

**Ковбаса В.П., Кадем Алі Ахмед, Калініченко Д.Ю. Розв'язок контактної задачі про взаємодію деформівного привідного колеса з деформівною поверхнею**

Наведено аналітичні залежності для визначення розподілу тиску у зоні контакту деформівного колеса з деформівною поверхнею (грунтом), які отримано з використанням криволінійних інтегралів першого роду, та аналітичні залежності визначення границь контакту, отримані на основі врахування сумарних зміщень тіл, що контактують на границях контакту, які є вихідними для розв'язання контактної задачі взаємодії колеса з поверхнею (грунтом). Отримані функції границь контакту залежать як від прикладених до колеса зусиль, так і від механічних властивостей самого колеса та поверхні. Отримані залежності можуть бути використані у розв'язуванні задач, пов'язаних з експлуатацією, зокрема у проектуванні рушіїв мобільних енергозасобів.

**Ключові слова:** деформівне колесо, деформівна основа, прикладувані сили, розподілені сили, границі контакту.

**Kovbasa V.P., Kadem A.A., Kalinichenko D.Yu. Solution contact tasks on interaction of deformable drive wheels with a deformable surface**

This article discusses the analytical functions of pressure distribution in the contact zone of deformable wheel with a deformable surface (soil), which obtained using curvilinear integrals of the first kind and analytic functions on the definition of the boundaries of the contact area, obtained on the basis of the summary of the contacting bodies offsets on the borders of the contact, which are the source for solving the PIN interplay wheel with the surface. Obtained functions borders contact depend both on a wheel attached to the effort, and the mechanical properties of the wheel and the surface. The received results can be used in case of the solution of tasks connected to maintenance, and in particular design of working tools of forest engineering and other machines.

**Keywords:** strain wheel, base strain, made by force, distributed forces, contact boundary.

## 4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 684.59:532.64

Доц. Л.А. Яремчук, канд. техн. наук;

проф. Б.П. Поберейко, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОТИ АДГЕЗІЇ ОЛІЙНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ДЕРЕВИНІ

Наведено математичну модель для дослідження роботи адгезії олійних композицій на деревинній підкладці. Теоретично визначено час розтікання олійної композиції на деревині. Задано граничні умови термодинамічних параметрів, які описують взаємозв'язок деревини (тверде тіло) з олійною композицією (рідина) на основі закону Гіббса для побудови математичної моделі роботи адгезії. Визначено вплив термодинамічних властивостей деревини та олійної композиції на крайовий кут змочування поверхні. Отримано залежність часу розтікання олійної композиції по поверхні деревини.

**Ключові слова:** математична модель, робота адгезії, адсорбція, олійна композиція, крайовий кут змочування, адсорбент, адсорбат.

**Постановка задачі.** Формування покриттів передбачає адгезійний контакт лакофарбового матеріалу на поверхні деревини, тобто взаємодію рідкої і твердої фаз на межі їх розділу. Адгезія рідини оцінюється роботою ( $W_{ад.}$ ), яку потрібно затратити для відриву деревини від твердої поверхні. Робота адгезії  $W_{ад.}$  характеризується взаємодією двох конденсованих фаз у розрахунку на одиницю площі контакту. За площі контакту  $\omega_{Г.Р.}$  робота  $W_{ад.}$ , затрачена на відділення рідини від твердого тіла, дорівнює різниці вільних поверхневих енергій в кінцевому і початковому станах системи:  $W = (f_{Т.Г.} + f_{Р.Г.} - f_{Т.Р.}) \cdot \omega_{Г.Р.}$ . Якщо припустити, що фази однокомпонентні і вільні поверхневі енергії  $f_{Т.Г.}, f_{Р.Г.}, f_{Т.Р.}$  рівні відповідним поверхневим натягам, то роботу адгезії можна записати термодинамічними величинами, які характеризують контакт фаз, що беруть участь у процесі змочування й є поверхневими натягами

$$W_{ад.} = W / \omega_{Г.Р.} = \sigma_{Т.Г.} + \sigma_{Р.Г.} - \sigma_{Т.Р.} \quad (1)$$

де:  $\sigma_{Т.Г.}$  – поверхневий натяг твердої підкладки;  $\sigma_{Р.Г.}$  – поверхневий натяг рідини;  $\sigma_{Т.Р.}$  – поверхневий натяг взаємодії твердого тіла і рідини.

