

## Дослідження термічної стійкості пентафталевих емалей

Исследовано термическую стойкость ПФ-эмалей восьми образцов разных цветов, вследствие чего зарегистрирован комплекс физических, химических и термохимических преобразований, которые происходили в системе в зависимости от смены температуры.

**Ключевые слова:** дифференциальный термогравиметрический анализ, пентафталевая эмаль.

*In practice, with the objective of studying thermal stability of polymers and materials, differential thermogravimetry is widely used.*

**Keywords:** polymers, thermal stability, hermogravimetry.

**Вступ.** Одним із високоінформативних комплексних термічних методів дослідження складних за хімічною природою та фазовою ознакою багатоконпонентних систем є диференціальна термогравіметрія – диференціальний термогравіметричний аналіз (ДТГ-аналіз). Метод ДТГ широко використовують для вивчення термічної стійкості полімерів та матеріалів на їхній основі.

**Постановка завдання.** ДТГ-аналіз належить до неізотермічних методів дослідження і полягає у вивченні властивостей об'єкта дослідження за умов програмованої зміни температури в часі. Дослідження провадять зазвичай за допомогою комплексного аналітичного приладу – дериватографа, що дає змогу одночасно реєструвати весь комплекс фізичних, хімічних та термохімічних перетворень, які відбуваються в системі залежно від температури [1].

Результати термогравіметричних досліджень подають графічно у вигляді термограм – сукупності кривих, які описують залежності маси зразка (ТГ-крива), швидкості втрати маси (ДТГ-крива) та різниці температур зразка та еталона (ДТА-крива) від часу та температури.

**Результати досліджень.** В процесі роботи проведено ДТГ-аналіз 8-ми зразків: базових і запропонованих пентафталевих емалей (ПФ-емалей) білого, жовтого, фісташкового і вишневого кольору.

Дослідження провадили за допомогою дериватографа системи Паулік-Паулік-Ердей, (Q-1500D (МОН Будапешт, Угорщина)) в температурному інтервалі 20-900 °С за швидкості нагрівання 10 К/хв. Як еталон використовували  $-Al_2O_3$ , прожарений за температури 1100 °С.

На рис. 1 подано наслідки термогравіметричного аналізу вихідних (неотверджених) зразків білої базової та білої модифікованої емалі ПФ-115.

Аналіз отриманих термограм свідчить про те, що за умов динамічного нагрівання зразки базової (рис. 1, а) та модифікованої (рис. 1, б) білої емалі ПФ-115 поведуть себе практично ідентично. На це вказує як загальний характер ТГ-, ДТГ- та ДТА-кривих, так і температурні та конверсійні характеристики процесу (див. таблицю).

