

УДК 620.179.4:655.366

*В. З. Майк, Л. М. Ясінська*

*Українська академія друкарства*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФОТОПОЛІМЕРНОГО АДГЕЗИВУ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ТИСНЕННЯ ФОЛЬГОЮ**

*Наводяться результати фізико-механічних властивостей фотополімерного адгезиву для холодного тиснення на етикетно-пакувальній продукції.*

Сьогодні поліграфічні підприємства мають визначену спеціалізацію, що відповідає світовій практиці: це переробка текстової та ілюстраційної інформації, виготовлення фотоформ, етикетної, пакувальної, книжкової, газетної, оперативної друкованої продукції тощо. Сучасне друкарство — це потужна галузь, яка вийшла поза традиційний простір дій через книжку та її друкування й охопила таку нову сферу суспільної діяльності, як реклама та упакування.

Оздоблення друкованої продукції має давню історію та багаті традиції. Теперішній розвиток поліграфічних технологій дозволив досягти значних успіхів в оздобленні друкованої продукції. У поліграфічному виробництві є ряд процесів, які дають змогу значно поліпшити вигляд друкованої продукції, особливо її оформлення, надати їй нових споживчих якостей.

Процеси оздоблення поліграфічної продукції останнім часом отримали свій розвиток завдяки новим матеріалам й обладнанню для їх використання. Способи облагородження друкованих виробів можуть виконуватись як самостійно, так і в поєднанні один з одним, що дозволяє урізноманітнити оформлення поліграфічної продукції. Одним з таких способів є холодне тиснення фольгою [1–4, 9, 11–15].

При виготовленні та експлуатації фотополімерного адгезиву на нього діють різні зовнішні поля: механічні, теплові тощо. Фізико-механічні властивості фотополімерного матеріалу визначають ступінь зміни його структури, розмірів, форми. Дослідження фізико-механічних властивостей фотополімерного шару проводилися нами за відомими методиками [1, 5–8, 10]. Результати експериментів фізико-механічних властивостей фотополімерного адгезиву на приладі ИЗВ-1 при різних навантаженнях залежно від часу наведено в таблиці. Тут графічно зображено розвиток деформацій фотополімерного адгезиву в часі під постійним навантаженням і спад після зняття навантаження. Максимальну деформацію під постійним навантаженням визначали через 30 хв і залишкову після його зняття також через 30 хв.

Таблиця

**Розрахункові та експериментальні результати досліджень  
фізико-механічних характеристик фотополімерного адгезиву  
MRV-FOILCOLD-2006 (УАД)**

Характеристика				Значення		
<b>Навантаження 2,94 МПа (30 кг/см<sup>2</sup>)</b>						
Модуль стиску ( $E_{ст}$ ), МПа				0,45		
Середня швидкість повзучості ( $v_{сеп}$ ), м/с				$0,015 \cdot 10^{-6}$		
Вид деформації, %				Частка даної деформації в сумарній, %		
$\epsilon_{сум}$	$\epsilon_{пр}$	$\epsilon_{ел}$	$\epsilon_{пл}$	$D_{пр}$	$D_{ел}$	$D_{пл}$
6,5	1,6	1,1	3,3	24,6	16,9	58,5
<b>Навантаження 4,90 МПа (50 кг/см<sup>2</sup>)</b>						
Модуль стиску ( $E_{ст}$ ), МПа				0,65		
Середня швидкість повзучості ( $v_{сеп}$ ), м/с				$0,028 \cdot 10^{-6}$		
Вид деформації, %				Частка даної деформації в сумарній, %		
$\epsilon_{сум}$	$\epsilon_{пр}$	$\epsilon_{ел}$	$\epsilon_{пл}$	$D_{пр}$	$D_{ел}$	$D_{пл}$
7,6	2,1	1,5	4	27,6	19,7	52,7
<b>Навантаження 6,87 МПа (70 кг/см<sup>2</sup>)</b>						
Модуль стиску ( $E_{ст}$ ), МПа				0,67		
Середня швидкість повзучості ( $v_{сеп}$ ), м/с				$0,04 \cdot 10^{-6}$		
Вид деформації, %				Частка даної деформації в сумарній, %		
$\epsilon_{сум}$	$\epsilon_{пр}$	$\epsilon_{ел}$	$\epsilon_{пл}$	$D_{пр}$	$D_{ел}$	$D_{пл}$
10,2	2,1	3,9	4,2	20,6	38,2	41,2

За одержаними графіками визначали відносну сумарну деформацію адгезиву та її складові — пружну, еластичну і пластичну (у процентах до відносної сумарної) деформацію. При збільшенні навантаження від 2,94 до 6,87 МПа сумарна деформація зростає з 6,5 до 10,2%. При цьому майже половину сумарної деформації складає пружно-еластична, яка відновлюється після зняття навантаження.

