потоку даних, це може призвести до повної відмови мережі.

Перевірка кабельного середовища здійснюється на фізичному рівні еталонної моделі OSI (Open System Interconnection). Фізичний рівень моделі визначає передачу бітів у носії, а його стандарти описують електричні характеристики сигналу, кабеля, контактів та фізичних характеристик з'єднувачів. Поширеним типом кабельного середовища є UTP (неекранована звита пара) категорій 3,4,5, які підтримують трафік від 10 до 100 Мбіт/с у різних типах комп'ютерних мережах.

Для ефективного контролю якості передачі по мережному середовищі найбільш часто використовується такий інструмент як кабельний тестер. Своєчасна перевірка за допомогою такого пристрою допомагає звести до мінімуму час простою мережі і значно пом'якшує негативний ефект, коли виникають несправності в кабельному середовищі. Більшість кабельних тестерів, таких як DSP-100 фірми Fluke, виконують перевірку кабельного середовища на відповідність вимогам передачі даних. Деякі тестери дозволяють перевіряти інші кабельні середовища, такі як багатомодовий і одномодовий волокно-оптичний кабель, а також тонкий і товстий коаксіальний. Перевірка інших рівнів вище фізичного[1], таких як каналний і більш високі рівні, відбувається за допомогою аналізаторів протоколів.

При реалізації комп'ютерної мережі кабельні середовища перевіряють відразу після їхньої прокладки згідно структури мережі. Це зводить до мінімуму несправності, із якими мережа може зіткнутися в майбутньому. Подібні перевірки проводяться не тільки після завершення встановлення мережі, але і періодично в ході експлуатації. Несправності кабельного середовища в яких механічні елементи, такі як кабелі, з'єднувачі і стінні розетки, виходять із ладу частіше, чим активні електронні пристрої, наприклад, мережні адаптери та концентратори досить важко розпізнати за допомогою відомих тестових методів діагностування. При монтажі кабельного середовища та з'єднувачів персонал може зробити малопомітні дефекти, які потім дуже важко виявити (неякісне з'єднання, недопустимий згин кабеля та інші).

Відомо, що близько 85% несправностей у кабельному середовищі й з'єднувачах викликані дефектами встановлення, а не самого виробу[2]. Дефекти у встановленні кабельного середовища можуть бути самого різного класу. Такі дефекти можуть призвести як до серйозного, так і до незначного зниження працездатності мережі (у залежності від того, який саме кабель, робочої станції або серверний, був ушкоджений або невірно встановлений).

Несправності, що періодично виявляються ("плаваючі" несправності), викликані, як правило, неправильним зрощуванням відрізків кабельного середовища, неякісним підключенням з'єднувачів, відсутністю кінцевого навантаження й корозією кабеля. Кабельне середовище буде передавати енергію сигналу поки його хвильовий опір залишається незмінним. Якщо ж сигнал зустрічається з різкою зміною хвильового опору, то відбувається його відбиток до джерела. У результаті відбитий сигнал викликає конфлікт із вихідним або з іншим сигналом. Частіше увесь відбиток виникає при відсутності кінцевого навантаження кабеля (термінатори). Кінцеві навантаження поглинають сигнал і розсіюють його у вигляді тепла. В такому випадку кабель представляється для сигналу нескінченно довгою лінією. Якщо ж навантаження відсутнє, то при досягненні сигналом кінця кабеля різниця в повному опорі між кабелем і навколишнім повітрям викликає відбиток. Також відбиток може відбуватися через невірне зрощування сегментів кабеля і неякісного підключення з'єднувачів. Дефекти в кабельному середовищі іноді створюють і надлишкове погонне загасання, у результаті сигнал при досягненні приймального пристрою має потужність нижче необхідної. Така ситуація призводить до зменшення потужності сигналу стосовно шуму, а це спричиняє за собою помилки в передачі.

Тестери для кабельного середовища, що відповідають стандарту TSB-67 (Technical Services Bulletin), ухваленому у жовтні 1995 р. комітетом EIA/TIA 568-A, виконують серію з чотирьох тестів для перевірки правильності встановлення проводки. Кожен із тестів виконує конкретні завдання: цілісність розпайки роз'ємів, довжина кабельного сегменту, погонне та перехідне загасання на ближньому кінці лінії (Near-End Crosstalk,

NEXT). Також може використовуватись додатковий вид тестування кабельного середовища, такий як класифікація пропускну здатності мережі.