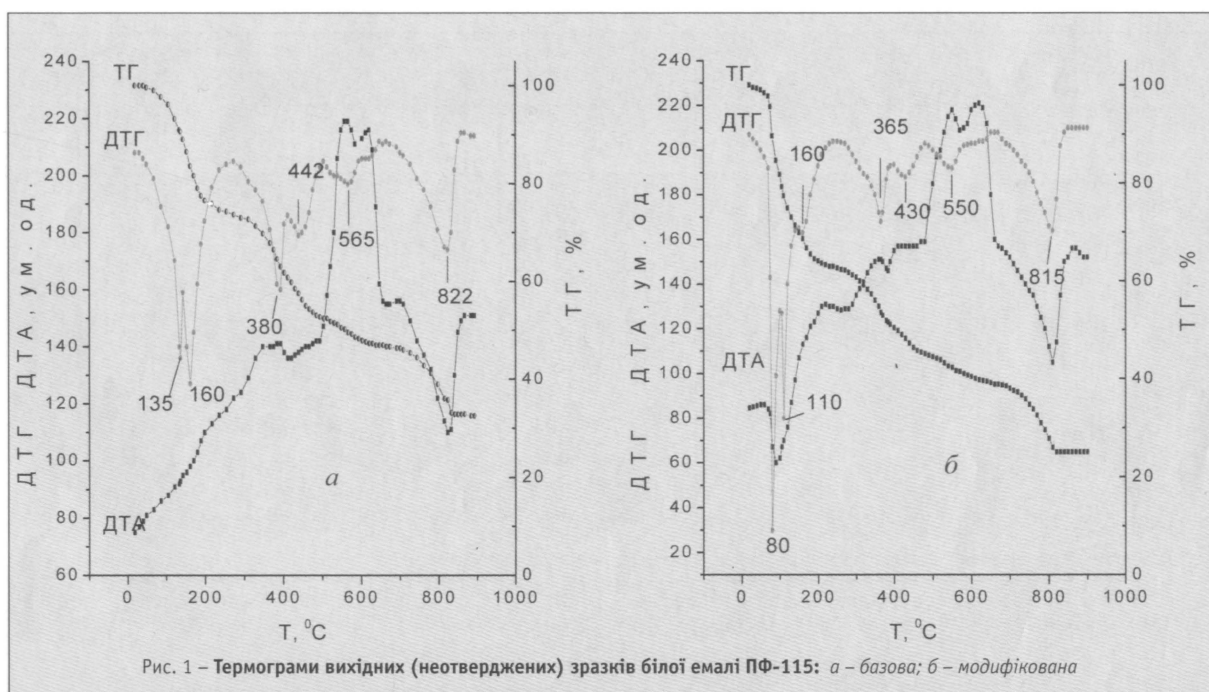
Зокрема, в обох випадках, на ТГ-кривих чітко ідентифікуються три S-подібні ділянки, а на ДТГ-кривих їм відповідають три групи ДТГ-максимумів. Все це свідчить про те, що процес термічного розкладу зразків білої емалі у разі підвищення температури має складний характер і включає щонайменше три послідовні стадії.

Низькотемпературна (до 200 °С) S-подібна ділянка ТГ-кривої та відповідна їй група ДТГ-максимумів пов'язана з видаленням розчинника. На ДТГ-кривій термограми вихідної білої емалі в цьому температурному інтервалі спостерігаються два розділених ДТГ-максимуми: за температури 135 та 160 °С, що відображає наявність в складі органічного розчинника компонентів з різною температурою кипіння. На ДТА-кривій в цьому температурному інтервалі спостерігається розмитий слабко виражений ендотермічний максимум. У випадку модифікованої білої емалі у цьому температурному інтервалі за 80 °С чітко ідентифікується інтенсивний ДТГ-максимум, пов'язаний з видаленням води [2].

В температурному інтервалі 350-600 °С на ДТГ-кривих обох – базової та модифікованої – білої емалі спостерігається група із трьох послідовних ДТГ-максимумів: за температури 365-390, 430-440 та 550-570 °С. Ця група високотемпературних ДТГ-максимумів пов'язана з процесами термічного руйнування пентафталевої смоли.

В області 700-820 °С на ДТГ-кривих обох досліджених зразків білої емалі спостерігається асиметричний інтенсивний ДТГ-максимум, який супроводжується глибоким ендотермічним ДТА-максимумом. Це пов'язано з хімічно-дисоціативними перетвореннями речовин карбонатної природи. Наслідки термогравіметричного аналізу вихідних зразків базової та модифікованої білої емалі ПФ-115 свідчать про те, що термічна стійкість базової та модифікованої емалей за умов динамічного нагрівання практично не відрізняється.

Для уникнення впливу на конверсійні та температурні характеристики термічної деструкції природи та вмісту летких компонентів, а також умов формування і можливої структурної нерівноважності полімерної матриці, проведено цикл термогравіметричних досліджень термічної деструкції відповідних емалей ПФ-115, у вигляді висушених (отверджених) зразків.



