

УДК 655.3.062

**Репета В.Б., Сенькивский В. Н.**

УАП, г. Львов, Украина

## **РАНЖИРОВАНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ КАЧЕСТВА УЗКОРУЛОННОЙ УФ-ФЛЕКСОГРАФСКОЙ ПЕЧАТИ**

### *Аннотация*

В соответствии с установленными факторами качества узкорулонной УФ-флексграфской печати был сформирован ориентированный граф. Используя иерархическое представление соотношений между факторами, проведен расчет соответствующих коэффициентов их значимости. В работе установлено, что наиболее значимы такие факторы, как сложность сюжета продукции, вид запечатываемого материала, вязкость УФ-красок, скорость печати, тип и параметры печатной формы. Полученные результаты ранжирования позволят синтезировать модель приоритетности факторов для последующего прогнозирования качества печати.

*Ключевые слова:* флексография, качество, ориентированный граф, ранг фактора.

**Repeta V. B., Senkivsky V. N.**

UAP, Lviv, Ukraine

## **RANKING IMPORTANCE OF QUALITY FACTORS OF THE FLEXO NARROW WEB UV-PRINTING**

### *Abstract*

Oriented graph has been drawn in the article according to fixed factors of the quality of Narrow web flexography UV-printing. Using hierarchical representation of relationships between factors in the form of oriented graphs we have ranked the factors of the flexography UV-printing process and calculated their corresponding coefficients. We have found that the most ranked are such factors as the complexity of the product plot, the type of the printing material, the printing speed, the viscosity of UV-inks. Received results of ranking will enable to synthesize of the model of priority factors for subsequent predicting print quality.

*Keywords:* flexography, quality, oriented graph, factor rank.

## Введение

За последнее десятилетие наблюдается тенденция перехода производителей этикеточной продукции с офсетной печати на узкороллонную флексографскую УФ-печать. Это объясняется новыми возможностями отделки оттисков «в линию», желанием производителей снизить себестоимость продукции, эффективно среагировать на запросы рынка упаковки и этикетки [1; 2; 3], удовлетворить его потребность в малых тиражах, уменьшить капиталовложения и затраты на обслуживание машин [4].

Технологический процесс печати можно рассматривать как совокупность элементов, находящихся в определенных связях друг с другом и создающих определенную целостность — систему. Для получения качественных показателей печатных оттисков необходимо достичь согласованности между элементами технологического процесса печати и его нормальным прохождением. Влияние на флексографскую печать таких факторов, как параметры анилоксового валика, линиатуры печатной формы, поверхностная энергия полимерных пленок и т. д., уже достаточно изучены, при этом не уделено достаточного внимания комплексной взаимосвязи между этими факторами. Исходя из этого, целесообразно определить взаимосвязь между факторами и рассчитать их значимость для обеспечения качества технологического процесса.

### 1. Методы

Исследование факторов технологического процесса методом анализа иерархий, решение матрицы достижимости и попарное сравнение факторов [5] учитывают как прямые влияния и зависимости между факторами, так и косвенные, которые проходят через другой фактор. Оба типа влияния идентифицируются в матрице одинаково, а именно — единицей, то есть они между собой не отличаются. Соответственно, анализ и обработка бинарных элементов матрицы достигаемости с использованием итерационных таблиц приводит к размещению на одном уровне иерархии нескольких факторов, что указывает на некоторую неадекватность многоуровневой модели. С учетом этого, для анализа факторов процесса использован метод [6], который не только принимает во внимание количество влияний или зависимостей между факторами, но и различает их типы путем предоставления каждому из них разного веса.

В соответствии с работой [5] определены следующие факторы технологического процесса:

- $k_1$  — сложность сюжета продукции (СП);
- $k_2$  — вид запечатываемого материала (ЗМ);
- $k_3$  — тип и параметры анилоксового валика (АН);
- $k_4$  — вязкость УФ-краски (ВК);
- $k_5$  — скорость печати (СК);
- $k_6$  — характер краскопередачи (КП);
- $k_7$  — тип и параметры печатной формы (ПФ);
- $k_8$  — поверхностная энергия запечатываемого материала (ПЭ);
- $k_9$  — деформация печатных элементов формы (ДП);
- $k_{10}$  — поверхностная обработка материала (коронный разряд) (КР).

Факторы и возможные связи между ними представим в виде ориентированного графа. Проанализировав граф (рис. 1), отдельно разделим факторы с указанием прямых воздействий каждого из них и путей зависимостей от других факторов (рис. 2). Взаимосвязь между факторами процесса приведем в таблице 1.