Тестування цілісності кабельного середовища дозволяє переконатися, що середовище не має розривів, тобто сигнал проходить через з'єднувачі й кабель. Даний тест дозволяє констатувати, що випадково не був перерізаний кабель. Також у процесі встановлення можна переплутати контакти і під'єднати їх неправильно (проводи повинні з'єднуватися з певними контактами з'єднувачів). Тест розпайки кабеля в роз'ємі перевіряє правильність підключення пар до контактів на обох кінцях кабеля. Його ціль складається у визначенні правильності підключення контактів з'єднувача. Скручування пар кабеля УТР зводить до мінімуму вплив на протікаючий по ним струм наводок від інших пристроїв, що випромінюють електромагнітні хвилі, наприклад, від сусідніх провідників. Наприклад, кабель категорії 5 містить чотири індивідуально закручені пари проводів. Якщо підключення пар до контактів у з'єднувачі типу RJ-xx відбувається не по стандарту, такому як T568A або T568B, то це може призвести до так званого поділу пар. Поділ пар має місце, коли з'єднувач підключається таким чином, що пара складається з проводів двох різних закручених пар. Дана конфігурація забезпечить обмін даними, але вона може визвати некоректну передачу інформації. Незкручена пара схильна надлишковим зовнішнім перешкодам і перехідним перешкодам, а це спричиняє за собою помилки при передачі даних. Кабельні тестери дозволяють виявити такі розділені пари.

Тести по виміру довжини кабеля дають можливість встановити відповідність кабеля обмеженням на відстань, заданим у кабельному стандарті T568B. Кабельні тестери використовують для визначення довжини кабельного середовища пристрій, який має назву "рефлектометр" (Time Domain Reflectometer, TDR). TDR дозволяє виявити також неправильне навантаження й зростки кабеля. TDR визначає довжину кабеля по відбитому сигналу. Підключається TDR до одного кінця кабеля, що перевіряється, і посилає по ньому сигнал, який відбивається в результаті змін у хвильовому опорі (особливо на кінці кабеля), а амплітуда відбитої хвилі відповідає ступеню зміни хвильового опору. TDR фіксує інтервал часу між відправленням і поверненням сигналу, тобто затримку. Далі, виходячи з відомої швидкості сигналу пристрій, обчислює відстань до точки відбитка. Також рефлектор заміряє зміни в імпедансі на відрізку кабеля. На підставі цих змін він здатен установити відповідність довжини каналу вимогам стандарту.

При передачі по кабеля інформаційний сигнал втрачає потужність. Такі втрати називаються погонним загасанням. Для мідного й волокно-оптичного кабеля згасання зростає зі збільшенням довжини кабеля. При надмірному згасанні між джерелом і приймачем електричні шуми й перешкоди призводять до росту числа помилок. Тестування погонного загасання допомагає ідентифікувати такі види несправностей, як виробничі дефекти й корозія.

У багатьох локальних комп'ютерних мережах для переносу інформації між мережними пристроями використовуються цифрові сигнали. Цифровий сигнал містить серію дискретних імпульсів із різноманітним рівнем напруги, що представляють нулі й одиниці. На тимчасовій шкалі, наприклад, і на осцилографі такий сигнал виглядає як постійний струм, наприклад, +5 вольт (логічна одиниця) і -5 вольт (логічний 0). Тим часом різка зміна амплітуди призводить до появи в сигналі компонентів дуже високої частоти. Даний ефект можна спостерігати при вимірі частотних характеристик сигналу за допомогою аналізатора спектра. Крім довжини кабеля величина згасання залежить також від частоти. У більшості кабелів високочастотні сигнали загасають швидше. Таким чином, кабель діє як низькочастотний фільтр, який згладжує різкі перепади цифрового сигналу.

