

# ИЗДАТЕЛЬСКОЕ ДЕЛО. ПОЛИГРАФИЯ

УДК 621.592

**И. А. СЫСУЕВ  
А. О. НИКОЛАЕНКО  
Д. В. КАШИНСКИЙ**

Омский государственный  
технический университет

ООО «ММ Полиграфоформление  
Пэкэджинг», г. Санкт-Петербург

## К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ ИЗДЕРЖЕК ОФСЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Статья посвящена проблеме перерасхода краски в процессе офсетной печати. Приведен алгоритм расчета необходимого количества краски на тираж, используемый в ООО «ММ Полиграфоформление Пэкэджинг». Рассмотрена одна из возможных проблем перерасхода, а именно свойства запечатываемого сырья — картона. Проведены испытания картона на впитываемость при одностороннем смачивании по методу Кобба. Установлено, что впитывающая способность не влияет на перерасход краски. На основании проведенных исследований уточнен алгоритм расчета количества краски, необходимого для печати тиража.

**Ключевые слова:** офсетная печать, издержки производства, картон, впитываемость, перерасход краски

ООО «ММ Полиграфоформление Пэкэджинг» — совместная российско-австрийская компания, возглавляет список крупнейших предприятий Северо-Западного региона России, работающих в индустрии упаковки. Основное направление деятельности предприятия — это производство способом офсетной печати этикетки и упаковки для производителей продуктов питания и товаров народного потребления. Компания работает по международным стандартам качества [1].

Главной задачей офсетной печати является получение качественного изображения в короткие сроки при минимальных затратах. При изготовлении тиражей большого объема одним из основных источников издержек является простой печатного оборудования. Стоимость останова печатной машины включает в себя стоимость времени простоя оборудования, затраты на новые формы, время на их изготовление, время на приладку и технические отходы. Час работы печатной машины стоит примерно

17,5 тыс. руб., соответственно, простой является довольно затратным. Поэтому одной из основных стратегий предприятия является сокращение времени простоя печатных машин.

Одной из причин простоя печатного оборудования является превышение фактически использованного количества смесевой краски (фирменных цветов) над расчетным. Возможным решением проблемы является заказ краски с запасом. Однако такая процедура является экономически целесообразной только в случае повторных тиражей, но если тираж единственный, вероятность использования краски фирменного цвета при печати других тиражей крайне мала и краска будет скапливаться на складе. Так как предприятие специализируется на выпуске крупных тиражей, за год на складе может накапливаться до 16 тонн неиспользованной краски.

Перерасход краски приводит к снятиям тиражей и к 120 часам простоя печатных машин в месяц, что соответствует примерно 2 млн руб., которые составляют только стоимость останковки оборудования, без учета стоимости сырья, приходящегося на технические отходы, и затрат на изготовление новых печатных форм.

На предприятии используется следующий алгоритм расчета необходимого количества краски на тираж.

Запечатываемая площадь одной коробки:

$$S = \frac{a}{1000} \times \frac{b}{1000} \times k,$$

где  $a$  — длина развертки, мм,  
 $b$  — ширина развертки, мм,  
 $k$  — степень запечатки, %.

Расход краски на одну коробку:

$$P = \frac{S \times K}{1000},$$

где  $K$  — коэффициент краскопереноса, г/м<sup>2</sup>. Для смесевых красок (Пантон)  $K = 2$  г; для триадных красок  $K = 1,5$  г.

Чистый расход краски без переменных расходов:

$$P_{\text{чист}} = T \times P,$$

где  $T$  — тираж, т. е. количество экземпляров (коробок).

Необходимое количество краски (брутто на тираж):

$$P_{\text{необх.}} = P_{\text{чист}} + O,$$

где  $O$  — постоянные отходы (остатки краски на валиках, в кипсейке);

$O = 0,5 + K_{\text{впит}}'$ , где  $K_{\text{впит}}'$  — поправочный коэффициент, который представляет собой отклонение впитывающей способности картона от номинального значения, указанного в спецификации поставщика.

Для оценки перерасхода краски и получения информации о материалах, при печати на которых затрачивается наибольшее количество краски, были обработаны статистические данные о заказах за 2012 год. Для дальнейшего изучения была отобрана информация о тиражах, при изготовлении которых фактическое количество краски превысило расчетное. Во внимание также принимался вид картона и то, как часто происходил перерасход при его использовании.

Оценив данные о перерасходе, можно сделать вывод, что методика расчета достаточно эффективно работает, учитывает многие факторы, однако, судя по статистическим данным, имеет погрешности. Процент перерасхода варьируется в интервале от 1 до 2,2.

Кроме методики расчета количества краски, на перерасход также могут влиять такие факторы, как

- квалификация печатника;
- свойства запечатываемого материала (а именно, впитываемость картона);
- реология и интенсивность краски.

Для данного исследования был выбран параметр — впитывающая способность картона, потому что он наименее стабилен в рамках одного ордера. В соответствии со спецификациями поставщиков допустимое отклонение от заявленного в паспорте значения может составлять до 15 %. Поэтому в расчет необходимо количество краски закладывается поправка на впитываемость, которая прибавляется к постоянным отходам.

Таким образом, было принято решение провести исследование свойств картона. С учетом статистических данных были отобраны образцы картона для проведения теста на определение впитываемости при одностороннем смачивании по методу Кобба. Это следующие виды картона:

Таблица 1  
 Впитываемость (определенная по методу Кобба) различных видов картона

№ п/п	Наименование картона	Плотность, г/м <sup>2</sup>	Впитываемость, г/м <sup>2</sup>
1	Симкоут	240	0,3296
2	Симкоут	280	0,3456
3	Симкоут	295	0,3916
4	Сильваборд	230	0,4838
5	Тако СиИкс Лайт ОБА	200	0,3158
6	Тако СиИкс Лайт эс	215	0,3694
7	Тако СиИкс Вайт эс	225	0,4520
8	Карта Солида	225	0,4562
9	Коппаргрос	220	0,3822
10	Магностар	170	0,7772
11	Мультиколор Мирабель (МСМ)	300	0,6418

