

УДК 655.3

DOI 10.21661/r-486009

С.В. Алексеенко, П.К. Иванов, В.В. Ковалева

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НОРМАТИВНОГО ОПИСАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОГРАФИЧЕСКОЙ
И СТРУЙНОЙ (ЭКСТРУЗИОННОЙ) ПЕЧАТИ**

Аннотация: в представленной статье сформулирована проблема, встающая перед руководством полиграфического предприятия всех уровней при внедрении в «классические» технологические цепочки новых технологических решений. Проблема требует всестороннего рассмотрения для решения задач интеграции «старых» и «новых» технологических процессов, выработки методов управления предприятием в условиях сочетания технологии и быстрой смены станочного парка и технологических методов его эксплуатации.

Ключевые слова: математическая модель, технологические процессы, цифровая печать, струйная печать, ABC-анализ.

S.V. Alekseenko, P.K. Ivanov, V.V. Kovaleva

**MATHEMATICAL MODEL OF NORMATIVE DESCRIPTION
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF ELECTROGRAPHIC
AND INKJET (EXTRUSION) PRINTING**

Abstract: in the presented article a problem was formulated that confronts the management of a printing company at all levels when introducing new technological solutions into the «classical» technological chains. The problem requires comprehensive consideration for solving the problems of integrating «old» and «new» technological processes, developing enterprise management methods in the context of a combination of technology and a quick change of machinery stock and technological methods of its operation.

Keywords: mathematical model, technological processes, digital printing, inkjet printing, ABC analysis.

Вводная часть

Со времени проведения в 2016 году всемирной выставки полиграфической техники и печатных технологий DRUPA-2016 структура парка оборудования современной типографии претерпела коренные изменения. Если 10–12 лет назад «классический» полиграфист не считал оборудование с технологией электрографического переноса краски (цифровая печать) или струйного нанесения изображения (экструзионная печать) достойным какого-либо внимания, то к 2016 году подобные машины были в арсенале практически любой типографии.

Выставка DRUPA-2016 была уже в большей мере выставкой альтернативных офсетной печати полиграфических технологий. Подобные технологии стали активно использоваться, наряду с традиционным офсетом при производстве серийной полиграфической продукции. Уменьшение тиража продукции и требования сокращения сроков производства со стороны заказчиков поставили это новое оборудование в один ряд с «классическим» оборудованием. И если раньше подобные технологии были уделом так называемых «печатных салонов», то к 2016 году даже «тяжёлые», рассчитанные на производство многополосных изданий в твёрдом переплёте предприятия стали активно применять в своих технологических цепочках оборудование электрографической или струйной печати. Сегодня подобное оборудование активно используется в производственных процессах на Чеховском полиграфическом комбинате и типографии «Парето принт», признанных лидерах рынка книжного производства.

Прошедшая осенью 2017 года выставка Этикетка ещё больше закрепила производственные позиции «цифрового» оборудования в типографиях. Технологии цифровой печати начали всё активнее применяться в производстве этикетки, гибкой и твёрдой упаковки и тары. Широкое развитие получило прямое нанесение изображения на бутылки и другие виды упаковки из стекла, металла и пластика для жидких и сыпучих продуктов.

Применение цифровых технологий на первых этапах инсталляции оборудования на производстве скорее носило экспериментальный или тестовый характер. Оборудование, в большей мере, использовалось для персонализации

изображений, отпечатанных по классическим технологиям или для различных видов после печатной отделки. Как следствие этого, оборудование оценивалось в производственном процессе не как основное, тиражное, приносящее прибыль в базовой технологической цепочке, а как дополнительное. Это оборудование включалось в технологический процесс для придания продукции дополнительных рыночных качеств, не загружалось в полной мере и не требовало выполнения производственного планирования ресурсов времени и расходных материалов.

Так же редко проводилась оценка производственных характеристик оборудования, заявленных производителем, в реальных рабочих условиях. Паспортные параметры оборудования анализировались в производственном процессе и, фактически, не применялись для целей планирования производственных мощностей предприятия.