Кабельні тестери визначають загасання, посылаючи серію сигналів із заданим кроком в усьому робочому діапазоні частот. При перевірці кабелів категорії 5 більшість тестерів перевіряють діапазон частот від 1 до 100 МГц із кроком у 1 МГц. Цей процес дозволяє перевірити кабель у тій частині частотного спектра, яка використовується для передачі сигналу. Для кабелів категорії 3 тестується діапазон від 1 до 16 МГц. Якщо на усіх частотах кабель відповідає специфікаціям, то кабельний тестер повідомляє про успішне завершення тестування. У протилежному випадку він показує частоту, на якій кабель не відповідає необхідним специфікаціям. Деякі тестери визначають також величину згасання на одиницю довжини. Кабельні тестери існують як для мідних, так і для волокно-оптичних кабелів. Наприклад, пристрій PentaScanner виробництва

компанії Microtest вимірює загасання для кабеля Категорій 3, 4 і 5, а тестер AMP9100 фірми AMP дозволяє перевірити згасання для одномодового, багатомодового і пластикового волокно-оптичного кабеля.

NEXT характеризує ситуацію, коли сигнал на одному кінці лінії інтерферує зі слабкими зворотними сигналами від одержувача. Виникаючий через різницю потенціалів струм утворюється електронами, що переміщуються в металевому провіднику. Потік електронів створює навколо провідника електромагнітне поле, що викликає потік електронів у сусідній парі кабеля. Такий наведений сигнал називається перехідними перешкодами, або перехресними наводками. Найбільш поширеними причинами перехресних наводок є неправильне розміщення кабеля і недостатнє екранування. Скручування кабеля (як у випадку UTP) забезпечує деяку його стійкість до перехресних наводок і інших перешкод. Кабель типу екранована вита пара і коаксіальний кабель дають ще більш високий ступінь захисту. Тим часом волокно-оптичний кабель зовсім не схильний до впливу перехідних перешкод, оскільки для переносу даних у ньому використовується світло, а не електричний струм. Потік світла в кабелі не створює електромагнітних хвиль, що впливають на сусідні волокна.

Крім перехресних наводок, у мережах можуть виникати електричні шуми. Величина шуму буває настільки значною (щодо рівня сигналу), що призводить до помилок. Причиною таких несправностей у кабельній мережі є гаусів (нормально розподілений) або імпульсний шум. Гаусів шум має майже однорідну амплітуду в усьому спектрі частот і визначається, головним чином, температурними умовами в атмосфері. Імпульсні шуми, як правило, генеруються штучними джерелами світла, такими як вимикачі, електроводонагрівачі й розетки, що іскрять. Подібні шуми дуже короткочасні і породжують лише пакет помилок при передачі. Як і у випадку наводок, зовнішні шуми і перешкоди створюють електромагнітне поле, яке викликає небажаний струм у металевих кабелях.

На різних робочих частотах значення NEXT може змінюватися в широких межах. Тому кабельні тести вимірюють NEXT із невеличким кроком по робочій частоті кабеля. Для кабеля категорії 5 стандарт TSB-67 рекомендує максимальний приріст 0,15 МГц для нижніх частот і 0,25 МГц для верхніх частот (у діапазоні від 1 до 100 МГц). Проведення сотень вимірів неможливо без швидкодіючих приладів.

До таких приладів відноситься ручний кабельний тестер DSP-100, який у необхідній мірі справляється з тестуванням NEXT. У даному пристрої для збільшення швидкості застосовується цифрова обробка сигналів. Це дозволяє робити виміри з частотою, близької до 100 КГц. DSP-100 виконує всі тести для чотирьохпарного кабеля, передбачені специфікаціями TSB-67 менше ніж за 20 секунд. Він не тільки ідентифікує наявність перехресних наводок, але і визначає місцезнаходження їхнього джерела.