Залежність крайового кута змочування від поверхневих натягів на межі розділу фаз, що беруть участь у змочуванні, описана рівнянням Юнга

$$\cos \theta_o = \frac{\sigma_{Т.Г.} - \sigma_{Р.Г.}}{\sigma_{Т.Р.}} \quad (2)$$

І значення крайового кута приймалось як єдиний показник адгезії і змочування. Робота адгезії рідини на межі з твердою фазою є різниця між ( $\sigma_{Р.Г.} + \sigma_{Т.Г.}$ ) і поверхневою енергією підкладки  $\sigma_{Т.Р.}$ .

$$W_{ад.} = \sigma_{Р.Г.} + \sigma_{Т.Г.} - \sigma_{Т.Р.} \quad (3)$$

Із врахуванням рівняння (2) роботу адгезії можна записати як

$$W_{ад.} = \sigma_{Р.Г.}(1 + \cos \theta) \quad (4)$$

При нанесенні рідких матеріалів між молекулами рідини виникає взаємодія, яка описується роботою когезії ( $W_{ког.}$ ), яка дорівнює подвійному значенню вільної поверхневої енергії, що утворюється рідкою фазою

$$W_{ког.} = 2\sigma_{P.G.} \quad (5)$$

Підставивши значення роботи адгезії і когезії у рівняння (2), отримаємо

$$\cos \theta_o = \frac{2W_{ад.} - W_{ког.}}{W_{ког.}} \quad (6)$$

Із рівняння (6) видно, що величина із рівноважного крайового кута змочування визначається співвідношенням сил притягування рідини до твердого тіла і сил взаємного притягування частини рідини. Звідси можна визначити співвідношення роботи адгезії і когезії при реалізації адгезійного контакту. Відомо, що в разі повного змочування відбувається добрий адгезійний контакт, а співвідношення сил адгезії і когезії буде зазначене як  $W_{ад.} > W_{ког.}$  [1-3, 5].

**Теоретичні дослідження.** Для визначення адгезійного контакту модифікованої лляної олійної композиції розроблено математичну модель змочування. Із попередніх теоретичних досліджень [1] відомо, що на адгезійний контакт впливають поверхневий натяг рідини  $\sigma_{P.G.}$ , поверхнева енергія підкладки  $\sigma_{T.G.}$  та крайовий кут змочування  $\cos\theta$ . Для створення математичної моделі виберемо вплив факторів на термодинамічні показники модифікованої олії. Відомо, що на зміну кута змочування  $\theta$ , поверхневий натяг рідини  $\sigma_{P.G.}$  та поверхневу енергію підкладки  $\sigma_{T.G.}$  впливають такі основні фактори, як: температура ( $T$ ) середовища та композиції, в'язкість композиції ( $\eta$ ), тиск парів рідини ( $P$ ) та концентрація модифікатора ( $C_K$ ) (каніфолі). Окрім основних, на згадані вище термодинамічні показники можуть впливати інші фактори, які не мають істотного впливу, тому в цій моделі їх не враховано.

Складовими математичної моделі адгезії є:

- система рівнянь, яка враховує наведені вище параметри:

$$\begin{cases} W_{ад.} = \sigma_{P.G.}(1 + \cos \theta); \\ W_{ког.} = 2\sigma_{P.G.}; \\ \theta = \theta(T; \eta; P; C_K); \\ \sigma_{P.G.} = \sigma_{P.G.}(T; \eta; C_K); \\ \sigma_{T.G.} = \sigma_{T.G.}(T; \eta; C_K); \end{cases} \quad (7)$$

- умова адгезійного контакту:

$$W_{ад.} > W_{ког.} \quad (8)$$

Виходячи із рівняння (4) адгезійний контакт залежить від  $\cos\theta$  та поверхневого натягу рідини  $\sigma_{P.G.}$

На межі розділу тверде тіло – рідина немає надійного методу вимірювання поверхневого натягу, однак багато положень встановлені для межі розділу рідина – газ залишається справедливими, тобто адсорбція залежить від природи адсорбента (деревини) і адсорбата (олія), температури, концентрації і тиску (адсорбата). Кількісною характеристикою адсорбції є величина  $\Gamma$ , тобто над-

лишок адсорбата, що проходить через одиницю площі поверхневого шару порівняно з кількістю адсорбата в одиниці об'ємі фази адсорбента [1].