Суть високоеластичної деформації (рис.1) полягає в тому, що стиснуті гнучкі ланцюги олігоуретанаакрилату та інших компонентів після зняття навантаження повертаються в початковий стан. Це можна пояснити особливістю будови олігоуретанаакрилату та його взаємодією з олігоєфіракрилатом ТГМ-3, щільністю утвореної сітки при співполімеризації (цей фактор впливає і на ступінь набрякання), можливістю перебудови сітки при деформації. Високоеластичність має кінетичний характер і обумовлена рухомістю макромолекул ОУА і ТГМ. При зростанні навантаження на фотополімерний адгезив збільшуються модуль стиску та середня швидкість повзучості матеріалу.

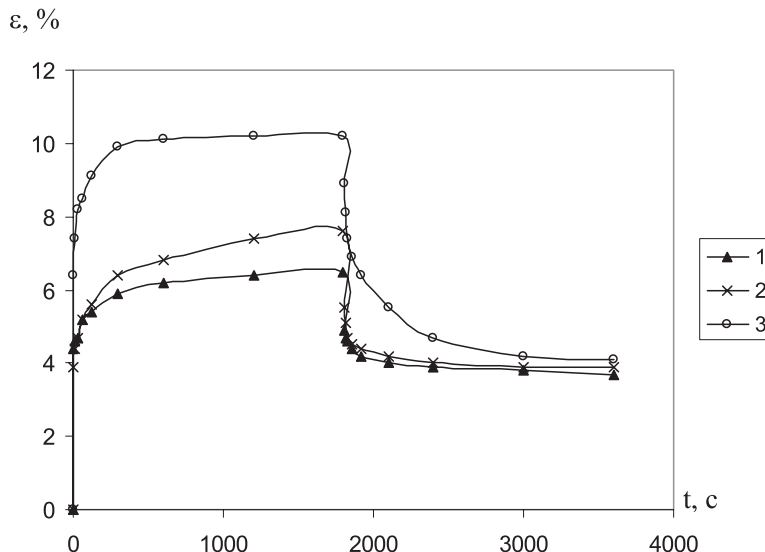


Рис. 1. Кінетика деформації досліджуваного фотополімерного адгезиву під навантаженням та після нього залежно від часу:  
 1 — навантаження 2,94 МПа; 2 — навантаження 4,9 МПа;  
 3 — навантаження 6,87 МПа

Важливим для прогнозування експлуатаційних властивостей фотополімерного адгезиву є вивчення впливу величини навантаження на деформаційні властивості полімерних шарів (зміна розмірів, об'єму і форми). Деформація супроводжується зміною структури полімерів і їх властивостей: чим більша деформація, тим значніша зміна структури і властивостей. Навантаження зразків проводили в діапазоні 0,49–3,92 МПа.

Деформаційні властивості полімерних матеріалів оцінювали за кривими напруження — деформації ( $\sigma$  —  $\epsilon$ ) у процесі навантаження і розвантаження фотополімерних адгезивів (рис. 2). Зразки полімерних матеріалів навантажували до максимальної деформації  $\epsilon$  при  $\sigma = 3,92$  МПа, після того навантаження знімали з такою ж швидкістю до  $\sigma = 0$ . Криві стиску і відновлення не збігаються, зразки повністю не відновлюються, а мають залишкову деформацію. На хід кривої  $\sigma$  —  $\epsilon$  впливає релаксаційний характер деформації, який проявляється у відставанні її від напруження при деформуванні й наявності залишкових деформацій після зняття навантажень (гістерезис).

