

УДК 678.029.82:677.844.1

Л.В. САЛЄБА, Д.Г. САРИБЄКОВА  
Херсонський національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРІОДИЧНОГО ПРОЦЕСУ ФАРБУВАННЯ ЛАВСАНУ

*У роботі досліджено термодинамічні і кінетичні параметри системи волокно - барвник. Вивчено вплив температурного фактору, дію саліцилової кислоти і електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації на коефіцієнт дифузії і спорідненість дисперсного барвника до поліефірного волокна.*

*Ключові слова: фарбування, лавсан, кінетика, дифузія, кавітація.*

L.V. SALEBA, D.G. SARIBEKOVA  
Kherson National Technical University

## RESEARCH OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF PERIODIC PROCESS OF DYEING OF LAVSAN

### Abstract

*Dyeing is a difficult heterogeneous process that includes for itself as the basic stages diffusion and persorption. Diffusion is the limiting stage that determines speed of process of dyeing, and persorption, it thermodynamics properties (affinity, warmth, entropy) that influence on quality of colourings.*

*In work thermodynamic and kinetic parameters of system fiber – dye are investigated. Studied the effect of the temperature factor, the effect of salicylic acid and electrobit nonlinear volume cavitation on the diffusion coefficient and the affinity of disperse dye to the polyester fiber.*

*At comparison of action of chemical intensifier and physical method it should be noted positive influence on kinetics of process of dyeing last. The use of electrobit nonlinear volume cavitation allows to increase the coefficient of diffusion of dye in a polyester fiber, to attain the choice of dye for less time at identical affinity and to exclude a harmful organic substance from a dyebath.*

*Keywords: dyeing, cavitation, lavsan, kinetics, diffusion, cavitation.*

### Вступ

Для успішного розвитку текстильної і легкої промисловості необхідне розширене і якісне вдосконалення сировинної бази за рахунок широкого використання хімічних волокон. Останнім часом намітилась тенденція збільшення виробництва поліефірних волокон і зростання їх ролі в сировинному балансі бавовняної, шовкової, трикотажної промисловостей. Однак, при колорюванні сумішних тканин виникають значні труднощі, пов'язані саме з особливостями структури лавсану: високою впорядкованістю поліетилентерефталатних волокон, щільністю упаковки їх макромолекул, гідрофобним характером, відсутністю груп, здатних взаємодіяти з барвниками іонного типу, неоднорідністю властивостей текстильної нитки. До теперішнього часу проводяться роботи з пошуку оптимальної технології колорювання поліефірних волокон.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Колорювання – складний міжфазний, гетерогенний процес, що включає в себе як основні стадії дифузію і сорбцію. Дифузія є лімітуючою стадією, яка визначає швидкість процесу фарбування, а сорбція, її термодинамічні властивості (спорідненість, теплоту, ентропію) впливають на стійкість забарвлення.

Дифузія у синтетичні волокна, що існують при кімнатній температурі у заклованому стані, неможлива, оскільки їх структура „монолітна”, не містить пор, що порівняні з розмірами молекул барвників, і тому недоступна для дифузії. При підвищенні температури до температури склування волокна, воно переходить у високоеластичний стан, з достатнім вільним об'ємом динамічних пор, які виникають за рахунок сегментарної рухливості макромолекул в аморфній області волокна. Така дифузія протікає за механізмом дифузії через „вільний об'єм” і підпорядковується рівнянню Вільямса, Лендла, Феррі.