Рассчитаем суммарные весовые значения прямого и косвенного влияния факторов и их интегральной зависимости от других факторов. Для этого внесем дополнительные обозначения. Пусть  $k_{ij}$  — количество влияний ( $i = 1$  — прямых,  $i = 2$  — косвенных) или зависимость ( $i = 3$  — прямая,  $i = 4$  — косвенная) для  $j$ -го фактора ( $j = 1, \dots, n$ );  $w_i$  — весомость  $i$ -го типа. Для расчета примем такие условные значения для весомых коэффициентов в условных единицах:  $w_1 = 10$ ,  $w_2 = 5$ ,  $w_3 = -10$ ,  $w_4 = -5$ . Суммарные весовые величины обозначим  $S_{ij}$ .

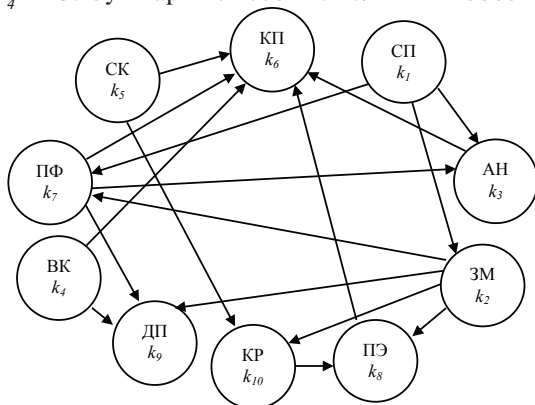


Рис. 1. Ориентированный граф факторов процесса узкоруллонной УФ-флекографской печати

Окончательно получим формулы:

$$S_{ij} = k_{ij} w_i \quad (i = 1, 2, 3, 4; j = 1, \dots, n), \quad (1)$$

где  $n$  — номер фактора.

Для нашего ориентированного графа (рис. 1) с учетом (1) получим:

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{10} k_{ij} w_i. \quad (2)$$

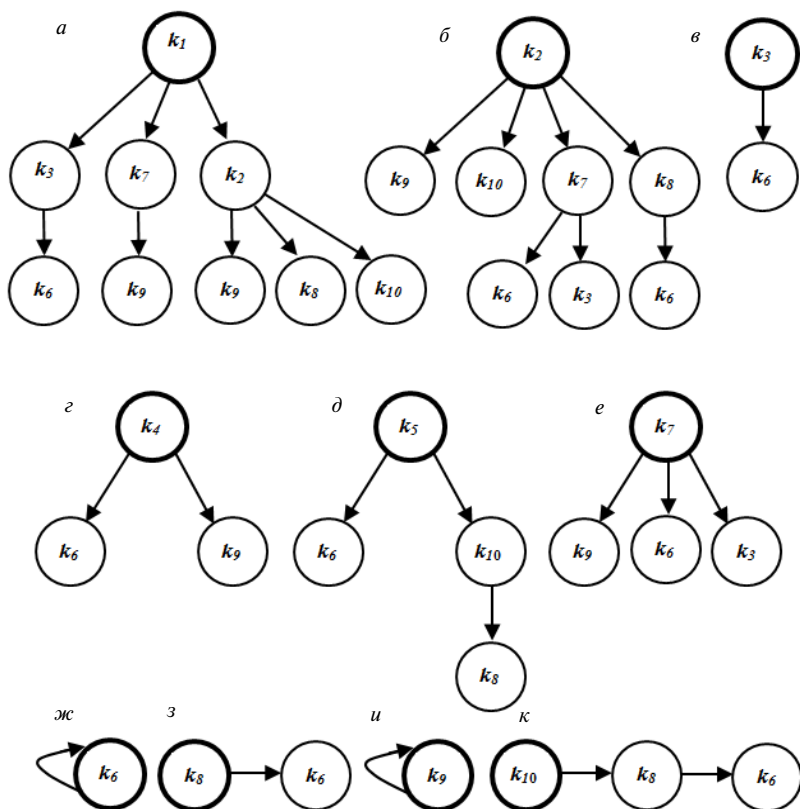


Рис. 2. Графы иерархичных многоуровневых связей для факторов процесса узкоролунной УФ-флекографской печати (а–к)

Таблица 1

Взаимосвязь между факторами процесса  
УФ-флексграфской печати

Характеристика фактора	Номер фактора $j$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зависимость	0	1	2	0	1	4	2	2	3	2
Влияние	3	4	1	2	2	0	2	1	0	1

Понятно, что при отсутствии для некоторого фактора одного из типов связи соответствующее ему значение  $k_{ij}$  в формуле (2) равно нулю. Приведенная формула служит основой для получения весовых значений ранжирования факторов с учетом различных типов связей между ними. Для формирования таблицы 2, с учетом анализа графов (рис. 2) и таблицы 1, определяем прямые влияния, количество которых фиксируем коэффициентами  $k_{ij}$ . «Пути зависимости» обеспечивают подобным образом получение коэффициентов  $k_{ji}$ . Комбинированный учет косвенных влияний или зависимостей фактора (то есть влияние и зависимость через другие факторы) обуславливает коэффициенты  $k_{2j}$  и  $k_{4j}$ .