**Температурні та конверсійні характеристики термічної деструкції базових та модифікованих емалей ПФ-115**

Параметр	Біла базова	Біла модифік.	Жовта базова	Жовта модифік.	Фісташ. базова	Фісташ. модифік.	Вишн. базова	Вишн. модифік.
$T_p, ^\circ\text{C}$	261	256	258	264	269	246	263	265
$T_{\max 1}, ^\circ\text{C}$	382	372	370	373	370	380	340	372
$T_{\max 2}, ^\circ\text{C}$	436	433	425	428	427	420	422	423
$T_k, ^\circ\text{C}$	471	467	469	466	469	453	452	456
$T_{\max 3}, ^\circ\text{C}$	832	826	832	828	814	781	824	818
$\alpha_{\max 1}, \%$	17,2	16,2	17,8	16,6	19,3	45,9	20,2	19,0
$\alpha_{T_k}, \%$	30,6	29,3	34,1	30,2	36,7	69,4	45,0	35,3
$\alpha_{900}, \%$	57,1	62,4	64,1	62,5	65,5	87,6	72,2	63,8

**Примітки:** 1.  $T_{\max 1}$ ,  $T_{\max 2}$ ,  $T_{\max 3}$  – значення температур, що відповідають основним ДТГ-максимумам.  
 2.  $T_p$ ,  $T_k$  – значення температур, що відповідають температурному інтервалу інтенсивної втрати маси в області низькотемпературного ДТГ-максимуму. Значення  $T_p$  та  $T_k$  визначено за ТГ-кривою методом дотичних.  
 3.  $\alpha_{\max 1}$ ,  $\alpha_{900}$  та  $\alpha_{T_k}$  – втрати маси зразка, які належать до відповідних температур.

Дослідження провадили із зразками емалей, шар яких для видалення легколетючих компонентів наносили на тефлонову підкладку і висушували протягом 24 год за температури 80 °С у вакуумі (P = 20 мм. Нг) до постійної маси та піддавали наступному прогріванню протягом 24 год за температури 60 °С для стабілізації структури сформованої плівки.

На рис. 2 – 5 наведено термограми вихідних (базових) та модифікованих ПФ-емалей білого (рис. 2), жовтого (рис. 3), фісташкового (рис. 4) та вишневого (рис. 5) кольору.

Аналіз одержаних термограм свідчить про те, що досліджені емалі різного кольору щодо впливу температури за умов динамічного нагрівання із заданою швидкістю (10 К/хв) поводять себе практично однаково. На це, в першу чергу, вказує подібність одержаних ДТГ- та ТГ-кривих, на яких чітко виявляються характерні для усіх досліджених емалей дві області інтенсивної втрати

маси в процесі прогрівання. Перша область обмежується температурним інтервалом 250-500 °С.

На ДТГ-кривих в цій температурній області спостерігається щонайменше два послідовних ДТГ-максимуми, температурне положення яких для досліджених зразків емалей  $T_{\max}$  (за виключенням базової емалі вишневого кольору (рис.5)) становить 370-382 та 420-436 °С. Деяке зміщення положення ДТГ-максимуму для базової емалі вишневого кольору в область нижчих температур (340 °С) пов'язане з присутністю залишкових кількостей висококиплячих компонентів лакової основи.

В області дещо вищих температур (500-570 °С) на ДТГ-кривих спостерігається поява слабовиражених додаткових максимумів. Причиною появи цих додаткових максимумів є особливості процесів термічної деструкції полімерних матеріалів [3].

Другий високотемпературний ДТГ-максимум у досліджених зразків ПФ-емалей спостерігається в області 750-900 °С. Цьому ДТГ-максимуму

відповідає інтенсивний ендотермічний максимум на ДТА-кривій, який зсунутий відносно положення ДТГ-максимуму на 5-10 К в область вищих температур. Тому в даному випадку маємо справу з процесами термічної дисоціації мінерального наповнювача [2].

Статистичний аналіз даних таблиці, свідчить про те, що температурні та конверсійні характеристики досліджених базових та відповідних їм модифікованих ПФ-емалей перебувають в межах довірчих інтервалів відповідних параметрів. Із цього правила випадає лише емаль ПФ-115 фісташкова модифікована, для якої початкова температура  $T_p = 246$  °С заниженою (довірчий інтервал для цього параметра становить 256-269 °С), а значення конверсійних характеристик альфа  $\max 1$ ,  $T_k$  та  $\alpha_{900}$  – завищеними (довірчі інтервали для них відповідно становлять 16,2-20,2, 29,3-45 та 57,1-72,2). Довірчі інтервали розраховано для рівня статистичної достовірності  $p = 0,95$ .