Після введення в систему текстильного матеріалу, якщо температура вище температури склування волокна, барвник у мономолекулярній формі, що має спорідненість до волокна, починає сорбуватися на зовнішній поверхні волокна і далі дифундувати у доступну структуру по механізму дифузії у вільному об'ємі. У результаті витягу волокном тільки мономолекулярної фракції барвника рівновага полідисперсної системи порушується, і для її відновлення відбувається диспергування агрегатів і більш великих часток до більш дрібних, аж до окремих молекул. Цей процес послідовного порушення і

відновлення рівноваги в полідисперсній зовнішній фазі є загальним і для іоногенних (водорозчинних), і дисперсних барвників, і продовжується доти, поки в системі не установиться нова рівновага, що відповідає спорідненості барвника до волокна. Особливістю водних дисперсій барвників є більш складний вміст полідисперсної зовнішньої фази, яка включає у себе, крім мономолекулярної розчиненої і солюбілізованої фракцій, ще і полімолекулярні фракції різного ступеня дисперсності, аж до наявності твердих нерозчинних часток (придонна фаза). Придонна фаза характерна не для усіх випадків фарбування, а тільки для високих концентрацій барвника у ванні, необхідних для одержання інтенсивних забарвлень. У цьому випадку у ході фарбування в міру виснаження фарбувальної ванни придонна фаза може зовсім зникнути, і система в новій рівновазі буде містити тільки мономолекулярну і солюбілізовану фракції. Таким чином, волокно стосовно водних дисперсій барвників виступає у ролі своєрідного молекулярного фільтра й активного диспергатору, а в системі відбувається автодиспергація барвника.

По закінченні фарбування температуру знижують, і коли вона стає нижче температури склування волокна, його структура повертається до вихідної. Вільний об'єм різко знижується, і барвник виявляється іммобілізованим, капсульованим у структурі волокна. Оскільки дисперсний барвник мало розчинний у воді і має спорідненість до волокна (зв'язується з ним міжмолекулярними зв'язками), то в умовах експлуатації волокон при температурах нижче температури склування забарвлення дисперсними барвниками характеризуються достатньою стійкістю [1, 2].

Поліефірні волокна, що мають більш щільну структуру і більш високу температуру склування, фарбують або при температурах вище 100°C (120-130°C) в апаратах автоклавного (під тиском) типу, або у присутності інтенсифікаторів (різноманітні полярні органічні речовини: о- і п- фенілфеноли, дифеніл, хлортолуол, трихлорбензол, метил- і бутилсаліцилати, бензойна і саліцилова кислоти), що грають роль пластифікаторів волокна (знижують температуру склування) або підвищують розчинність дисперсного барвника. У цьому випадку фарбування можна проводити при температурі кипіння; фарбувальна ванна, крім барвника, містить: поверхнево-активну речовину (ПАР) (1-2 г/л), інтенсифікатор (3-5 г/л) і оцтову кислоту (до рН=5,5-6). Цей спосіб забезпечує отримання забарвлень середніх та темних тонів. Найбільш часто його використовують для фарбування тканин, рідше – волокон. Для фарбування використовують звичайні фарбувальні апарати, барки і фарбувально-роликкові машини, що дозволяють проводити процес при температурі нижче 100 °С.

#### **Постановка завдання**

Останнім часом широко використовують фізичні методи інтенсифікації процесу фарбування, а саме електричний імпульсний розряд у рідині. Дослідженнями [4] було встановлено позитивний вплив дії електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації (ЕРНОК), що виникає завдяки потужному електричному розряду, на стан дисперсних барвників, і тому становить інтерес дослідити термодинамічні і кінетичні параметри системи волокно - барвник. Знання термодинаміки фарбувальної системи дає можливість оцінити механізм взаємодії барвника з волокном. Знання ж кінетики дає змогу визначити швидкість процесу, і на основі цих даних знайти оптимальні схеми протікання процесів фарбування, максимально ефективно використовувати реактиви, енергоносії та час.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

Інтенсифікатори фарбування мають два дуже істотних недоліки: неприємний запах і зниження світлостійкості забарвлення. Тому робота з ними повинна вестися при дотриманні спеціальних правил техніки безпеки (устаткування і робоча зона обладнані ефективною витяжною вентиляційною системою). Інтенсифікатори доцільно використовувати тільки для барвників, що мають високу світлостійкість.