Постановка задачи

В настоящее время оборудование, использующее «цифровые» способы печати, всё чаще используется типографиями в основном производстве. Не только дополнительное изображение и персонализация наносятся на изделие цифровым способом, но и оборудование используется для целей основной базовой печати. Машины становятся объектами основного технологического процесса производства продукции на предприятии. В связи с этим на оборудование начинают распространяться те же управленческие принципы и параметры, которые свойственны «классическому» оборудованию типографии.

Для успешной работы на предприятии становится необходимым получать полный комплекс информации, характеризующей данное оборудование в производственной технологической цепочке.

В первую очередь данные необходимы коммерческой службе предприятия для подготовки коммерческих показателей производимой при помощи этих технологий продукции. Требуются данные для определения ценовых показателей технологических процессов, выполняемых на указанном оборудовании. Как следствие, необходимо знать и затраты на материалы, применяемые для

производства продукции на данном оборудовании. Оборудование цифровой печати, в общем случае, используется равноправно с классическим оборудованием начинает влиять на параметры настройки системы управления (MIS) полиграфического предприятия.

Целью построения модели процесса внедрения информационно-управляющей основы комплекса является определение полного спектра процессов и действий по настройке MIS, оценка продолжительности работ по внедрению, определение требований готовности MIS к началу промышленной эксплуатации. Точность построения и функционирования как всего комплекса автоматизации в целом, так и отдельных его компонентов зависит от точности построения модели реального предприятия. Объект управления, современная типография, имеет высоко динамичную структуру. Возможность смены поставщика материалов, техники, методов продаж, управления финансами приобретают для предприятия большое значение. Меняются рыночная и технологическая направленность предприятия, привязка к конкретным поставщикам оборудования и материалов, управляющих систем, коммерческая и сбытовая политика, возможности финансирования и кредитования деятельности. В такой ситуации необходимо уметь оперативно реагировать на меняющиеся условия функционирования. На практике объективно существуют причины, вследствие которых классические подходы к достижению необходимых целей управления на основе обратной связи по измеряемым сигнальным переменным оказываются недостаточными из-за априорной и текущей неполноты информационного обеспечения систем управления [1].

В связи со всем вышесказанным перед специалистами управления и технологами предприятия ставится задача сбора, систематизации и приведения к нормативному виду информации описывающей технологические процессы цифровой печати.

Описание среды эксплуатации

Современные технологические процессы характеризуются высоко динамичностью. Оборудование я цифровой печати характеризуется короткими сроками амортизации и гибкостью применения в технологических процессах.

Основными особенностями современных производств будем считать:

1. Высокое ассортиментное разнообразие выпускаемой готовой продукции.
2. Небольшой или средний тираж продукции.
3. Тесное переплетение «старых» и «новых» технологических решений.
4. Высокая динамика изменений технологических цепочек производства.
5. Короткие сроки изготовления готовой продукции.
6. Сочетание собственной технологии и работы с субподрядными предприятиями.

Математические инструменты для сбора нормативных данных

Для целей сбора нормативных данных для операций цифровой печати мы полагаем использовать ABC-анализ – метод, позволяющий классифицировать ресурсы предприятия по степени их важности. Этот анализ является одним из методов рационализации и может применяться в сфере деятельности любого предприятия. В его основе лежит *принцип Парето* – 20% всех заказов / товаров дают 80% оборота. По отношению к ABC-анализу правило *Парето* может определить как – надёжный контроль 20% позиций позволяет на 80% контролировать систему, будь то запасы сырья и комплектующих, либо продуктовый ряд предприятия. ABC-анализ широко используется при планировании на различных уровнях гибких логистических систем, в производственных системах, системах снабжения и сбыта [2; 3].

Суть ABC-анализа такова – это анализ *ресурсов* путём деления на три группы:

- А – наиболее ценные, 20% – ресурсов; 80% – эффективности.
- В – промежуточные, 30% – ресурсов; 15% – эффективности.
- С – наименее ценные, 50% – ресурсов; 5% – эффективности.

В зависимости от целей анализа может быть выделено произвольное количество групп. Чаще всего выделяют 3, реже 4–5 групп.

По сути, ABC-анализ – это ранжирование ресурсов по разным параметрам. Ранжировать таким образом можно и поставщиков, и складские запасы, и покупателей, и длительные периоды продаж – всё, что имеет достаточное количество статистических данных. Результатом ABC анализа является группировка объектов по степени влияния на общий результат.