Сводные данные по впитываемости и перерасходу краски

Вид картона, плотность, г/м <sup>2</sup>	Площадь запечатки, %	Впитываемость, г/м <sup>2</sup>	Перерасход краски, %
Мультicolor Мирабель, 300 г/м <sup>2</sup>	74,3	0,6418	1,02
Мультicolor Мирабель, 300 г/м <sup>2</sup>	74,2	0,6418	1,02
Магностар, 170 г/м <sup>2</sup>	64,2	0,7772	1,02
Тако СиИкс Лайт ОБА, 200 г/м <sup>2</sup>	59,3	0,3158	1,02
Симкоут, 295 г/м <sup>2</sup>	59,2	0,3916	1
Симкоут, 295 г/м <sup>2</sup>	58,1	0,3916	2,02
Симкоут, 295 г/м <sup>2</sup>	57,9	0,3916	1,02
Тако СиИкс Лайт ОБА, 200 г/м <sup>2</sup>	52,8	0,3158	1,05
Симкоут, 280 г/м <sup>2</sup>	52,7	0,3456	1,01
Коппарглосс, 220 г/м <sup>2</sup>	52,3	0,3822	1,05
Магностар, 170 г/м <sup>2</sup>	51,8	0,7772	1
Карта Солида, 225 г/м <sup>2</sup>	51,3	0,4562	1,34
Тако СиИкс Вайт Эс, 225 г/м <sup>2</sup>	47,5	0,452	1
Тако СиИкс Лайт Эс, 215 г/м <sup>2</sup>	45,5	0,3694	1
Коппарглосс, 220 г/м <sup>2</sup>	44,7	0,3822	1,05
Тако СиИкс Вайт Эс, 225 г/м <sup>2</sup>	44,1	0,452	1
Тако СиИкс Лайт ОБА, 200 г/м <sup>2</sup>	42,1	0,3158	1,1
Тако СиИкс Лайт Эс, 215 г/м <sup>2</sup>	40,9	0,3694	1,01
Магностар, 170 г/м <sup>2</sup>	36,8	0,7772	1,03
Карта Солида, 225 г/м <sup>2</sup>	36,7	0,4562	1,34
Тако СиИкс Лайт ОБА, 200 г/м <sup>2</sup>	29,8	0,3158	1,01
Тако СиИкс Лайт Эс, 215 г/м <sup>2</sup>	25,9	0,3694	1,08
Тако СиИкс Лайт Эс, 215 г/м <sup>2</sup>	25,8	0,3694	1,01
Тако СиИкс Лайт ОБА, 200 г/м <sup>2</sup>	24,9	0,3158	1,07
Магностар, 170 г/м <sup>2</sup>	24,7	0,7772	1,02
Магностар, 170 г/м <sup>2</sup>	22,5	0,7772	1,03
Тако СиИкс Лайт Эс, 215 г/м <sup>2</sup>	14,9	0,3694	1,06
Такр СиИкс Лайт ОБА, 200 г/м <sup>2</sup>	14,6	0,3158	1,12
Сильваборд, 230 г/м <sup>2</sup>	14,1	0,3296	1,11
Карта Солида, 225 г/м <sup>2</sup>	13,7	0,4562	1,76
Карта Солида, 225 г/м <sup>2</sup>	13,1	0,4562	1,01
Магностар, 170 г/м <sup>2</sup>	11,5	0,7772	1,07

1. Симкоут (плотность 240 г/м<sup>2</sup>),
2. Симкоут (280),
3. Симкоут (295),
4. Сильваборд (230),
5. Тако СиИкс Лайт ОБА (200),
6. Тако СиИкс Лайт Эс (215),
7. Тако СиИкс Вайт Эс (225),
8. Карта Солида (225),
9. Коппарглос (220),
10. Магностар (170),
11. Мультicolor Мирабель (300).

Для проведения исследований использовались прибор для тестирования Cobb-T 95930, бумага фильтровальная лабораторная, весы лабораторные с ценой деления 0,001 г, образцы картона или бумаги (5 шт. размером 140×140 мм).

Методика проведения испытания заключалась в следующем. Подготовленные образцы взвешивали и помещали в прибор. В сосуд наливали воду, закрывали и выдерживали в течение 60 секунд. Затем воду

сливали и вынимали образец. После этого образец покрывали фильтровальной бумагой, помещали на гладкую поверхность и прокатывали валиком для удаления лишней воды. После отжима испытуемые образцы взвешивали. Величина впитываемости материала определялась как разность между весом сухого и смоченного образца. Результат испытания выражали средним арифметическим всех измерений в г/м<sup>2</sup> [2].

После проведения испытания были получены результаты, представленные в табл. 1.

Далее проводился анализ данных для выявления зависимости между площадью запечатки, впитываемостью картона и процентом перерасхода краски (табл. 2).

Для сравнения величин и выявления зависимости использовался коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции, показывающий степень статистической зависимости между двумя числовыми переменными, вычислялся следующим образом:

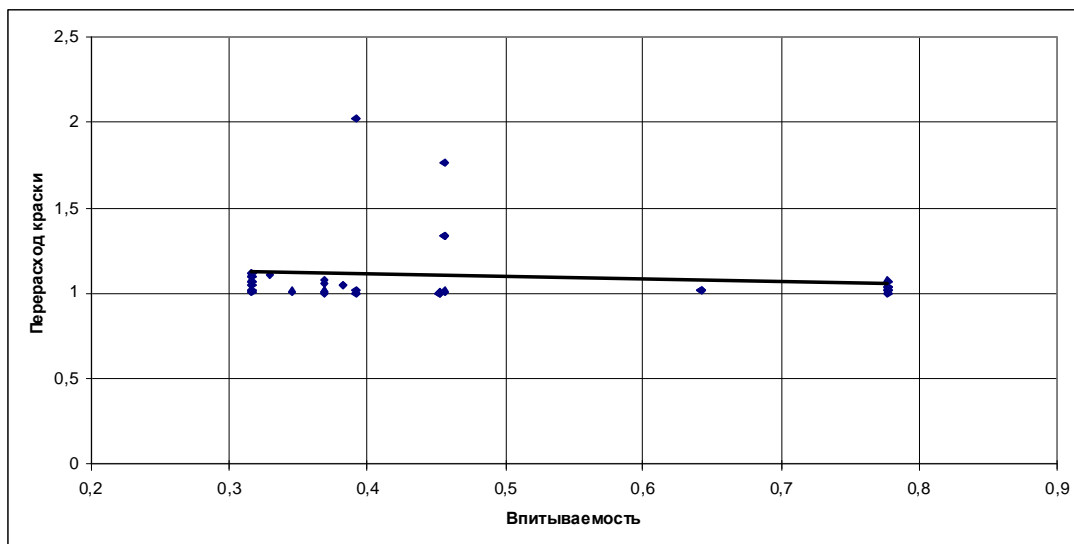


Рис. 1. Зависимость перерасхода краски от впитывающей способности картона

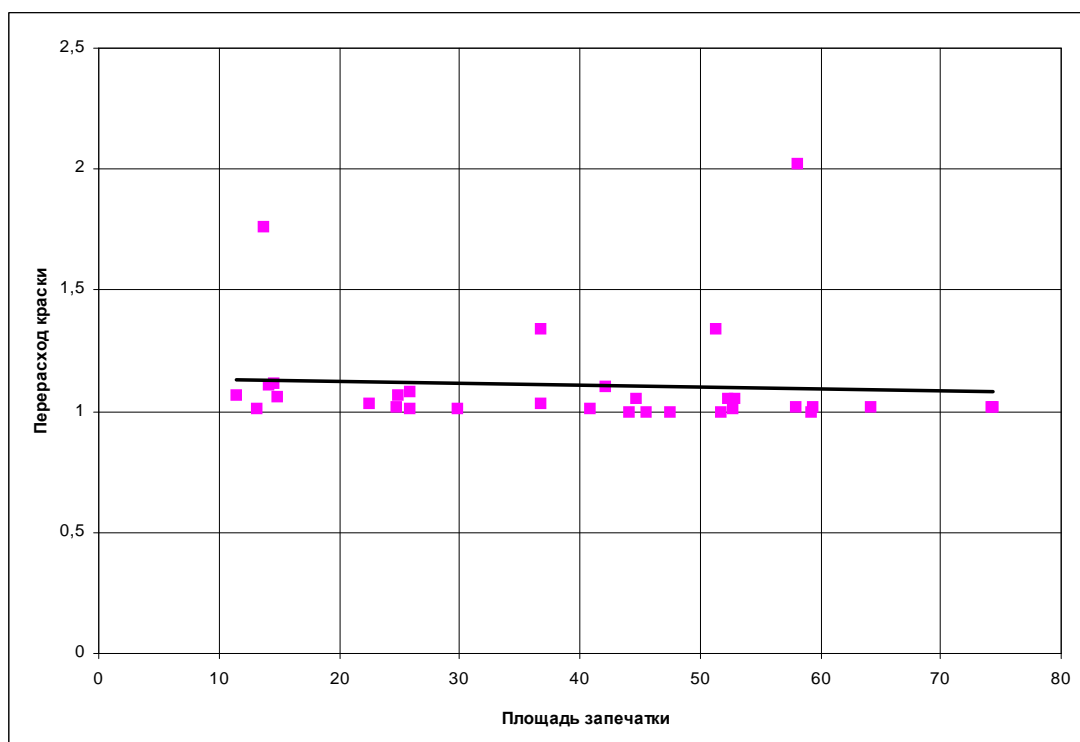


Рис. 2. Зависимость перерасхода краски от площади запечатки

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y},$$

где  $n$  — количество наблюдений,  $x$  — входная переменная,  $y$  — выходная переменная.

Были получены следующие результаты. Коэффициент корреляции впитываемости картона и перерасхода краски  $r_1 = -0,11959$ ; коэффициент корреляции площади запечатки и перерасхода —  $r_2 = -0,0592$ .

Так как полученные значения близки к 0, можно сделать вывод о том, что перерасход краски не зависит от впитывающей способности картона и от площади запечатки. Отсутствие зависимости также можно проследить на графиках (рис. 1, 2).

Анализ полученных результатов показал, что если показатель впитываемости находится в рамках спецификации, то это не влияет на расход краски

и этот параметр можно не принимать в расчете количества краски на тираж.

Следует отметить, что в среднем, исходя из данных проведенных испытаний по методу Кобба, отклонение по впитываемости от заявленного в паспорте составляет 7 %. Поскольку, как показывает практика, за год на складе может накапливаться до 16 тонн неиспользованной краски, то 7 % от 16 тонн составляют 1,12 тонны (при средней стоимости 1 кг краски Пантон в среднем около 750 руб.). Таким образом, если не учитывать поправочный коэффициент на впитываемость при расчете необходимого количества краски на тираж, экономия составит около 840 000 руб.

#### Библиографический список

1. Технологии офсетной печати. MM-Packaging [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mm-packa->

ging.com/unternehmen/technologie/ drucktechnologie/ offset.html (дата обращения: 27.03.2014).

2. Николаенко, А. О. Снижение издержек офсетного производства, связанных с нерациональным использованием краски / А. О. Николаенко, Д. В. Кашинский // Техника и технология современного нефтехимического и нефтегазового производства : материалы 3-й науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов, студентов, творческой молодежи профильных предприятий и организаций, учащихся старших классов. Омск, 24–25 апреля 2013 г. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. — Кн. I. — С. 248–253.

**СЫСУЕВ Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Обору-

дование и технологии полиграфического производства» Омского государственного технического университета (ОмГТУ).

**НИКОЛАЕНКО Алина Олеговна**, студентка гр. ПТ-518 нефтехимического института ОмГТУ.

**КАШИНСКИЙ Дмитрий Викторович**, главный технолог ООО «ММ Полиграфоформление Пэкэджинг».

Адрес для переписки: [sia1960@mail.ru](mailto:sia1960@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 01.04.2014 г.

© И. А. Сысуев, А. О. Николаенко, Д. В. Кашинский

УДК 655.28.022.244.027

**И. А. СЫСУЕВ  
А. Ю. ЗАХАРОВ**

Омский государственный  
технический университет

## ОСОБЕННОСТИ ВЕРСТКИ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ (НА ПРИМЕРЕ ЖУРНАЛА «ОМСКИЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК»). ЧАСТЬ 3

В статье рассматриваются вопросы, относящиеся к современным технологиям производства таких специфических продуктов полиграфического производства, как научные издания, в частности журналы. Специфика заключается в том, что допечатная подготовка производится с использованием авторских электронных версий статей, что обуславливает необходимость их типографического редактирования помимо собственно процесса верстки. Разработаны группы сложности типографического редактирования и верстки таблиц и формул, определена трудоемкость технологических процессов допечатной подготовки, проведен сравнительный анализ расчетов трудоемкости верстки с существующими нормативами. Разработаны нормы времени верстки научных журналов на основе учета необходимости типографического редактирования авторских материалов с учетом групп сложности.

**Ключевые слова:** научные издания, допечатная подготовка, верстка, типографическое редактирование, группы сложности типографического редактирования и верстки, нормы времени.

Часть 1 опубликована в ОНВ. — 2013. — 3 (123). — С. 318–324.

Часть 2 опубликована в ОНВ. — 2014. — 1 (127). — С. 220–225.

### 5. Определение трудоемкости операций верстки с учетом типографического редактирования дополнительных элементов

На основании разработанных технологической схемы и технологической карты процессов типографического редактирования, верстки и подготовки репродуцируемого оригинал-макета [1] и в соответствии с методикой [2] была определена трудоемкость технологических операций, выполняемых верстальщиком.

Трудоемкость процессов определялась с помощью фотографии рабочего дня, которая осуществлялась путем непрерывного наблюдения и измерения всех затрат рабочего времени на протяжении всего процесса типографического редактирования, верстки и подготовки репродуцируемого оригинал-макета. Для этого использовался метод самофотографии. Замеры времени осуществлялись в процессе верстки 50 статей с различным содержанием таблиц, формул и иллюстраций, после чего рассчитывалось среднее

время (по пятидесяти замерам с округлением до целых), затрачиваемое на технологическую операцию. Результаты представлены в табл. 1, которая содержит все операции, выполняемые верстальщиком в процессе подготовки репродуцируемого оригинал-макета. Полученные значения могут быть использованы в качестве норм времени при расчете трудоемкости технологического процесса допечатной подготовки при выпуске научных журналов, издающихся с использованием электронных версий авторских материалов, нуждающихся в типографическом редактировании, с учетом групп сложности дополнительно заверстываемых элементов [2, 3].

### 6. Сравнительный анализ трудоемкости технологических операций, выполняемых верстальщиком при подготовке репродуцируемого оригинал-макета

В соответствии со стандартной методикой был проведен расчет и выполнен сравнительный анализ