Для того, щоб мати уявлення про швидкість фарбування розчинами барвника з інтенсифікатором та визначити оптимальні параметри процесу, була досліджена кінетика сорбції дисперсного барвника поліефірним волокном у присутності інтенсифікатору і без нього. Кінетичні криві сорбції можна охарактеризувати двома факторами: рівноважним показником сорбції та швидкістю, з якою ця рівновага досягається. Швидкість фарбування визначали з часу половинного фарбування.

Для порівняння впливу температурного фактору на дифузійні і сорбційні властивості системи волокно-барвник фарбування лавсану проводилось за періодичним способом при температурах 95 °С і 100 °С. Для оцінки ваги впливу хімічного чи фізичного чинника інтенсифікації процесу фарбування лавсану вивчали дії саліцилової кислоти і ЕРНОК на коефіцієнт дифузії і спорідненість дисперсного барвника до поліефірного волокна.

До складу фарбувальної ванни вводили барвник дисперсний синій поліефірний у кількості 0,5 % від маси волокна, інтенсифікатор саліцилову кислоту 2 г/л, ПАР Барватекс-5 1 г/л і оцтову кислоту (до рН=5,5-6). Кінетику фарбування оцінювали за визначенням сорбованого барвника у зразках (в г/кг волокна) шляхом колориметрування залишкових фарбувальних ванн на спектрофотометрі Спекол-11 при довжині хвилі 590 нм. Данні оптичної густини і кількості барвника дисперсного синього не наведені в табл. 1 і 2.

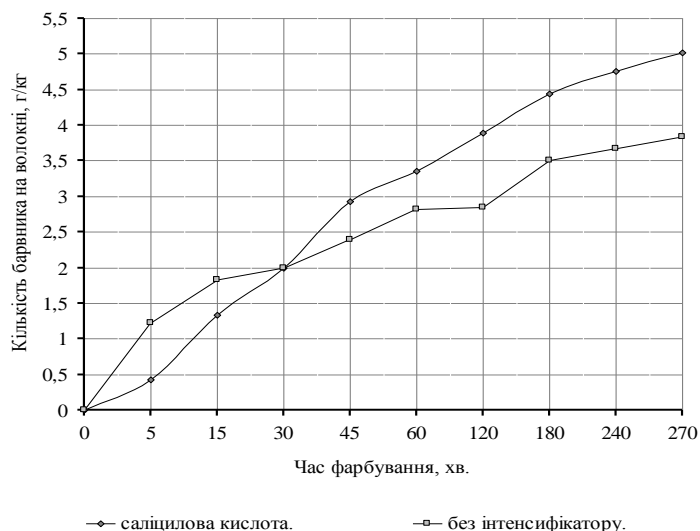
На основі отриманих даних після відповідних розрахунків побудовані кінетичні криві залежності сорбції барвника від часу фарбування при температурах 95 і 100 °С (рис. 1, 2).

Результати розрахунків коефіцієнта дифузії, спорідненості дисперсного барвника до поліефірного волокна, інтенсивності одержаних забарвлень і відсоток вибирання барвника волокном за різних умов періодичного способу фарбування наведені в табл. 3.

Таблиця 1

**Залежність кількості фіксованого барвника на волокні від часу фарбування**

Час фарбування, хв	Періодичний спосіб фарбування при 95 °С					
	з саліциловою кислотою			без інтенсифікатору		
	D	C <sub>p</sub> , г/л	C <sub>в</sub> , г/кг	D	C <sub>p</sub> , г/л	C <sub>в</sub> , г/кг
0	0,450	0,50	0	0,351	0,50	0
5	0,437	0,49	0,43	0,338	0,46	1,23
15	0,410	0,46	1,33	0,313	0,44	1,83
30	0,390	0,43	2,00	0,303	0,43	2,00
60	0,362	0,40	2,93	0,295	0,42	2,39
90	0,349	0,39	3,36	0,285	0,41	2,82
120	0,333	0,37	3,89	0,284	0,40	2,85
180	0,318	0,35	4,39	0,269	0,38	3,50
240	0,311	0,34	4,63	0,269	0,38	3,50
270	0,299	0,33	5,02	0,261	0,37	3,83