З погляду термодинаміки, робота  $A$ , що затрачається на деформування, повертається повністю при пружній деформації і частково перетворюється в тепло ( $Q$ ) при високоеластичній. Отже для високоеластичної деформації  $A_{\text{стиску}} = A_{\text{відновлення}} + Q$ . Це означає, що в циклі «стискування — відновлення» незворотно губиться частина роботи, витрачена на деформування. Дана робота є пропорційною площі під петлею гістерезису і називається механічними втратами. Втрати механічної енергії відбуваються при перетворенні

її в теплоту, тому  $A_{\text{мв}} = Q$ . Величина механічних втрат залежить від умов деформування. При високій швидкості та незначному часі деформування структура фотополімерного адгезиву змінюється мінімально, за час відновлення може пройти повна релаксація і механічні втрати будуть незначними.

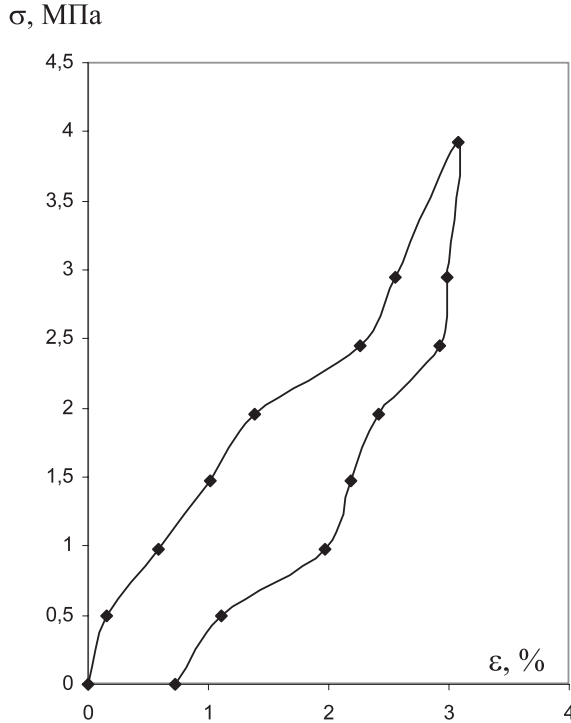


Рис. 2. Зміна відносної деформації  $\varepsilon$  при стиску і розвантаженні досліджуваного фотополімерного адгезиву

При дослідженні фотополімерного адгезиву MRY-FOILCOLD-2006 максимальна деформація під навантаженням 3,92 МПа становить 3,066%, а після розвантаження — залишкова 1,095%. Це свідчить про те, що адгезив є пластичним та еластичним.

Експерименти показали, що при стиранні будь-яких полімерних матеріалів вплив навантаження  $P$  можна описати формулою  $I=I_1P^\alpha$ . Причому  $\alpha=1$ , якщо стирання відбувається по абразивному полотну. Випадок  $\alpha=1$  відповідає фундаментальному факту пропорційності стирання площі реального контакту. Фактично, при абразивному зношуванні  $I\sim P$ , що вказує на те, що інтенсивність стирання пропорційна площі фактичного контакту при терті.

Зносостійкість фотополімерних адгезивів вивчали при стиранні до 10 тис. циклів на приладі ИМР-1. Тому при дослідженнях матеріалу на стирання процес інтенсифікували. Стирали шар абразивним матеріалом зі системою гострих виступів. Як абразивний матеріал використовували шліфувальний

папір P220–320. Зміна зерен абразиву не змінює відносної зносостійкості різних полімерних матеріалів.

На рис. 3–6 наведено залежності масового й об'ємного зношування, градієнта швидкості зношування, інтенсивності стирання фотополімерного адгезиву MRY–FOILCOLD–2006 від кількості циклів прилада ИМР-1. Питоме зношування за масою  $I_m$  для адгезиву змінюється в діапазоні від 0,00211 г/см<sup>2</sup> (500 циклів) до 0,05012 г/см<sup>2</sup> (10000 циклів), а питоме зношування за об'ємом  $I_v$  – від 0,00179 см (500 циклів) до 0,04263 см (10000 циклів). Питоме зношування за масою й об'ємом у всьому діапазоні зношування досліджуваного адгезиву майже пропорційно зростає зі збільшенням кількості циклів.