Среднее время, затрачиваемое верстальщиком на технологические операции

Номер операции	Наименование операции		Элемент верстки	Время, с	Примечание
1	2		3	4	5
1	Вырезание иллюстраций из исходного файла и вставка в шаблон		1 иллюстрация	7	
2	Масштабирование иллюстраций в шаблоне		1 иллюстрация	5	
3	Типографическое редактирование формул в исходном файле	Первая формула: установка гарнитуры, начертания, кегля шрифта основного текста и дополнительных элементов формул	1 формула	20	Для формул, относящихся ко всем группам сложности
		Последующие формулы	1 формула	3	Для формул, относящихся ко всем группам сложности
4	Типографическое редактирование таблиц: установка гарнитуры, начертания, кегля шрифта текста таблицы		1 таблица	15	Для таблиц, относящихся ко всем группам сложности
5	Установка стиля оформления заголовка таблицы		1 заголовок	5	Для таблиц, относящихся ко всем группам сложности
6	Выключение текста в таблице	текста боковика	1 элемент	3	Для таблиц, относящихся ко всем группам сложности
		текста колонок	1 элемент	5	Для таблиц, относящихся ко всем группам сложности
7	Установка абзацного отступа и интерлиньяжа		1 таблица	10	Для таблиц, относящихся ко всем группам сложности
8	Установка горизонтальных и вертикальных размеров таблицы		1 таблица	15	Для таблиц, относящихся ко 2-й и 3-й группам сложности, используются коэффициенты 1,69 и 2,87 соответственно
9	Установка размеров колонок		1 таблица	25	Для таблиц, относящихся ко 2-й и 3-й группам сложности, используются коэффициенты 1,69 и 2,87 соответственно
10	Установка специальных символов и символов других алфавитов (греческий, немецкий и другие)		1 символ	7	Среднее количество символов в таблице установлено равным 5
11	Вырезание таблиц из исходного файла и вставка в шаблон		1 таблица	8	
12	Копирование из исходного файла и вставка текста статьи в шаблон		1 статья	9	
13	Формирование заголовочной части статьи с применением установленных стилей		заголовочная часть	48	
14	Применение стиля к основному тексту статьи		основной текст	8	
15	Применение стиля к библиографическому списку		библиографический список	9	
16	Применение стиля к авторским данным статьи		авторские данные	30	
17	Применение стиля к подрисуночным подписям		подрисуночная подпись	3	
18	Установка специальных символов и символов других алфавитов		1 символ	7	
19	Верстка иллюстраций и таблиц		1 элемент	16	
20	Вырезание и вставка подрисуночных подписей		подрисуночная подпись	7	
21	Верстка формул		1 формула	13	Для формул, относящихся ко 2-й и 3-й группам сложности, используются коэффициенты 3,73 и 7,47 соответственно
22	Типографическое редактирование многострочных формул и формул широкого формата		1 формула	30	Для формул, относящихся ко 2-й и 3-й группам сложности, используются коэффициенты 3,73 и 7,47 соответственно
23	Юстировка колонок		1 колонка	5	
24	Печать корректуры		1 страница	5	
25	Правка корректуры		1 полоса	720	

Номер операции	Наименование операции		Элемент верстки	Время, с	Примечание
1	2		3	4	5
26	Расстановка переносов		1 колонка	98	
27	Юстировка колонок	висячая начальная строка абзаца	1 колонка	65	
		висячая конечная строка абзаца	1 колонка	10	
28	Верстка дополнительной информации на концевых строках		1 текстовый блок	65	
29	Пагинация страниц		1 рубрика	6	
30	Формирование и верстка содержания, выходных и выпускных данных			1800	
31	Печать второй корректуры		1 страница	5	
32	Правка второй корректуры		1 полоса	180	
33	Печать оригинал-макета		1 страница	5	

Таблица 2

## Трудоёмкость процессов верстки с учетом и без учета типографического редактирования

Номер журнала	Количество статей	Количество страниц	Количество формул				Количество таблиц				Трудоёмкость, н.-ч		
			группы сложности			итого	группы сложности			итого	с учетом типографического редактирования	без учета типографического редактирования	
			1	2	3		1	2	3			(разработанные нормы)	нормы РФ
Серия 1. «Общество. История. Современность»													
1(63) 2008	43	164	0	0	0	0	4	11	2	17	20,7	8,2	5,7
1(75) 2009	54	204	3	0	0	3	3	16	5	24	25,9	10,2	7,5
2(76) 2009	55	224	4	0	0	4	5	23	1	29	28,4	11,2	8,6
3(78) 2009	56	222	0	1	0	1	6	23	10	39	29,4	11,1	9,8
2(86) 2010	69	264	0	1	0	1	6	16	3	25	33	13,2	9,1
3(88) 2010	68	268	9	0	0	9	11	26	4	41	34,7	13,4	11,2
4(89) 2010	61	232	1	0	0	1	7	18	10	35	30,6	11,6	9,5
1(95) 2011	60	222	7	0	0	7	1	15	6	22	28,4	11,1	7,7
2(96) 2011	59	218	12	0	0	12	1	16	1	18	27,4	10,9	7,2
3(98) 2011	62	228	13	27	0	40	1	18	0	19	29,3	11,4	7,4
Серия 2. «Приборы, машины и технологии»													
1(64) 2008	49	186	186	252	70	508	3	9	4	16	34,7	15,5	10,4
1(77) 2009	56	228	115	141	30	286	6	26	8	40	37,6	19	15,3
2(80) 2009	65	262	171	276	64	511	7	39	11	57	47,4	21,8	16,3
2(83) 2009	71	292	70	429	269	768	7	38	4	49	59,9	24,3	19,2
1(87) 2010	61	258	124	301	167	592	10	30	13	53	50,7	21,5	18,2
2(90) 2010	71	270	309	221	86	616	12	16	12	40	49,4	22,5	17,1
3(93) 2010	84	322	113	401	140	654	9	32	6	47	59,5	26,8	20,3
1(97) 2011	57	244	62	428	198	688	4	40	4	48	51,3	20,3	16,9
2(100) 2011	64	258	103	369	205	677	3	42	8	53	53,8	21,5	18,3
3(103) 2011	87	352	256	384	187	827	18	53	12	83	69,5	29,3	26,3

трудоёмкости процессов верстки (без учета иных операций, выполняемых верстальщиком в процессе подготовки репродуцируемого оригинал-макета) по двум вариантам технологического процесса допечатной подготовки при выпуске научного журнала.

Первый вариант, применяемый сегодня чаще всего, с использованием электронных версий автор-

ских материалов, нуждающихся в типографическом редактировании, второй (традиционный) — с использованием набора и верстки в издательстве или типографии (без необходимости типографического редактирования). Расчет трудоёмкости ограничивался операциями набора/типографического редактирования и верстки основного текста и таких дополни-

тельных элементов, как формулы и таблицы. Верстка иллюстраций (пп. 19, 20, табл. 1) и все последующие операции, выполняемые верстальщиком (пп. 23–33, табл. 1), аналогичны в обоих рассматриваемых вариантах и не окажут влияния на различия трудозатрат при подготовке репродуцируемого оригинал-макета.

Расчеты трудоемкости технологического процесса допечатной подготовки выполнялись в программе Microsoft Office Excel на примере случайным образом выбранных 20 номеров журнала «Омский научный вестник» за 2008–2011 гг. (10 — из серии «Общество. История. Современность» с наименее сложной структурой верстаемых материалов и 10 — из серии «Приборы, машины и технологии» — с наиболее сложной структурой верстки). Результаты представлены в табл. 2.

По первому варианту технологического процесса для расчета трудоемкости верстки использовались разработанные нормы времени, по второму варианту технологического процесса расчеты выполнены по нормам времени, действующим в России и Белоруссии [4, 5].

Анализ результатов показывает, что типографическое редактирование увеличивает трудоемкость процессов верстки в 2–3,5 раза.

Однако в этом случае (при работе с авторскими материалами — подготовленными электронными версиями статей) отсутствует операция набора и имеет место значительная экономия трудозатрат.