**Рис. 1. Кінетичні криві сорбції дисперсного синього пе при температурі фарбування 95 °С**

Таблиця 2

**Показники оптичної густини і кількості дисперсного синього пе у розчині і на волокні**

Час фарбування, хв	Періодичний спосіб фарбування при 100 °С								
	без інтенсифікатора			з ЕРНОК			з саліциловою кислотою		
	D <sub>к</sub>	C <sub>p</sub> , г/л	C <sub>в</sub> , г/кг	D <sub>к</sub>	C <sub>p</sub> , г/л	C <sub>в</sub> , г/кг	D <sub>к</sub>	C <sub>p</sub> , г/л	C <sub>в</sub> , г/кг
5	0,615	0,084	0,738	0,670	0,081	0,857	0,667	0,091	0,404
15	0,498	0,068	1,489	0,541	0,065	1,594	0,538	0,073	1,232
30	0,427	0,058	1,945	0,432	0,052	2,217	0,459	0,062	1,740
45	0,379	0,051	2,253	0,334	0,040	2,778	0,389	0,053	2,189
60	0,315	0,043	2,664	0,221	0,026	3,424	0,305	0,041	2,729
120	0,232	0,031	3,197	0,147	0,019	3,847	0,250	0,034	3,089
180	0,173	0,023	3,576	0,105	0,012	4,087	0,211	0,028	3,332
240	0,147	0,020	3,743	0,099	0,012	4,121	0,179	0,012	4,121

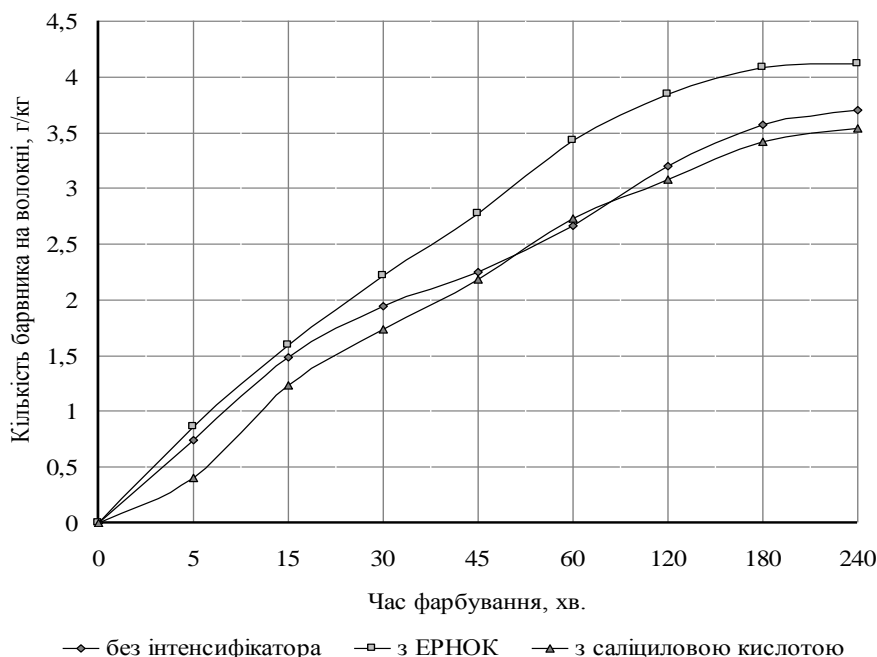


Рис. 2. Кінетичні криві процесу фарбування дисперсним синім пе при температурі 100 °C