Пожежостійкі кабелі, які називаються кабелі "3+1" або "2+2" відповідають вимогам до кабелів категорії 5 у відношенні перехідного й погонного загасання. Проте різниця в покритті призводить до неприйняттого перекосу в затримці поширення між різними парами кабеля. Кабельний тестер, повинен вимірювати такий перекіс затримки, щоб уникнути неточностей у вимірі довжини й інших ускладнень. Кабельні тести обчислюють довжину кабеля по затримці сигналу, перекіс призведе до того, що тестер видасть цілий набір довжин. Наприклад, тестер може повідомити, що чотири пари кабеля "3+1" мають різну довжину: 95, 96, 97 і 105 м. Проблема перекосу затримки більш значна, чим проста розбіжність у вимірах довжини. У деяких високошвидкісних технологіях локальних мереж, таких як 100BaseT4 і 100VG-AnyLAN, використовуються всі чотири пари категорії 5, а сигнал розділяється на декілька частин і посилюється по різних парах, після чого на іншому кінці здійснюється його "складання". Дані стандарти припускають, що по кожній парі сигнал буде приходити в кінцевий пункт через один і той же проміжок часу. Якщо один із компонентів сигналу буде випереджати іншу або відставати від неї, приймальний буфер може некоректно скласти блоки інформації або видасть помилку. Стандарт 100BaseT4 припускає перекіс затримки не більш 50 наносекунд, проте практика показує, що можливо обмежити його 35 наносекундами.

Розробники кабельних тестерів запропонували метод кількісної оцінки (на відміну від простої перевірки відповідності вимогам - "придатний/не придатний") для більш точного визначення якості кабелів категорії 3,4,5. Стандарт TSB-67 був підготовлений з врахуванням "двійкової" форми тестування. Хоча

сьогодні параметри, для прикладу кабелів категорії 5, варіюються в широких межах, особливо це відноситься до продукції різних виробників. Наприклад, кабель одного виробника може ледь задовольняти вимогам TSB-67, у той час як тестування іншого кабеля дає в десятки разів краще співвідношення сигналу й шуму. Кількісна оцінка має декілька переваг. Розробники комп'ютерних мереж можуть відрізнити посередні кабельні середовища від дуже якісних. Ця можливість допомагає виявити кабельне середовище, що буде функціонувати довго й надійно (із низьким рівнем помилок при передачі даних) і зможуть підтримувати більш високопродуктивні програми. Крім того, подібний підхід дозволяє оцінити якість продукції, коли її одержують від різних виробників. Такі дані допомагають оцінити, чи потрібно співробітникам, що встановлюють кабельне середовище, додаткові засоби та час перед виконанням такого завдання.

Кількісна оцінка дозволяє класифікувати лінії категорії 5 за рівнем перехідних перешкод на ближньому кінці (NEXT). Цей метод аналогічний звичайному тестуванню NEXT і складається у вимірі NEXT на різних частотах в усьому робочому діапазоні. Різниця в тому, що на кожній частоті оцінка виробляється на основі діапазону прийнятних значень NEXT (у дБ).

Оскільки процедура діагностування кабельного середовища після прояву несправності буде виконуватися в умовах непрацездатності мережі, то користувачам доведеться тривалий час чекати, поки несправність не усунеться. А такі ситуації як показує практика мають місце. Для того, щоб відновити працездатність комп'ютерної мережі, наприклад, коли якийсь мережний ресурс стає недоступним, в першу чергу використовують програмне забезпечення управління мережею або аналізатори протоколів для ідентифікації тієї частини мережі, де відбулася відмова. Якщо виявиться, що причина криється в кабельному середовищі і з'єднувачах, то високоякісний кабельний тестер може полегшити пошук таких несправностей та більш якісніше та ефективніше реалізувати й обслуговувати комп'ютерні мережі.

Література:

1. Кизуб В.А. Диагностическое обеспечение локальных вычислительных сетей // Автоматика и вычислительная техника. - 1986, №3. - С. 68-74.
2. Локазюк В.М. Контроль і діагностування обчислювальних пристроїв та систем. Навч. посібник для вузів. - Хмельницький: ТУП, 1996.-176 с.

Надійшла 27. 12. 2000 р.

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради ТУП, протоком №7 від 26.01.2001

Підп. До друку 20.02.2001р. Ум. Друк арк. ?. Обл.-вид. Арк. ?

Формат А4, папір офсетний. Ртук різнографією.

Наклад ?, зам № ?

Друк здійснено редакційно-видавничим центром Технологічного Університету Поділля.

(29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1, тел. (382) 72-83-63)