Например, трудоемкость набора журнала объемом 204 страницы (такого как номер журнала 1(75) 2009 г., табл. 2), при емкости полосы набора 6416 знаков [1] и 1-й группе сложности набора (с нормой времени 8 мин на 1000 знаков набора [4]) составит 10471 (204×6,416×8) мин или примерно 175 нормочасов. Кроме того, к этим затратам добавится время на сверку с авторским оригиналом, тем больше, чем сложнее набираемый текст. Трудоемкость верстки составит согласно [4] — 10,2 н.-ч. Таким образом, общая трудоемкость набора и верстки — допечатной подготовки по второму из рассматриваемых вариантов — не менее 185 н.-ч.

При работе с авторскими материалами трудозатраты на операцию набора отсутствуют, а трудоемкость типографического редактирования и верстки — допечатной подготовки по первому из рассматриваемых вариантов — составит примерно 26 н.-ч.

Учитывая, что средний объем номера журнала намного превышает рассмотренный в примере объем в 204 страницы, трудозатраты на набор и верстку (второй вариант) значительно превысят 200 нормочасов, в то время как использование первого варианта технологического процесса с типографическим редактированием авторских материалов (электронных версий) и верстки позволит выполнить тот же состав работ примерно за 26–70 часов (табл. 2). Таким образом, использование варианта технологического процесса с набором и версткой текстов в издательстве или типографии экономически нецелесообразно.

Разработанные нормы могут быть рекомендованы для расчета трудоемкости выпуска научных журналов по технологии репродуцируемого оригинал-макета с использованием электронных версий авторских материалов. Полученные показатели, учитывающие типографическое редактирование дополнительных элементов верстки (таблицы и формулы), соответствуют реальным трудозатратам, имеющим место при выпуске научного журнала «Омский научный вестник», и могут быть приняты в качестве

норм времени при расчете трудоемкости и заработной платы исполнителей.

### Заключение

1. Проведен анализ структуры верстаемых материалов в научных журналах на примере журнала «Омский научный вестник». Наиболее сложной структурой верстки обладают номера серии «Приборы, машины и технологии» (физико-математические, химические, технические науки): за последние 5 лет в среднем на один номер приходится 56 статей, в которых содержится 532 формулы, 195 иллюстраций и 40 таблиц [1].

2. Разработаны группы сложности типографического редактирования и верстки дополнительных элементов (таблицы и формулы) в процессе допечатной подготовки по технологии репродуцируемого оригинал-макета с использованием электронных версий авторских материалов [3].

3. Определена трудоемкость всех технологических операций, выполняемых верстальщиком, в том числе операций типографического редактирования и верстки.

4. Проведен сравнительный анализ расчетов трудоемкости допечатной подготовки в соответствии с разработанными и действующими нормами. Показана экономическая целесообразность выпуска журнала с использованием электронных версий авторских материалов (статей) с их типографическим редактированием.

5. Предлагается использовать разработанные нормы в качестве норм времени при расчете трудоемкости и заработной платы исполнителей в редакциях научных журналов.

### Библиографический список

1. Сысуев, И. А. Особенности верстки научных журналов (на примере журнала «Омский научный вестник»). Часть 1 / И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров // Омский научный вестник. — 2013. — № 3 (123). — С. 318–324.
2. Сысуев, И. А. К вопросу о группах сложности типографического редактирования таблиц и формул / И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров // Полиграфия: технология, оборудование материалы : материалы IV заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. — С. 109–119.
3. Сысуев, И. А. Особенности верстки научных журналов (на примере журнала «Омский научный вестник»). Часть 2 / И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров, Е. Н. Гусак // Омский научный вестник. — 2014. — № 1 (127). — С. 220–225.
4. Межотраслевые нормы времени и выработки на процессы полиграфического производства. Разраб. НИЦ «Экономика», 1997. — М. : Мин. труда и соц. развития РФ, 2003. — 326 с.
5. Межотраслевые нормы времени на работы по набору и верстке текста на персональных компьютерах. Утв. постановлением Мин. труда и соц. защиты Респ. Беларусь от 10.02.2003 г. — № 19 / М-во труда и соц. защиты РБ ; НИИ труда. — Мн. : НИИ труда, 2003. — 15 с.

**СЫСУЕВ Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Оборудование и технологии полиграфического производства». Адрес для переписки: [sia1960@mail.ru](mailto:sia1960@mail.ru)  
**ЗАХАРОВ Александр Юрьевич**, магистрант группы ТП-512 нефтехимического института.

Статья поступила в редакцию 06.12.2013 г.

© И. А. Сысуев, А. Ю. Захаров



## ВЛИЯНИЕ ТРАФАРЕТНОЙ ПЕЧАТНОЙ ФОРМЫ НА КАЧЕСТВО ПЕЧАТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ LTCC-ПЛАТ

В данной статье рассмотрено влияние трафаретной печатной формы на процесс печати и получения качественного рисунка топологии на керамических платах LTCC. Произведен расчет обратимого удлинения сетчатого трафарета и сформулированы выводы по результатам полученных данных.

**Ключевые слова:** трафаретная печать, трафаретная печатная форма, LTCC-плата, обратимое удлинение.

Известно, что трафаретная печать является сложным технологическим процессом, зависящим от большого числа переменных, которые включают в себя аппаратные средства, программное обеспечение, материалы, а также факторы, связанные с самим процессом. Технология трафаретной печати успешно используется при производстве LTCC-плат.

В настоящее время LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics) технология успешно развивается и применяется для производства ВЧ и СВЧ устройств. Технология производства LTCC устройств состоит из следующих операций. Сырая керамика раскатывается, формируется и разрезается на листы фиксированного размера. Далее отбирается необходимое количество листов заданной толщины с требуемым значением диэлектрической проницаемости. В листах пробивается необходимое количество отверстий для межслойных проводящих переходов. Затем способом трафаретной печати отверстия заполняются специальным проводящим составом и наносится рисунок топологии. После этого выполняется сборка многослойной структуры подложки. Вся структура подвергается термообработке, в результате чего происходит ее спекание. После на поверхность верхнего и нижнего слоев наносится проводящий рисунок, а также резистивные элементы. Затем, после операции финального обжига и механической обработки, подложка становится полностью готовой для поверхностного монтажа навесных компонентов [1].

Таким образом, технология трафаретной печати в производстве LTCC-плат, заключается в заполнении отверстий и нанесении рисунка топологии. Принцип трафаретной печати изображен на рис. 1. После процесса совмещения трафарета с подложкой происходит заполнение отверстий проводящей пастой при помощи ракеля. Эта технология делает возможным изготовление соединений одного слоя с другим через заполнение отверстий. Обычным диаметром являются отверстия 250 мкм, 150 мкм, но также возможно и 100 мкм, что является требованием для ВЧ применения. На следующем этапе трафарет используется для печати рисунка топологии проводящей пастой, а также резисторов или обкладок конденсаторов на керамическую подложку. В стандартной технологии тра-

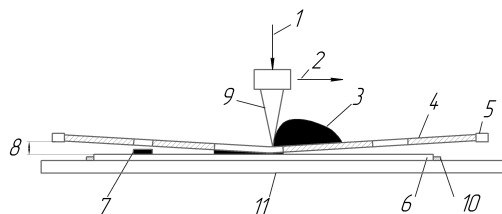


Рис. 1. Принцип трафаретной печати:

- 1 — давление ракеля; 2 — направление движения ракеля; 3 — паста; 4 — ТПФ; 5 — рама; 6 — подложка; 7 — непечатанная структура; 8 — зазор; 9 — ракели; 10 — фиксатор подложки; 11 — основание

фаретной печати достигается линейное разрешение 100 мкм (ширина проводник/зазор) [2].