Таблиця 3

**Фізико-хімічні показники процесу фарбування**

Показники	Періодичний спосіб фарбування				
	при 95 °C		при 100 °C		
	без інтенсифікатора	з саліциловою кислотою	без інтенсифікатора	з ЕРНОК	з саліциловою кислотою
Час половинного фарбування, $\tau_{1/2}$ , с	1500	2280	1560	1440	1620
Коефіцієнт дифузії, $D \cdot 10^9$ , м <sup>2</sup> /с	107,8	70,9	103,6	112,2	99,8
Спорідненість до волокна, $-\Delta\mu^\circ$ , ккал/моль	1938,7	2317,1	2181,3	2398,1	2398,1
Кількість барвника на волокні, $C_v$ , г/кг	3,83	5,02	3,74	4,12	3,54
K/S	3,90	6,00	6,34	6,95	7,30
Вибирання, %	26	34	80	88	88

Аналізуючи данні табл. 3, можна зробити висновок, що при періодичному способі фарбування при температурі 95 °C одразу після введення інтенсифікатора коефіцієнт дифузії дисперсного барвника до поліефірного волокна зменшується, і лише після 30 хвилин фарбування помітно зростає. Спорідненість барвника дисперсного синього пе до волокна у присутності саліцилової кислоти збільшується на 19,5 %, а вибирання дисперсного барвника лавсаном збільшується на 8 %.

Оскільки температура фарбування має більш значний вплив у процесах дифузії і сорбції для термопластичних волокон, у подальшому дослідженні вивчався періодичний процес фарбування лавсану при температурі 100 °C з хімічним і фізичним інтенсифікаторами і без них. Встановлено, що коефіцієнт дифузії значно вищий (на 12 %) при фарбуванні лавсану розчином дисперсного барвника, обробленим ЕРНОК, процент вибирання дисперсного барвника однаковий зі зразком, що фарбувався з саліциловою кислотою, і досягається за 180 хвилин, що дозволяє скоротити час фарбування.

**Висновки**

Періодичні методи фарбування дисперсними барвниками з водних дисперсій займають найбільш важливе місце у практиці фарбування текстильних матеріалів з поліефірних волокон.

У традиційних процесах колорирування поліефірних волокон і матеріалів на їх основі використовують високі температури або інтенсифікатори – речовини, які дають можливість фарбувати поліефірні волокна при температурах не вище 100 °С.

Для прискорення процесу дифузії використовують середовище органічних розчинників, хімічні речовини – інтенсифікатори, що знижують температуру склування волокна, високотемпературні способи та інші фізичні методи.

У науково-дослідній роботі досліджено вплив інтенсифікатора саліцилової кислоти на спорідненість дисперсного барвника до волокна при періодичному способі фарбування при зниженні температури фарбування до 95 °С.

При порівнянні дії хімічного інтенсифікатору та фізичного способу – ЕРНОК слід відмітити позитивний вплив на кінетику процесу фарбування останнього. Використання електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації дозволяє збільшити коефіцієнт дифузії барвника у поліефірне волокно, досягти вибирання за менший проміжок часу при однаковій спорідненості і виключити з фарбувальної ванни шкідливу органічну речовину.

#### **Список використаної літератури**

1. Кричевский Г.Е. Диффузия и сорбция в процессах крашения и печатания. – М.: Легкая индустрия, 1981. – 208 с.
2. Кричевский Г.Е. Роль химии в производстве текстиля. Эволюция и революция в текстильной химии. – 2002. – т. XLVI. – № 1.
3. Беленький Л.И. Технологические расчеты в химической технологии волокнистых материалов. – М.: Высшая школа, 1985. – 240 с.
4. Салеба Л.В. Вплив електророзрядної обробки на розчини дисперсних барвників при фарбуванні лавсану // Проблемы легкой и текстильной промышленности. – 2012. – № 1(19). – С. 45-50.