Отже, у стані термодинамічної рівноваги лінія змочування межує не з твердою поверхнею (деревина), а з поверхнею, на якій адсорбовані молекули рідини, що змочує поверхню. Рівняння (2) з урахуванням адсорбції буде мати вигляд

$$\cos \theta_o = (\sigma_{T.G.} - \sigma_{T.P.}) / \sigma_{T.P.} = [(\sigma_{T.G.} - \pi_{ПВ.}) - \sigma_{T.P.}] / \sigma_{P.G.}, \quad (9)$$

де  $\pi_{ПВ.}$  – поверхневий двохмірний тиск:  $\pi_{ПВ.} = \sigma_{T.G.} - \sigma_{T.G.}^a$ .

При фізичній адсорбції зв'язок між поверхневим натягом адсорбента  $\sigma_{T.G.}$ , поверхневою адсорбцією  $\Gamma$  і тиску адсорбата  $p$  описується термодинамічним рівнянням Гіббса [1]

$$\sigma_{T.G.}^a = \sigma_{T.G.} - RT \int_0^p \Gamma d \ln p, \quad (10)$$

де:  $R$  – газова стала;  $T$  – абсолютна температура.

Перетворивши рівняння (9) для визначення  $\cos\theta$  змочування, отримаємо залежність [1, 2]

$$\cos \theta = \frac{(\sigma_{T.G.} - RT \int_0^p \Gamma d \ln P) - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.G.}} \quad (11)$$

Для розрахунку рівноважного крайового кута потрібно знати ізотерму адсорбції  $\Gamma = f(p)$  – залежність питомої адсорбції від тиску парів рідини, яка змочує поверхню за постійної температури. Хід ізотерми адсорбції залежить від природи адсорбата та адсорбента. Ізотерму адсорбції на однорідній поверхні адсорбента вивів американський учений Дж. Ленгмюр. Залежність питомої адсорбції від тиску описано таким рівнянням:

$$\Gamma(P) = \Gamma_{\max} \frac{K_P \cdot P}{1 + K_P \cdot P}, \quad (12)$$

де:  $\Gamma(P)$  – залежність питомої адсорбції від тиску  $P$  адсорбента;  $\Gamma_T$  – граничне значення  $\Gamma(P)$ ;  $K_P$  – сталий коефіцієнт.

Для розв'язання рівняння Гіббса підставимо (12) у (11), тоді матимемо

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{1}{\sigma_{P.G.}} \left[ (\sigma_{T.G.} - RT \Gamma_m \int_0^p \frac{K_P P}{1 + K_P P} d \ln P) - \sigma_{T.P.} \right] = \frac{\sigma_{T.G.} - RT \Gamma_m \int_0^p \frac{K_P P}{1 + K_P P} \frac{1}{P} dP - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.G.}} = \\ &= \frac{\sigma_{T.G.} - R \cdot T \cdot \Gamma_m \int_0^p \frac{K_P}{1 + K_P \cdot P} dP - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.G.}} = \frac{\sigma_{T.G.} - R \cdot T \cdot K_P \cdot \frac{\Gamma_m}{K_P} \int_0^p \frac{d(1 + K_P \cdot P)}{1 + K_P \cdot P} - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.G.}} = \\ &= \frac{\sigma_{T.G.} - R \cdot T \cdot \Gamma_m \ln(1 + K_P \cdot P) - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.G.}} \end{aligned}$$

Отже,  $\cos\theta$  з урахуванням парціального тиску  $P$  адсорбата в об'ємній фазі буде мати такий вигляд:

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{T.F.} - R \cdot T \cdot \Gamma_m \ln(1 + K_P \cdot P) - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.F.}} \quad (13)$$

Оскільки за даними літературних джерел для олійних матеріалів, у яких парціальний тиск є дуже незначним, можна записати [3, 4]

$$\Gamma(P) = \Gamma(C), \quad (14)$$

де  $\Gamma(C)$  – адсорбція залежна від концентрації адсорбата ( $C$ ) в об'ємній фазі. Підставивши залежність (12) у (6), отримаємо залежність від концентрації адсорбата

$$\Gamma(C) = \frac{K_C \cdot C}{1 + K_C \cdot C}, \quad (15)$$

то, згідно з (12), отримаємо  $\frac{K_P \cdot P}{1 + K_P \cdot P} = \frac{K_C \cdot C}{1 + K_C \cdot C}$ .

Підставивши дані  $\Gamma(C)$  і  $\Gamma(P)$ , отримаємо:

$$K_P P + K_P K_C C P = K_C C + K_C K_P P C.$$

Відповідно  $K_P$  буде дорівнювати

$$K_P = K_C \frac{C}{P}. \quad (16)$$

У формулах (14) та (15) величина  $C$  – це концентрація адсорбованої рідини,  $K_C$  – відношення константи швидкостей адсорбції і десорбції. Зміна концентрації адсорбата описується диференціальними рівняннями [4]:

$$\frac{dC}{d\tau} = a \exp(-\alpha C), \quad (17)$$

де  $a$  – константа, залежна від температури адсорбата. Розв'яжемо рівняння (17). Помножимо його на  $\exp(+\alpha C)d\tau$ , тоді отримаємо

$$\exp(\alpha C) \cdot dC = a \cdot d\tau. \quad (18)$$

Проінтегруємо рівняння (18). Внаслідок цього отримаємо:

$$\int \exp(\alpha C) dC = \int a d\tau, \quad (19)$$

$$\frac{1}{\alpha} \exp(\alpha C) = a\tau; \quad \exp(\alpha C) = \alpha a\tau + A; \quad \alpha C = \ln(\alpha a\tau + A); \quad C = \frac{1}{\alpha} \ln(\alpha a\tau + A). \quad (20)$$

Сталу інтегрування  $A$  знайдемо з початкової умови, для  $\tau = 0$  величина  $C$  дорівнює нулю

$$\frac{1}{\alpha} \ln A = 0; \quad \ln A = 0; \quad A = 1. \quad (21)$$

Звідси, підставивши отриманий результат у (20), матимемо залежність концентрації олії від часу адсорбції:

$$C = \frac{1}{\alpha} \ln(\alpha a\tau + 1). \quad (22)$$

Отримана формула дає змогу визначити тривалість  $\Delta\tau$  часу розтікання лакофарбового матеріалу по поверхні.

Підставимо (22) у (16), а отриманий результат у (13), тоді матимемо

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{T.F.} - RT\Gamma_m \ln(1 + K_C \frac{1}{\alpha} \ln[\alpha a\tau + 1]) - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.F.}}. \quad (23)$$

Справді, оскільки за час  $\tau = \Delta\tau$  значення крайового кута змочування  $\theta$  зміниться до величини  $\Delta\theta$ , то для знаходження  $\Delta\tau$  достатньо у формулі (23)  $\tau$  замінити на  $\Delta\tau$ , а  $\theta$  – на  $\Delta\theta$ . Тоді матимемо:

$$\cos\Delta\theta = \frac{\sigma_{T.F.} - RT\Gamma_m \ln(1 + \frac{K_C}{\alpha} \ln[\alpha a\Delta\tau + 1]) - \sigma_{T.P.}}{\sigma_{P.F.}}, \quad (24)$$

$$\sigma_{P.F.} \cos\Delta\theta + \sigma_{T.P.} - \sigma_{T.F.} = RT\Gamma_m \ln(1 + \frac{K_C}{\alpha} \ln[1 + \alpha a\Delta\tau]);$$