Точность печати и получение размеров ширины проводников и зазоров LTCC-плат 100 мкм и менее в особенности зависит от трафаретной печатной формы и способа ее изготовления. Поэтому выбор оптимальных параметров трафаретных печатных форм (размер рамы, материал сетки, количество ячеек/дюйм (меж), копировальный слой) является необходимым для достижения прецизионного рисунка.

Учитывая прецизионность рисунка, для изготовления трафаретных печатных форм (ТПФ) рекомендуется использовать металлические сетки 325–400 меж (ячеек/дюйм). Согласно практическим исследованиям они позволяют получать более точный графический рисунок и подходят по реологии применяемых паст. Сетки с меньшим количеством ячеек/дюйм не обеспечивают точность размеров ширины проводник/зазор 150 мкм, 100 мкм.

На качество изготовления прецизионного трафарета оказывает влияние процесс натяжения сетки, способ изготовления ТПФ, а также условия экспонирования.

Натяжение сетки лучше производить ступенчатым методом, постепенно увеличивая давление от 2 до 5 бар, проверяя значения натяжения с помощью тензометра в нескольких точках трафарета. Значения натяжения должны соответствовать 16, 28 Н/см.

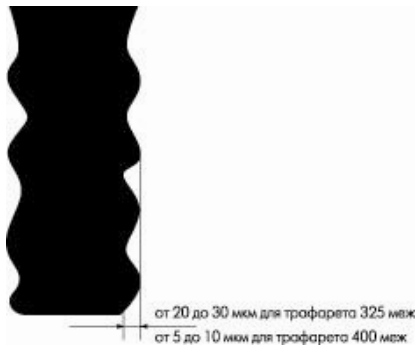


Рис. 2

Если использовать ТПФ, изготовленные с помощью жидкой фотополимерной композиции (например, ЖФПК Plus 8000 фирмы MacDermid Autotype, Великобритания) [3], невозможно получить ровные края проводника (рис. 2), потому что при этом методе изготовления ТПФ ячейки сетки или полностью открыты, или полностью закрыты, т.е. получение структур, пересекающих ячейки, невозможно (рис. 3а). Ячейки сетки заполняются эмульсией, чувствительной к ультрафиолетовому излучению. При экспонировании через фотошаблон эмульсия затвердевает, а незасвеченные места селективно растворяются. По данным группы компаний ЗАО «Остек» для ТПФ с сеткой 325 меж неровность края («зигзаг») составляет от 20 до 30 мкм, а для ТПФ с сеткой 400 меж — от 5 до 10 мкм [4].

Для уменьшения данного эффекта следует соотносить конфигурацию дорожек и направление нитей сетки в трафаретной форме (стандартно используемые углы: 0 и 45°). Следует применять максимальное количество совпадений углов элементов топологии рисунка и нитей трафаретной печатной формы.

При изготовлении ТПФ с использованием капиллярных светочувствительных пленок (например, пленка Capillex фирмы MacDermid Autotype, Великобритания) [3] этот эффект отсутствует, за счет того, что капиллярные пленки экспонируются на пленочном основании и только после проявления в размягченном состоянии переносятся под давлением на сетку. После сушки растворяется пленочное основание. Следовательно, этим методом можно получать структуры, пересекающие ячейки (рис. 3б). Но такие трафареты в основном непригодны для тонких рисунков за счет дополнительной толщины пленки [5, 6].

Качество элементов отображения на ТПФ в большей степени зависит от условий экспонирования. При изготовлении прецизионных трафаретов степень полимеризации фотокопировального слоя, ко-

торая обеспечивается оптимальным временем экспонирования трафарета, как правило, недостаточна и не обеспечивает устойчивости его в растворителях при очистке. Уменьшение ширины линий на трафарете в сравнении с размером на фотошаблоне зависит от увеличения времени экспонирования, а увеличение ширины линии обусловлено недостаточным временем экспонирования и частичным разрушением края контура рисунка при проявлении. Следовательно, для изготовления прецизионного трафарета время экспонирования подбирается экспериментальным путем при помощи тестовой фотоформы Autotype Exposure Calculator [4].

При печати сетка прогибается ракелем до соприкосновения с подложкой и испытывает обратимое удлинение, зависящее от положения ракеля (рис. 4а). Растяжение сетчатого трафарета поперек движения ракеля почти не зависит от положения ракеля (рис. 4б). Так как при печати используются жесткие рамы, то воздействуют эти удлинения исключительно на трафарет, искажая в значительной степени рисунок топологии. Благоприятное воздействие оказывает упругое крепление трафарета (пневматическое натяжение, использование эластичных прокладок), а также его размеры, которые по сравнению с рисунком керамической платы относительно велики [7].

Следовательно, удлинение сетчатого трафарета приводит к тому, что окончательный рисунок имеет большие размеры и сдвигается в направлении печати по сравнению с исходным.

Параметры, влияющие на изменение длины трафаретной печатной формы:

- открытая область  $a_0$  (больше окно — больше удлинение);
- размеры рамки ТПФ (больше рамка — больше удлинение);
- площадь печати (больше площадь — больше удлинение);
- натяжение ТПФ (новые трафареты — меньше удлинение, использованные — больше удлинение);
- однородность натяжения ТПФ (определяет форму удлинения);
- тип ракеля;
- усилие на ракель (большее усилие — больше удлинение);
- линейность рабочей части ракеля (влияет на форму удлинения);
- параллельность ракеля плоскости печати (влияет на форму удлинения).

Обратимое удлинение, которое испытывает сетка при соприкосновении с ракелем, влияет на допуски взаимного расположения элементов в различных

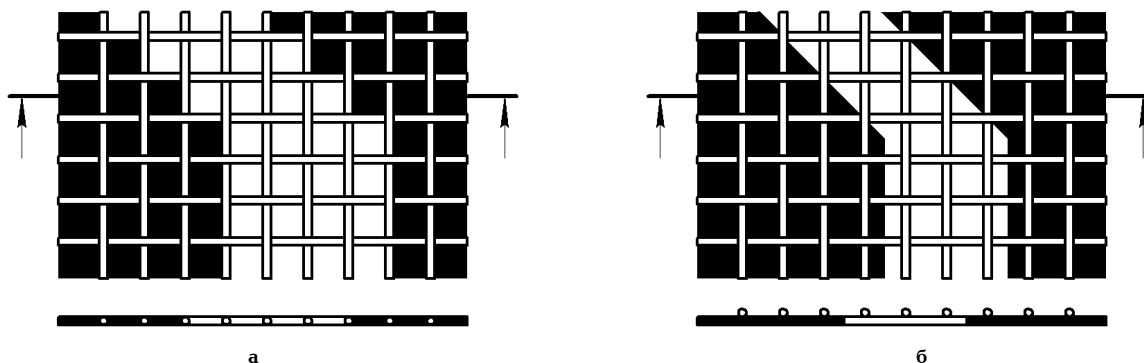


Рис. 3. Сетчатые трафареты, изготовленные с помощью ЖФПК (а), с помощью капиллярных пленок (б)