ABC-анализ основывается на принципе дисбаланса, при проведении которого строится график зависимости совокупного эффекта от количества элементов. Такой график называется кривой Парето, кривой Лоренца или ABC-кривой. По результатам анализа ресурсы ранжируются и группируются в зависимости от размера их вклада в совокупный эффект. В логистике ABC-анализ обычно применяют с целью отслеживания объёмов отгрузки определённых артикулов и частоты обращений к той или иной позиции ассортимента, а также для ранжирования клиентов по количеству или объёму сделанных ими заказов.

Порядок проведения ABC-анализа:

1. Определяем цель анализа (а зачем, собственно, нужен вам этот анализ?).
2. Определяем действия по итогам анализа (что будем делать с полученными результатами?).
3. Выбираем объект анализа (что будем анализировать?) и параметр анализа (по какому признаку будем анализировать?). Обычно объектами ABC анализа являются поставщики, товарные группы, товарные категории, товарные позиции. Каждый из этих объектов имеет разные параметры описания и измерения: объём продаж (в денежном или количественном измерении), доход (в денежном измерении), товарный запас, оборачиваемость и т. д.
4. Составляем рейтинговый список объектов по убыванию значения параметра.
5. Рассчитываем долю параметра от общей суммы параметров с накопительным итогом. Доля с накопительным итогом высчитывается путём прибавления параметра к сумме предыдущих параметров.

б. Выделяем группы А, В и С: присваиваем значения групп выбранным объектам.

На основании изложенных выше особенностей ABC-анализа сформулируем метод его применения: ABC-метод.

Методов выделения групп существует порядка десяти, наиболее применимы из них: эмпирический метод, метод суммы и метод касательных. В эмпирическом методе разделение происходит в классической пропорции 80/15/5. В методе суммы складывается доля объектов и их совокупная доля в результате – таким образом значение суммы находится в диапазоне от 0 до 200%. Группы выделяют так: группа А – 100%, В – 45%, С – остальное. Достоинства метода – большая гибкость. Самым гибким методом является метод касательных, в котором к кривой ABC проводится касательная, отделяя сначала группу А, а затем С.

Эксперты советуют с осторожностью подходить к сдвигам границ ABC групп (80/15/5), дело в том, что обычно на практике используют деление 80% 15% и 5%. В случае если Вы сдвинете границы, внешний слушатель (или эксперт) может сделать неверные выводы исходя из приведенных Вами показателей, например, для группы «С». Так как его ожидания о группе «С» = 5% не совпадут с измененными Вами правилами выделения групп.

Наиболее вероятно, что извлекут выгоду из учета на основе деятельности компании, которые имеют некоторых или все перечисленные характеристики:

- высокий уровень накладных расходов;
- операционный персонал не уверен в точности существующей информации о затратах;
- широкое разнообразие операционных действий;
- широкое разнообразие изделий;
- широкое разнообразие в числе дорогостоящих установок;
- большие изменений в действиях через какое-либо время, но небольшие изменения в системе учета;
- улучшенная компьютерная технология

Для целей постановки эксперимента моделирования работ по описанию технологических операций более всего подходит выборочный метод измерений. Это обусловлено относительной однотипностью выполняемых при описании технологических операций действий описания отдельного элемента операции: затрачиваемых материалов, времени выполнения, используемого оборудования. Результаты измерений подвергаются обработке, которая должна исключить ошибочные измерения, возникающие из-за неточности выполнения измерений или неполноты и неточности начальных данных: оператор-нормировщик не обладал необходимыми инструментами измерения, технологиями выполнения измерений, возникли ошибки в технологических процессах во время измерений.

Какие необходимы условия применения ABC-метода, это:

- большое количество продуктов;
- много поддерживаемых процессов;
- стандартизированный процесс;
- периодическая аллокационная база;
- периодичность изменений в расходах.

Показателем, который может свидетельствовать о необходимости ABC, является операционный рычаг, который рассчитывается как отношение маржинальной прибыли к чистой и отражает меру операционного риска компании. Необходимость ABC-костинга возрастает по мере увеличения модуля этого показателя. Данный метод целесообразно применять в условиях:

- интенсивной конкуренции;
- не прямые затраты составляют значительную часть от общих затрат.