$I_m \cdot 10^{-4}$ , г/см<sup>2</sup>

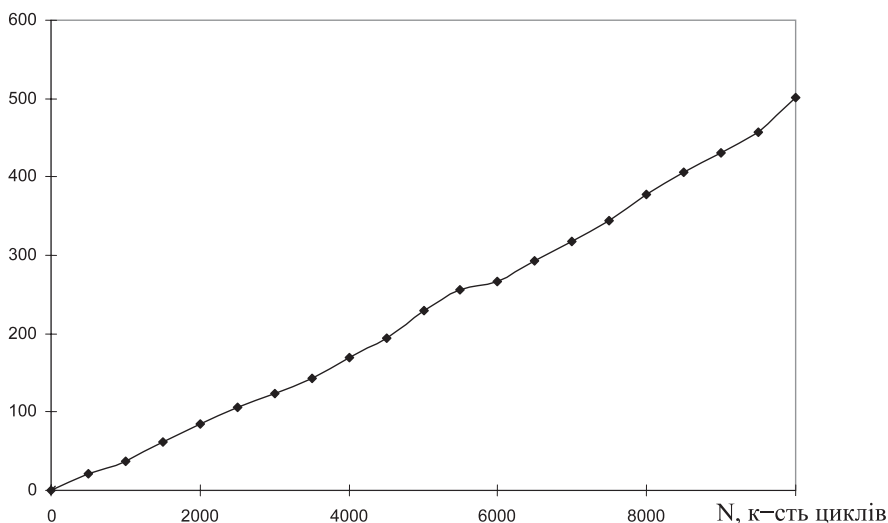


Рис. 3. Залежність питомого зношування досліджуваного фотополімерного адгезиву за масою від кількості циклів стирання

Градiєнт швидкості стирання  $\Delta m/\Delta n$  фотополімерного адгезиву MRY–FOILCOLD–2006 змінюється в діапазоні від мінімального  $18 \cdot 10^{-6}$  (500 циклів) до  $38 \cdot 10^{-6}$  (10000 циклів). Градієнт швидкості зношування різко зростає на початкових стадіях стирання, після цього маємо ділянку майже рівномірного зношування, а відтак різкого падіння зношування з подальшим його збільшенням. Це засвідчує, що є декілька періодів зношування (пов'язано з типологією структури фотополімерного матеріалу).

Інтенсивність стирання  $I$  для фотополімерного адгезиву MRY–FOILCOLD–2006 змінюється в діапазоні від мінімального  $30 \cdot 10^{-8}$  (500 циклів) до  $35,7 \cdot 10^{-8}$  (10000 циклів). На початку процесу вона становить  $30 \cdot 10^{-8}$  (1000 циклів), приблизно є однаковою до 4000 тис. циклів і далі незначно пропорційно збільшується до  $35,7 \cdot 10^{-8}$  (10000 циклів).

У процесі стирання полімерних матеріалів відбувається руйнування поверхневого шару полімерних матеріалів при терті. Механізм зношування матеріалів доволі складний і пов'язаний як зі специфікою поверхневих шарів, так і процесів, що відбуваються в місцях тертя з контртілом.

$I_v \cdot 10^{-3}$ , см

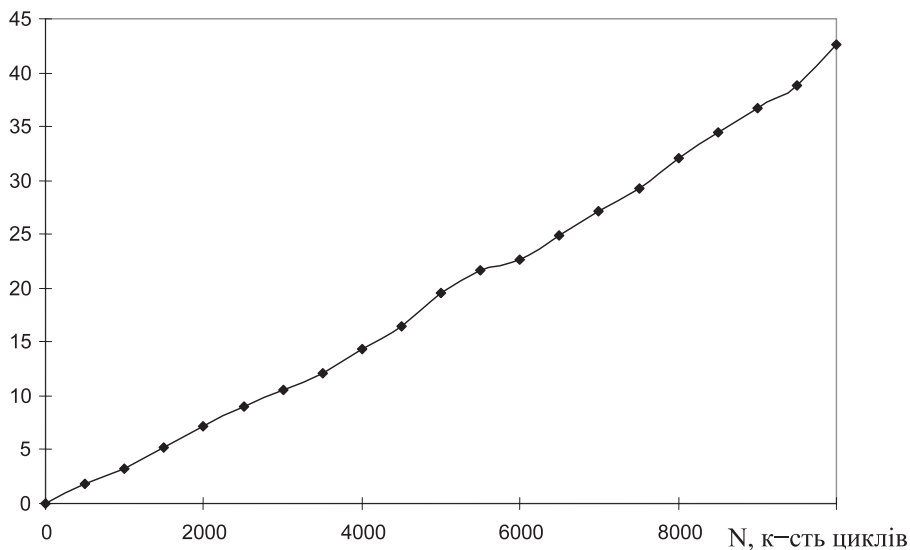


Рис. 4. Залежність об'ємного зношування досліджуваного фотополімерного адгезиву від кількості циклів стирання