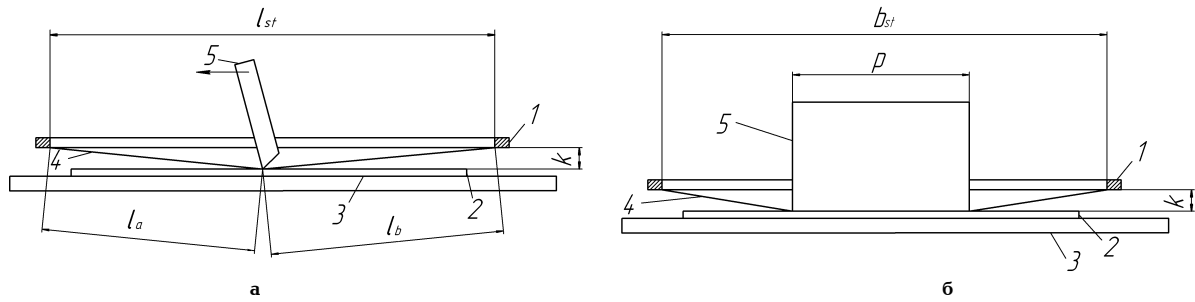


Рис. 4. Искажение линейных размеров рисунка при трафаретной печати: а — в направлении движения ракеля; б — в поперечном направлении; 1 — рама; 2 — подложка; 3 — стол установки; 4 — ТПФ; 5 — ракедь

Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра	ТПФ размером 450×450 мм
1	Внутренний размер рамы $l_{st} \times b_{st}$ , мм	380×380
2	Зазор $k$ , мм	2
3	Ширина ракеля $p$ , мм	130
4	Расстояния от края трафарета до ракеля $a, b$ , мм	$a_1=10, b_1=370, a_2=90, b_2=290, a_3=190, b_3=190, a_4=280, b_4=100, a_5=360, b_5=20$

слоях [6]. Удлинения сетки от положения ракеля в направлении печати  $\Delta l_{st}$  и в поперечном направлении  $\Delta b_{st}$  соответственно составляют:

$$\Delta l_{st} = (l_a + l_b) - l_{st}, \quad (1)$$

$$\Delta b_{st} = (2b_c + p) - b_{st}, \quad (2)$$

где  $l_a$  и  $l_b$  — деформация сетки под давлением ракеля, мм;

$l_{st}$  и  $b_{st}$  — длина и ширина ТПФ (внутренний размер), мм;

$p$  — ширина ракеля, мм;

$b_c$  — расстояние от ракеля до края ТПФ в процессе печати, мм.

Для выражения (1)  $l_a$  и  $l_b$  рассчитываются следующим образом:

$$l_a = \sqrt{(l_{st} - a)^2 + k^2}, \quad (3)$$

$$l_b = \sqrt{(l_{st} - b)^2 + k^2}, \quad (4)$$

где  $a, b$  — расстояние от края ТПФ до ракеля, мм;  $k$  — зазор между подложкой и трафаретом, мм.

Для выражения (2)  $b_c$  рассчитывается следующим образом:

$$b_c = \sqrt{\left(\frac{b_{st} - p}{2}\right)^2 + k^2}. \quad (5)$$

Для расчета удлинения сетчатого трафарета выбрана трафаретная рама из сплава алюминия с внешними размерами 450×450 мм фирмы KOENEN, но при расчетах учитывается внутренний размер (380×380 мм). Керамическая подложка размером 126×126 мм (5×5 дюйм), а размер наносимого рисунка топологии равен 90×90 мм, следовательно, ракедь выбран с шириной 130 мм (так как ширина ракедельного полотна должна на 2–2,5 см с обеих сторон превышать размер наносимого рисунка), зазор между подложкой и ТПФ составляет 2 мм (зазор должен быть в пределах 0,3–3 мм, в зависимости от размеров ТПФ).

Для расчета  $\Delta l_{st}$  выбраны значения, приведенные в табл. 1.

Согласно представленным выше выражениям произведены расчеты удлинения сетки в продольном и поперечном направлении для ТПФ 450×450 мм.

В результате расчетов получены следующие данные  $\Delta l_{st}$  и  $\Delta b_{st}$ :  $\Delta l_{st1} = 0,2$  мм,  $\Delta l_{st2} = 0,03$  мм,  $\Delta l_{st3} = 0,02$  мм,  $\Delta l_{st4} = 0,03$  мм,  $\Delta l_{st5} = 0,1$  мм,  $\Delta b_{st} = 0,04$  мм.

По полученным данным построен график зависимости удлинения сетчатого трафарета от расположения ракеля в процессе печати (рис. 5).

Для выбора оптимального размера трафаретной рамы для изображения 90×90 мм был произведен расчет  $\Delta l_{st}$  и  $\Delta b_{st}$  для ТПФ размерами 740×740 мм и 300×300 мм.

Результаты расчетов сведены в табл. 2.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы.

Для вышеуказанной керамической подложки 126×126 мм (5×5 дюйм) оптимальный размер ТПФ является 450×450 мм. Полученные результаты возможно распространить и на подложку с размерами до 152×152 мм (6×6 дюйм). При увеличении размеров трафаретных рам величина обратимого удлинения сетчатой основы в продольном направлении уменьшается порядка  $1 \times 10^{-2}$  мм, но из-за большего объема потребления расходных материалов использование данных ТПФ (например, 740×740 мм) нецелесообразно. Использование трафаретных рам меньших размеров (например, 300×300 мм) приводит к увеличению значения обратимого удлинения в направлении движения ракеля (табл. 3).

При оптимально подобранных параметрах натяжения сетки, условий экспонирования и размеров ТПФ для расчета суммарной погрешности наносимого рисунка имеет смысл учитывать значения обратимого удлинения сетки ( $\pm 20$  мкм), погрешности при изготовлении фотошаблона ( $\pm 3$  мкм) и общую погрешность системы печатного оборудования ( $\pm 5$  мкм). Опираясь на полученную суммарную погрешность ( $\pm 28$  мкм), можно получить прецизионный размер проводник/зазор  $70 \div 100$  мкм.

Таким образом, в статье рассмотрено влияние трафарета на процесс печати в технологии LTCC, на которое необходимо обращать внимание. Чтобы обеспечить требуемые значения параметров конеч-

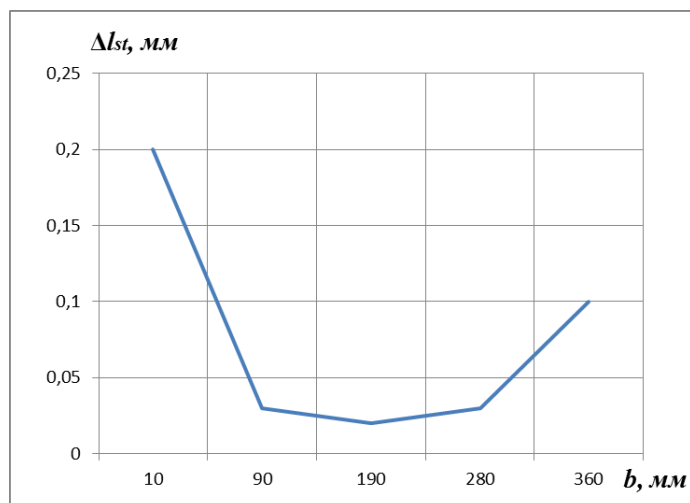


Рис. 5. График зависимости удлинения сетчатого трафарета от расположения ракеля в процессе печати