Следует заметить, что  $S_{3j} < 0$  и  $S_{4j} < 0$ , поскольку по заданным исходным условиям  $w_3 < 0$  и  $w_4 < 0$ . Итак для приведения суммарных весовых значений фактора с наименьшим приоритетом к нулю, а остальных к положительному значению, формулу (2) трансформируем к виду:

$$S_{Fj} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{10} k_{ij} w_i + \max |S_{3j}| + \max |S_{4j}|. \quad (3)$$

## 2. Результаты

По проведенным расчетам формируем таблицу 2 для установления рангов факторов.

Таблица 2

Данные расчета значимости факторов  
УФ-флексграфской печати

Номер фактора $j$	$k_{1j}$	$k_{2j}$	$k_{3j}$	$k_{4j}$	$S_{1j}$	$S_{2j}$	$S_{3j}$	$S_{4j}$	$S_{Fj}$	Ранг фактора $r_j$
1	3	2	0	0	30	20	0	0	120	1
2	4	1	1	0	40	10	-10	0	110	2
3	1	0	2	1	10	0	-20	-5	55	7
4	2	0	0	0	20	0	0	0	90	4
5	2	1	1	0	20	5	0	0	95	3
6	0	0	4	4	0	0	-50	-20	0	10
7	2	1	2	0	30	0	-20	0	80	5
8	1	0	2	1	10	0	-20	-10	50	8
9	0	0	3	1	0	0	-30	-10	30	9
10	1	1	2	0	10	5	-20	-5	60	6

Из таблицы видно, что  $\max|S_{3j}| = 50$ ;  $\max|S_{4j}| = 20$ . Указанные величины прибавляются в каждой строке к сумме значений, указанных в колонках  $S_{1j}$ ,  $S_{2j}$ ,  $S_{3j}$  и  $S_{4j}$ . Окончательно получаем результирующую значимость фактора, которая служит основой для установления ранга фактора  $r_j$ , что равнозначно приоритетности его влияния на процесс УФ-флексграфской печати. Максимальный ранг имеет фактор с наибольшим значением  $S_{Fj}$ .

Согласно полученному результату, наибольшим рангом обладают факторы: сложность сюжета продукции, вид запечатываемого материала, вязкость УФ-красок, скорость печати и параметры печатной формы. Результаты подтверждаются на практике, поскольку сложность сюжета продукции определяет параметры печатной формы, а она требует выбора анилоксowego валика определенной линиатуры. В свою очередь запечатываемый материал (пленка, бумага) определяет качество оттисков, в зависимости от его поверхностной энергии или впитывающей способности.

### 3. Заключение

Таким образом, в результате применения метода ранжирования рассчитаны ранги значимости факторов процесса УФ-

флексографской печати этикеточной продукции. Результаты ранжирования факторов позволят синтезировать модель приоритетности влияния факторов на процесс УФ-флексографской печати, которая будет основой разработки имитационной модели прогнозирования и контроля качества печати.

#### Список литературы

1. Wessendorf Ansgar. Current and future. Flexo & Gravure Global. 4. 2013. P. 56–57.
2. Чубыкин Алексей. Российский рынок узкорулонной печати. ФлексоПлюс. 4 (100). 2014. С. 38–46.
3. Katz S. Flexo, say the experts, no longer has to compare itself to offset. It now sets its own standards. URL: <http://shows.labelandnarrowweb.com/articles/2009/04/flexo-trends> (дата обращения: 26.01.2014).
4. Дорофеев С. Узкорулонные флексографские машины: требования рынка и тенденции развития. ФлексоПлюс. 3 (5). 1998. С. 12–13.
5. Модель ієрархії критеріїв процесу вузькорулонного УФ-флексографічного друку / Репета В., Гургаль Н., Сеньківський В., Шибанов В // Поліграфія і видавнича справа. 2012. 4. С. 76–81.
6. Сеньківський В. М., Піх І. В. Математичне моделювання процесу ранжування факторів // Моделювання та інформаційні технології. 2013. 69. С. 142–146.