Качество результатов проведения эксперимента определяется величиной колебаний значений хроноряда. В связи с тем, что точность измерений зависит от квалификации оператора-нормировщика, качества технологической документации, слаженности технологических процессов на момент измерений – определение средних значений измерений, которые являются случайными величинами, выполняется методами математической статистики. Данные измерений проверяют на устойчивость:

$$k_{\text{уст.}} = \frac{T_{\text{min}}}{T_{\text{max}}} \quad (1)$$

где $k_{\text{уст.}}$ – коэффициент устойчивости измерений.

Хроноряд измерений считается устойчивым при $k_{\text{уст.}} \leq 2,5$. Для обеспечения устойчивости измерений крайние значения отбрасываются до достижения условия $k_{\text{уст.}}$.

Среднее значение времени выполнения отдельной операции нормирования для хронометрируемой группы определяется как

$$T_s = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} \quad (2)$$

где N – количество замеров в хроноряде $T_i, I = 1, 2, 3, \dots, N$.

Построенный хроноряд характеризуется величиной среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (T_i - T_s)^2} \quad (3)$$

и коэффициентом вариации:

$$v = \frac{\sigma}{T_s} \quad (4)$$

Относительная точность измерений E времени выполнения единичной настройки в хроноряде и абсолютная ошибка среднего арифметического значения трудоемкости ΔS выполнения вычисляются как

$$E = \frac{\max |T_i - T_s|}{T_s} \quad (5)$$

$$\Delta S = \pm \frac{\sigma}{N} \quad (6)$$

Для определения средних значений параметров (нормативных данных) нормирования технологических операций можно воспользоваться, например, методом декомпозиции/композиции выполняемых действий и оценить статистически точность получаемых данных, характеризующих технологических операций, количество параметров их описания. В связи с повторяемостью и масштабируемостью выполняемых действий, можно разбить процесс получения нормативных данных технологических операций на элементарные действия: получение данных о времени выполнения, получение данных о расходе основных (запечатываемых) и дополнительных сопровождающих технологический процесс, и как следствие, определение коммерческих показателей – себестоимости, стоимости и рентабельности. Получив статистические оценки времени выполнения элементарных действий путем сложения (композиции) этих действий в процессе сбора нормативных данных для описываемых технологических процессов и операций.

Заключение

Необходимо разработать методы сбора нормативной информации, выделить важные, ключевые их составляющие и разработать методы построения моделей производства для целей управления предприятием.

В представленной работе только определяется круг задач для последующего исследования. Сами исследования составлять суть моей магистерской работы, целью которой и будет разработка методов нормирования смешанных производств и моделирования управленческих процессов и технологии.

Список литературы

1. Иванов П.К. Методика адаптации и внедрения автоматизированных систем управления полиграфическими предприятиями: Дис. – М., 2009. – 182 с.
2. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Дашков и Ко, 2006. – 432 с.
3. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под редакцией В.И. Сергеева. – М.: Инфра-М, 2005. – 976 с.

References

1. Ivanov P.K. Metodika adaptatsii i vnedreniya avtomatizirovannykh sistem upravleniya poligraficheskimi predpriyatiyami: Dis. – M., 2009. – 182 s.

2. Gadzhinskiy A.M. Logistika: Uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy. – M.: Dashkov i Ko, 2006. – 432 s.

3. Korporativnaya logistika. 300 otvetov na voprosy professionalov / Pod redaktsiyey V.I. Sergeyeva. – M.: Infra-M, 2005. – 976 s.

Алексеевко Сергей Владимирович – магистрант Высшей школы печати и медиаиндустрии ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Россия, Москва.

Alekseenko Sergey Vladimirovich – undergraduate of the High School of Press and Media Industry Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow.

Иванов Павел Константинович – канд. техн. наук, доцент Высшей школы печати и медиаиндустрии ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Россия, Москва.

Ivanov Pavel Konstantinovich – candidate of engineering sciences, associate professor of the High School of Press and Media Industry Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow.

Ковалева Виктория Викторовна – канд. техн. наук, доцент Высшей школы печати и медиаиндустрии ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Россия, Москва.

Kovaleva Viktoriia Viktorovna – candidate of engineering sciences, associate professor of the High School of Press and Media Industry Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow.