Таблица 2

№ п/п	Наименование параметра	ТПФ размером 740×740 мм	ТПФ размером 300×300 мм
1	Внутренний размер рамы $l_{st} \times b_{st}$ , мм	680×680	250×250
2	Зазор $k$ , мм	2	2
3	Ширина ракеля $p$ , мм	130	130
4	Расстояния от края трафарета до ракеля $a, b$ , мм	$a_1 = 70, b_1 = 610,$ $a_2 = 170, b_2 = 510,$ $a_3 = 340, b_3 = 340,$ $a_4 = 500, b_4 = 180,$ $a_5 = 630, b_5 = 50$	$a_1 = 10, b_1 = 240,$ $a_2 = 50, b_2 = 200,$ $a_3 = 125, b_3 = 125,$ $a_4 = 175, b_4 = 75,$ $a_5 = 230, b_5 = 20$
5	Удлинение сетки от положения ракеля в направлении печати $\Delta l_{st}$ , мм	$\Delta l_{st1} = 0,03$ $\Delta l_{st2} = 0,016$ $\Delta l_{st3} = 0,012$ $\Delta l_{st4} = 0,014$ $\Delta l_{st5} = 0,04$	$\Delta l_{st1} = 0,2$ $\Delta l_{st2} = 0,05$ $\Delta l_{st3} = 0,03$ $\Delta l_{st4} = 0,04$ $\Delta l_{st5} = 0,1$
6	Удлинение сетки от положения ракеля в поперечном направлении $\Delta b_{st}$ , мм	0,014	0,07

Таблица 3

№ п/п	ТПФ 450×450 мм	ТПФ 740×740 мм	ТПФ 300×300 мм
Удлинение сетки от положения ракеля в направлении печати $\Delta l_{st}$ , мм			
1	0,2	0,03	0,2
2	0,03	0,016	0,05
3	0,02	0,012	0,03
4	0,03	0,014	0,04
5	0,1	0,04	0,1
Удлинение сетки от положения ракеля в поперечном направлении $\Delta b_{st}$ , мм			
6	0,04	0,014	0,07

ного продукта, необходимо выполнить следующие рекомендации:

во-первых, необходимо использовать трафаретную печатную форму на основе металлической сетки 325 – 400 меж, изготовленную с помощью капиллярной пленки, так как с использованием жидкой фотополимерной композиции невозможно получить ровные края проводника;

во-вторых, размер ТПФ должен быть на 12 – 15 см больше, чем размер воспроизводимого рисунка, что исключает деформацию на краях. Это было

подтверждено вышеуказанными расчетами. При размерах изображений 90×90 мм и 120×120 мм следует выбирать трафарет 450×450 мм.

Существуют и другие технологические факторы, влияющие на процесс трафаретной печати, например, влияние ракеля на качество нанесения пасты, влияние режимов печати, влияние реологических свойств пасты, а также влияние самой керамики на процесс печати (её деформация и пластичность). Но влияние этих факторов значительно меньше, чем влияние трафаретной печатной формы.

## Библиографический список

1. Потапов, Ю. Особенности технологии проектирования и производства LTCC модулей / Ю. Потапов // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. – 2008. – № 1. – С. 1–6.
2. Рудак, Ю. А. Особенности технологии прецизионной трафаретной печати в производстве многослойных высокоплотных LTCC-плат / Ю. А. Рудак, Я. М. Перцель // Техника радиосвязи. Научно-технический сборник. – 2013. – Вып. 1 (19). – С. 80–87.
3. Материалы для трафаретной печати фирмы Итрако [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.itraco.ru/katalog/materialy/dlja-trafaretnoi-pechati.html> (дата обращения: 14.04.2014).
4. Чигиринский, С. Особенности трафаретной печати и сборки в стек «сырой» керамики для производства LTCC/HTCC/MLCC / Сергей Чигиринский, Виктор Черных, Ёжи Штупар // Вектор высоких технологий. – 2013. – № 1. – С. 51–56.
5. Покрываило, А. Б. Трафареты для толсто пленочной технологии / А. Б. Покрываило, В. А. Смирнов. – М.: ЦНИИ Электроника, 1990. – 44 с.

6. Ханке, Х.-И. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры / Х.-И. Ханке, Х. Фабиан ; пер. с нем. А. Кирпиченкова, А. Антюхова и др. / под ред. В. Черняева. – М.: Энергия, 1980. – 464 с.

7. Мевис, А. Ф. Допуски и посадки деталей радиоэлектронной аппаратуры : справочник / А. Ф. Мевис, В. Б. Невицкий, А. И. Фефер ; под ред. О. А. Лухпова. – М.: Радио и связь, 1984. – 152 с.

**РУДАК Юлия Александровна**, аспирантка кафедры «Оборудование и технологии полиграфического производства».

**БАТИЩЕВА Марина Васильевна**, магистрант группы ТПП-612 кафедры «Оборудование и технологии полиграфического производства».

Адрес для переписки: [jullia1587@mail.ru](mailto:jullia1587@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 30.04.2014 г.

© Ю. А. Рудак, М. В. Батищева

## Книжная полка

**Андреев, Р. П. Электрохимия в полиграфических процессах : учеб. электрон. изд. локального распространения : учеб. пособие / Р. П. Андреев ; ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 1 о=эл. опт. диск (CD-ROM).**

В пособии рассматриваются теоретические вопросы, относящиеся к использованию законов М. Фарадея применительно к электроосаждению металлов, формированию двойного электрического слоя, возникновению электродного потенциала и электродной поляризации, кинетике электродных процессов, катодному осаждению металлов, условиям совместного восстановления ионов, а также процессы прикладной электрохимии, включающие способы подготовки поверхности изделий перед нанесением электролитических покрытий, электролитические процессы меднения, никелирования, хромирования, анодного оксидирования алюминия, а также излагаются вопросы техники безопасности и производственной санитарии на участках электрохимических покрытий. Учебное пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Электрохимия в полиграфических процессах» по направлению 550300 «Полиграфия» и рассчитано на студентов специальности 281400. Может быть также полезно технологам и мастерам участков и цехов гальванических покрытий.

**Ганиева, Н. М. Проектирование полиграфического производства. Флексографский способ печати : учеб. текстовое электрон. изд. локального распространения : учеб. пособие / Н. М. Ганиева; ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 1 о=эл. опт. диск (CD-ROM).**

Рассмотрены методики моделирования бизнес-процессов, технологических расчетов, контроля производственных процессов, а также варианты объемно-планировочных решений флексографского способа печати. Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения направлений подготовки бакалавриата 261700.62, магистратуры 261700.68 и дистанционной формы обучения по специальности «Технология полиграфического и упаковочного производства».

**Литунов, С. Н. Основы расчета полиграфического оборудования : моногр. / С. Н. Литунов, О. А. Тимощенко ; ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 160 с. – ISBN 978-5-8149-1677-8.**

Приводятся разработанные авторами методики расчета красочных аппаратов офсетных и трафаретных машин с применением модели движения идеальной жидкости. Моделирование течения краски проводилось с применением теории функций комплексного переменного. Отдельная глава посвящена повышению эффективности перемешивания краски в красочном аппарате офсетной машины с помощью пассивного активатора. Предназначена для студентов и аспирантов полиграфических специальностей; может быть полезна специалистам, занимающимся производством печатной продукции.