$$\ln(1 + \frac{K_C}{\alpha} \ln[1 + \alpha a\Delta\tau]) = \frac{\sigma_{P.F.} \cos\Delta\theta + \sigma_{T.P.} - \sigma_{T.F.}}{RT\Gamma_m};$$

$$1 + \frac{K_C}{\alpha} \ln[1 + \alpha a\Delta\tau] = \exp(\frac{\sigma_{P.F.} \cos\Delta\theta + \sigma_{T.P.} - \sigma_{T.F.}}{RT\Gamma_m});$$

$$\ln[1 + \alpha a\Delta\tau] = \frac{\alpha}{K_C} [\exp(\frac{\sigma_{P.F.} \cos\Delta\theta + \sigma_{T.P.} - \sigma_{T.F.}}{RT\Gamma_m}) - 1];$$

$$1 + \alpha a\Delta\tau = \exp(\frac{\alpha}{K_C} [\exp(\frac{\sigma_{P.F.} \cos\Delta\theta + \sigma_{T.P.} - \sigma_{T.F.}}{RT\Gamma_m}) - 1]);$$

$$\Delta\tau = \frac{1}{\alpha a} \left\{ \exp\left(\frac{\alpha}{K_C} \left[ \exp\left(\frac{\sigma_{P.F.} \cos\Delta\theta + \sigma_{T.P.} - \sigma_{T.F.}}{RT\Gamma_m}\right) - 1 \right] \right) - 1 \right\}.$$

Якщо  $\Delta\theta \approx 0$ , то

$$\Delta\tau = \frac{1}{\alpha a} \left\{ \exp\left(\frac{\alpha}{K_C} \left[ \exp\left(\frac{\sigma_{P.F.} + \sigma_{T.P.} - \sigma_{T.F.}}{RT\Gamma_m}\right) - 1 \right] \right) - 1 \right\}. \quad (25)$$

З аналізу формули (18) випливає, що з підвищенням температури процес розтікання олійної композиції пришвидшується, що і узгоджується з результатами експериментальних досліджень.

**Висновок.** Наведена математична модель дає змогу визначити роботу адгезії олійної композиції на деревинній підкладці, а також визначити тривалість розтікання опоряджувального матеріалу на твердій поверхні. Теоретично досліджено вплив термодинамічних параметрів на процеси змочування та на адгезійний контакт між деревиною і олійними композиціями.

### Література

1. Сумм Б.Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д. Сумм, Ю.В. Голюнов. – М. : Изд-во "Химия", 1976. – 232 с.
2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий. – М. : Изд-во "Химия", 1975. – 512 с.

3. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М. : Изд-во "Химия", 1974. – 414 с.

4. Ельцов С.В. Физическая и коллоидная химия / С.В. Ельцов, Н.А. Водолазкая. – Харьков : Изд-во ХНУ, 2005. – 240 с.

5. Яремчук Л.А. Математичні моделі змочування деревини модифікованими олійними матеріалами / Л.А. Яремчук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.8. – С. 373-378.

**Яремчук Л.А., Поберейко Б.П. Математическая модель работы адгезии масляных композиций на древесине**

Приведена математическая модель для исследования работы адгезии масляных композиций на древесной подложке. Теоретически определено время растекания масляной композиции на древесине. Заданы граничные условия термодинамических параметров, которые описывают взаимосвязь древесины (твердое тело) с масляной композицией (жидкость) на основе закона Гиббса для построения математической модели работы адгезии. Определено влияние термодинамических свойств древесины и масляной композиции на краевой угол смачивания поверхности. Получена зависимость времени растекания масляной композиции по поверхности древесины.

**Ключевые слова:** математическая модель, работа адгезии, адсорбция, масляная композиция, краевой угол смачивания, адсорбент, адсорбат.

**Yaremchuk L.A., Pobereyko B.P. The Mathematical Model of Adhesion of Oil Compositions over Wood Surface**

A mathematical model for the study of the work of adhesion of oil compositions on the wood substrate is proposed. Time for spreading oil composition over the wood surface is theoretically determined. We identify boundary conditions of thermodynamic parameters that describe the relationship of wood (solid) with an oil composition (liquid) according to the Gibbs law, for construction of the mathematical model of the work of adhesion. The influence of the thermodynamic properties of wood and oil composition on the contact angle of the surface is defined. The dependence of the time for spreading of the oil composition over the wood surface is obtained.