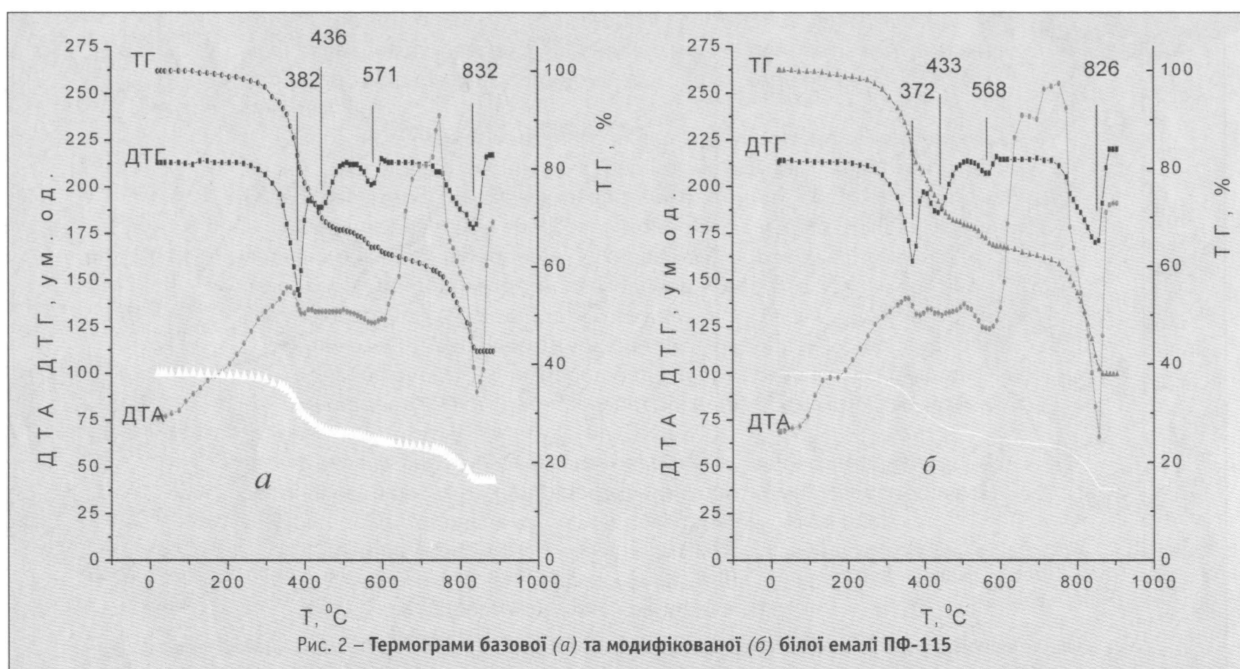


Рис. 2 – Термограми базової (а) та модифікованої (б) білої емалі ПФ-115

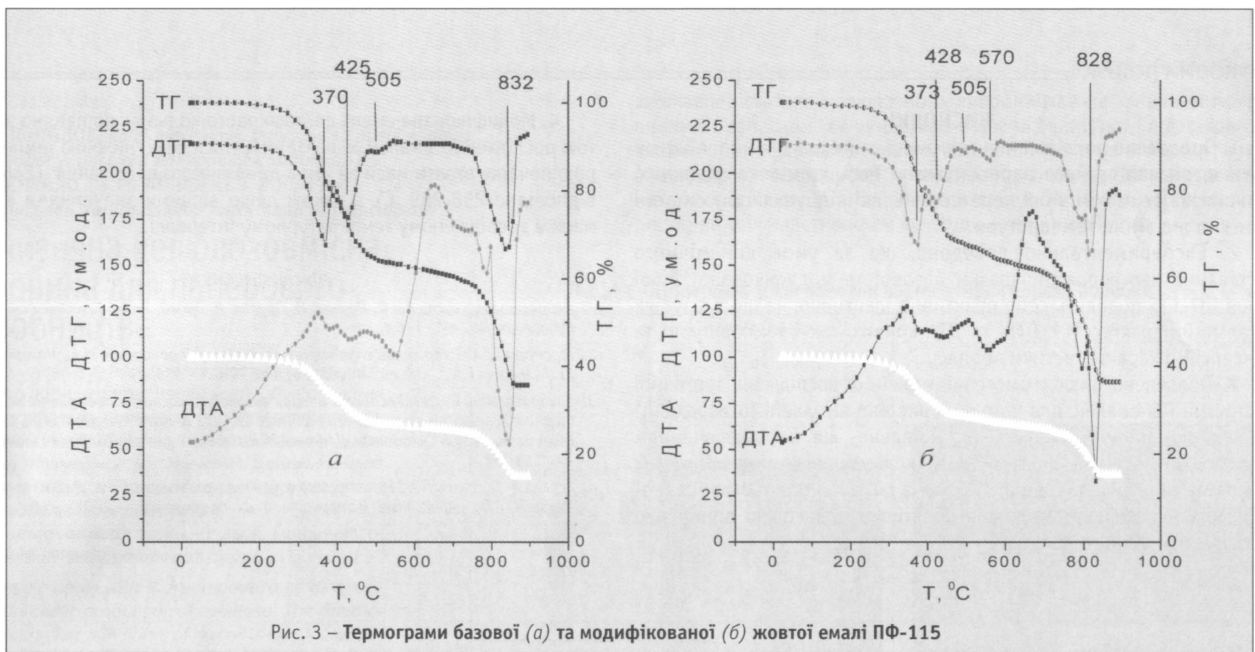


Рис. 3 – Термограми базової (а) та модифікованої (б) жовтої емалі ПФ-115

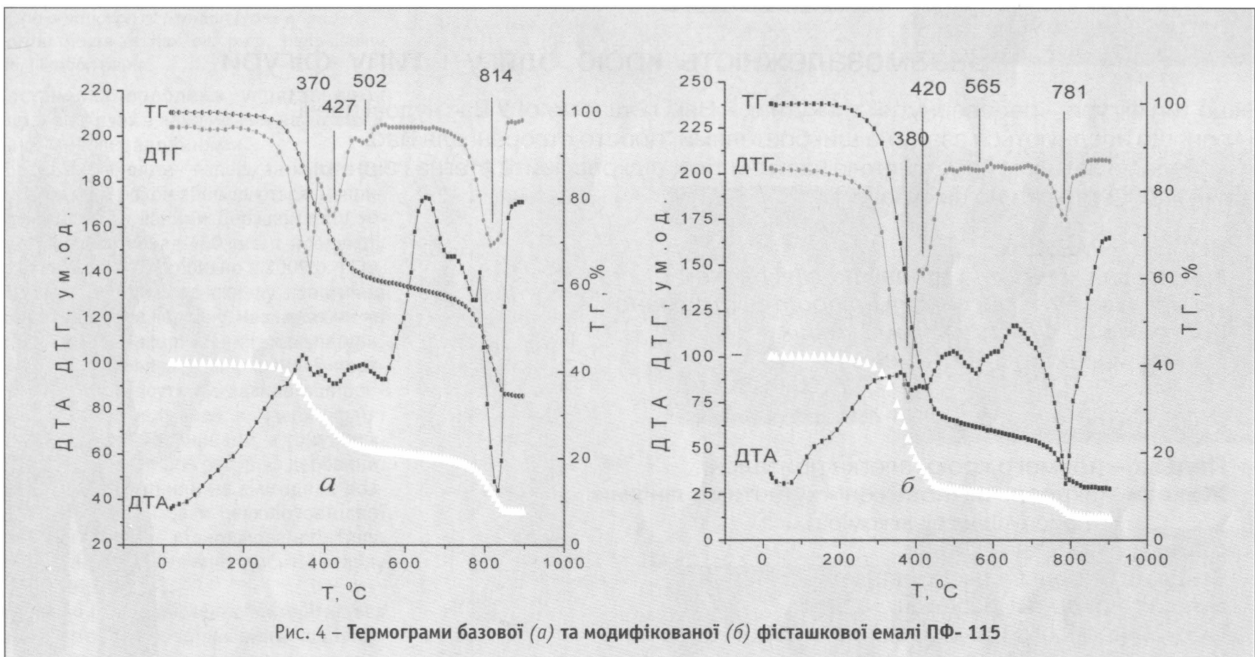


Рис. 4 – Термограми базової (а) та модифікованої (б) фісташкової емалі ПФ- 115

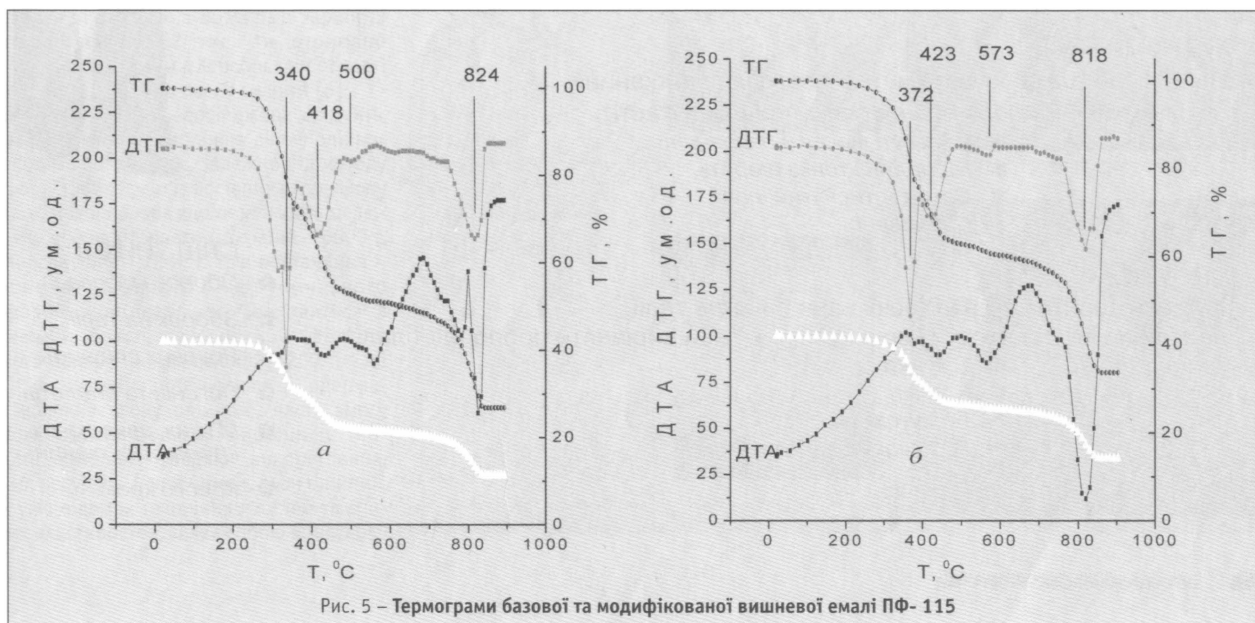


Рис. 5 – Термограми базової та модифікованої вишневої емалі ПФ- 115

### ВИСНОВКИ

1. Проведено дослідження термічної стійкості ПФ-емалей 8-ми зразків, внаслідок чого зареєстровано весь комплекс фізичних, хімічних та термохімічних перетворень, які відбувались у системі залежно від зміни температури.

2. Експериментально доведено, що за умов динамічного нагрівання неотверджені зразки базової та модифікованої білої емалі ПФ-115 поведуть себе практично ідентично, на що вказує як загальний характер ТГ-, ДТГ- та ДТА-кривих, так і температурні та конверсійні характеристики процесу.

3. Проведено цикл термогравіметричних досліджень термічної деструкції ПФ-емалей, для чого використано висушені (отверджені) зразки відповідних емалей. Встановлено, що за виключенням модифікованої емалі фісташкового кольору, решта досліджених (базові та модифіковані емалі) за умов динамічного програмованого нагрівання характеризуються практично однаковою динамікою термодеструкційного процесу.