$\frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot 10^{-6}$

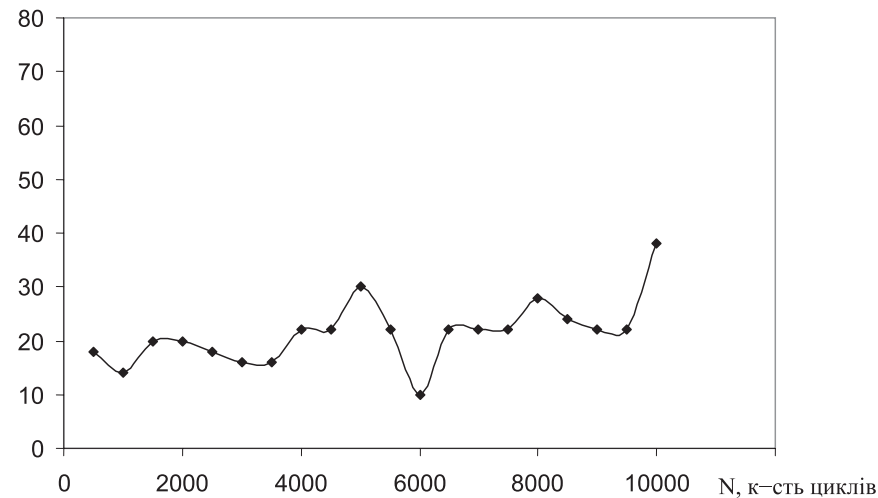


Рис. 5. Залежність градієнта швидкості зношування досліджуваного фотополімерного адгезиву від кількості циклів стирання

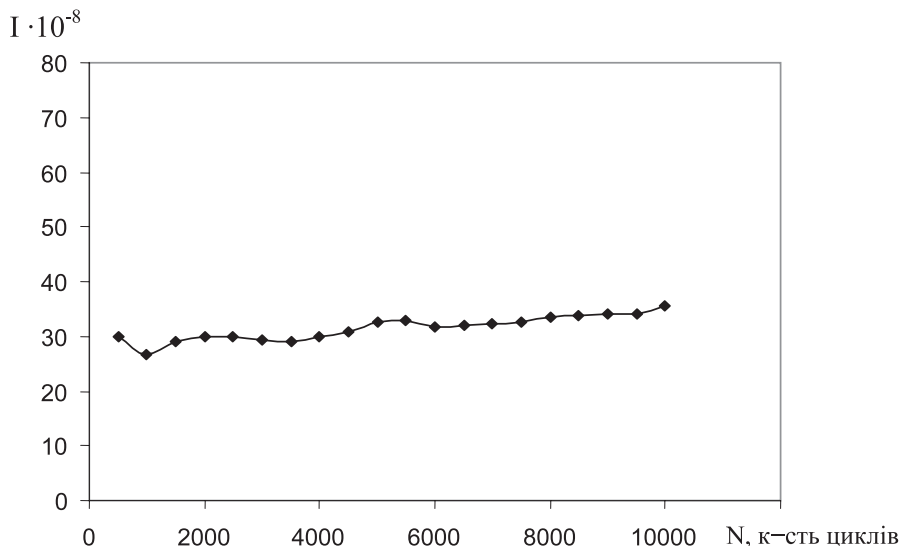


Рис. 6. Залежність інтенсивності стирання досліджуваного фотополімерного адгезиву від кількості циклів стирання

Дослідження деформаційних властивостей за різними методиками (еластомер, ИЗВ-1) показує, що адгезив є еластичним і після зняття навантаження більша частина деформацій зникає. Адгезив є стійким до прискореного стирання з використанням шліфувальної шкурки і не руйнується до 10000 циклів.