**Keywords:** mathematical model, the work of adhesion, adsorption, oil composition, the contact angle, the adsorbent, adsorbate.

УДК 677.027

*Доц. С.О. Рожков, д-р техн. наук –  
Херсонская государственная морская академия*

**МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ЗАДАЧЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрен метод построения системы идентификации, которая базируется на использовании автономной системы вычисления меры близости между предъявленным образом и эталоном. Существенной особенностью такого подхода является значительное уменьшение (сжатие) информации, поступающей на вход системы принятия решения. Модель системы оптимальной фильтрации обеспечивает обнаружение отклонения от эталонного состояния объектов сложной структуры. Рассмотренный метод позволяет построить систему распознавания, инвариантной к возмущениям в пространстве объекта.

**Ключевые слова:** сканирующая система, генерация эталона, ткань, идентификация, распознавание.

**Введение.** Важнейшей характеристикой продукции текстильной промышленности является качество. Дефекты текстильной продукции вызваны множеством факторов, таких как неисправности производственного оборудования, нарушения технологического процесса, человеческий фактор. Контроль

качества продукции инспекторами-контроллерами малоэффективен, а применение систем контроля качества [1, 10-13] затруднено из-за их высокой стоимости. В настоящее время особый интерес представляет разработка систем технического зрения для эффективного использования их в технологических процессах. Внедрение современных систем обработки информации сдерживается целым рядом факторов: значительные потоки информации в системах управления качеством продукции, высокая стоимость разработки специализированных систем с низким соотношением сигнал/шум в системах обработки информации, например: шумов видеопреобразователей, неравномерности засветки в зоне контроля, вибрациями оборудования и объекта контроля – ткани и т. п.) [8]. Поэтому очевидна необходимость интеграции подсистемы распознавания образов с подсистемой восприятия информации в один конструктивный блок.

**Анализ последних исследований.** Система автоматического контроля качества (САКК) в общем случае состоит из: сканирующей системы, системы распознавания и системы принятия решения. Известные системы для контроля качества однотонных полей, к которым можно отнести неокрашенную или равномерно (гладко) крашенную ткань, используют оптические методы контроля, например, высокоскоростные системы телевизионного сканирования с когерентными источниками излучения. Однако, несмотря на достаточно высокое быстродействие современных систем технического зрения, используемые в них алгоритмы распознавания не дают возможности осуществлять в реальном масштабе времени выделение локальных особенностей объектов (дефектов) [1, 4, 5, 7]. Методы, которые применяют при реализации систем распознавания: геометрические, байесовские, логические, структурные и другие, в том числе и методы с обучением, дают хорошие результаты при малом количестве обнаруживаемых особенностей. При большом числе локальных особенностей эти методы применять неэффективно из-за сложности их реализации. Одним из способов повышения быстродействия систем распознавания является совершенствование алгоритмов распознавания. При контроле ткани с использованием метода компенсации информационных потоков возникает задача генерации эталона. Использование геометрического метода генерации эталона дает возможности выделять яркости изображения вдоль осей  $x$  и  $y$  [2]. Этот метод прост в реализации, однако для каждого артикула требуется выполнить построение математической модели, что значительно усложняет обучение системы распознавания. Кроме того, применение данного метода для моделирования тканей сложного переплетения и тканей с рисунком достаточно затруднено.

Использование структурных методов основано на выделении на изображении характерного повторяющегося элемента, который наиболее полно характеризует исследуемую текстуру. Для задачи контроля качества тканей этот метод является перспективным, т. к. текстильная ткань при описании является объектом с определенной структурной характеристикой – частотой по утку и основе.

**Основная часть.** Метод компенсации информационных потоков предоставляет аппарат, инвариантный к искажениям структуры контролируемого объекта [6-8]. Эталонное изображение должно содержать максимальный объем информации об образе контролируемого объекта. Примером реализации опи-