4. Модифікована емаль фісташкового кольору, порівняно з рештою досліджених емалей, характеризується дещо нижчою температурою початку втрати маси за умов динамічного нагрівання (246 °С та відповідно 256-269 °С), а також дещо вищими значеннями втрати маси в дослідженому температурному інтервалі.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дериватограф системы Ф. Паулик, Й. Паулик, Л. Эрдей. Теоретические основы. – Будапешт, 1974. – 146 с.
2. Горонковский И.Т. Краткий справочник по химии / Горонковский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. – Киев : Наукова думка, 1987. – 830 с.
3. Загордонський В. Деякі аспекти впливу високодисперсних наповнювачів на термічну стійкість епоксидного полімеру ЕД-20 / Віктор Загордонський, Сергій Гнатишин, Руслан Складанюк. // Праці НТШ. – 2007. – Т. XVIII, Хімія і біологія. – С. 118-132.
4. Еселев А. Д. Эмаль ПФ-115, качество и ценовая конъюнктура / А. Д. Еселев, Ф. С. Якушин // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2001. – № 7. – С. 8.

Одержано 17.03.2011

## Взаємозалежність крою одягу і типу фігури

Якщо тип фігури – перевернутий трикутник – Вам пощастило! У Вас чудові плечі й топи, що поєднуються ззаду на шиї бретелями, просто створені для Вас. Аби збалансувати верхню та нижню частини тіла, підкреслюйте стегна і сідниці, усіляко привертаючи до них увагу.

### ЗОЛОТІ ПРАВИЛА

- ✓ *Мінімальна кількість деталей на лінії плечей, тут усе має бути максимально просто і стримано*
- ✓ *Крій одягу має бути прямим і чітким*
- ✓ *Силует має добре «читатися»*

### КРІЙ ОДЯГУ

**Пальта** – прямого крою, злегка приталені.

**Жакети** – зкроєні чи «посажені» кутастими лініями (приспущена лінія коміра).

**Блузки** – простого крою.

**Спідниці** – прямі, плісировані або з клинів.

**Брюки** – будь-який фасон.

**Сукні** – простого прямого крою чи сукні-сорочки.

**Купальники** – ліфи з бретелями, що поєднуються ззаду на шиї, або квадратним вирізом. Уникайте квіткового рисунку.

### ТКАНИНИ

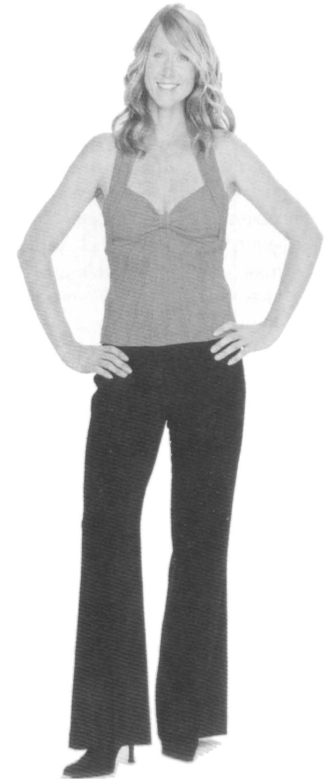
Найбільше Вам пасуватимуть жорсткі щільні тканини, оскільки лінії Вашого тіла є прямі й трішки кутасті:

- \* *Стиснуті льняні й бавовняні*
- \* *Габардин і тонка шерсть*
- \* *Сатин і стиснутий шовк*
- \* *Гофровані*

### РИСУНКИ

Можете носити строкаті речі вище й нижче талії, проте рисунок має бути геометричним, аби вирівняти пропорції тіла:

- *Смужки*
- *Картаті*
- *Геометричні*
- *Горошок та закарлючки*



### СЛІД УНИКАТИ

- ✿ *Оборки і рюшів*
- ✿ *Зборки на талії*
- ✿ *Ярусних спідниць*
- ✿ *Погонів та еполетів*
- ✿ *М'яких, звисаючих і пухнастих тканин*
- ✿ *Косого крою*