Проведена апробація технології в лабораторних умовах показала можливість отримання високоякісної друкованої продукції з використанням процесу холодного тиснення.

1. Анісімова С. В. Лабораторний практикум з поліграфічного матеріалознавства / С. В. Анісімова, Л. М. Олексій, З. Г. Токарчик, В. В. Шибанов. — Львів : Афіша, 2001. — 184 с.
2. Баум Е. Экономическая голография, или Как поймать трех зайцев сразу / Е. Баум // Флексо Плюс. — 2006. — № 5. — С. 30–33.
3. Гудилин Д. Новые возможности отделки в листовом офсете / Д. Гудилин // Компьюарт. — 2007. — № 2. — С. 16–22.
4. Гудилин Д. Холодное тиснение фольгой / Д. Гудилин // Мир этикетки. — 2004. — № 5. — С. 51–53.
5. Гурова Т. А. Технический анализ и контроль производства пластмасс / Т. А. Гурова. — М. : Высш. шк., 1973. — 256 с.
6. Испытание материалов: справ. / Под ред. Блюменауэра. — Х.-М. : Химия, 1979. — 448 с.
7. Контрольно-измерительные приборы для полиграфической промышленности: каталог-справочник. — М. : Книга, 1976. — 44 с.
8. Лебедев Л. М. Машины и приборы для испытания полимеров / Лебедев Л. М. — М. : Машиностроение, 1967. — 212 с.
9. Маїк В. З. Технології тиснення і фольгування / В. З. Маїк // Палітра друку. — 2004. — № 6. — С. 47–53.
10. Малкин А. Я. Методы измерения механических свойств полимеров / А. Я. Малкин, А. А. Аскадский, В. В. Коврига. — М. : Химия, 1978. — 330 с.
11. Новые материалы для изготовления этикеток: фольга и клей для холодного тиснения, УФ-краски // Мир этикетки. — 2004. — № 6. — С. 34–37.
12. Поляков Д. Технология холодного тиснения: новый способ отделки / Д. Поляков // Флексо Плюс. — 2001. — № 4. — С. 1–5.
13. Поляков Д. Технология холодного тиснения: новый способ отделки / Д. Поляков // Флексо Плюс: Флексография и специальные виды печати. — 2001. —

№ 4. — С. 22–24. 14. Холодное тиснение: особенности технологии // Флексо Плюс. — 2005. — № 1. — С. 22–27. 15. Foilbond TC: методические указания с англ. языка [рус.] / техн. предст. А. Жовтенко; AN1 Printing Inks Oy. — Р.о.В. 33, Fin — 00741 Helsinki, Finland; — окт. 2001. — С. 1–4.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОТОПОЛИМЕРНОГО АДГЕЗИВА ДЛЯ ХОЛОДНОГО ТИСНЕНИЯ ФОЛЬГОЙ**

*Приводятся результаты физико-механических свойств фотополимерного адгезива для холодного тиснения на этикетно-паковочной продукции.*

### **RESEARCH OF FIZIKO-MECHANICAL PROPERTIES OF FOTOPOLIMERNOGO ADHESIVE FOR COLD STAMPING FOIL**

*In the work the results of physic-mechanical properties of photo-polymer adhesive for the cold stamping on label-packaging products have been presented.*

*Стаття надійшла 07.04.2009*

УДК 655.3.022.51

**С. Якуцевич**

*Институт механики и полиграфии  
Варшавского политехнического института*

**Н. В. Ярка**

*Украинская академия печати*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЫЛЕНИЯ ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ**

*Рассматривается проблема пыления газетной бумаги, ее влияния на качество печати. Проанализированы факторы, вызывающие этот дефект, и способы борьбы с ним.*

**Актуальность.** Пылению и выщипыванию бумаги посвящен ряд исследований, результаты которых изложены в фундаментальных работах [1–3]. В то же время появление новых материалов — различных типов бумаг и красок, увеличение скорости печатания на современных рулонных офсетных машинах требует дальнейшего развития теоретических исследований, а на их основе получения соответствующих практических результатов.

**Цель работы.** Исследовать влияние пыления бумаги в условиях печатания на современных рулонных офсетных машинах.